

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Полтавський державний аграрний університет
L.N. Gumilyov Eurasian National University, Kazakhstan, Astana
MICRO TRACERS Inc. San Francisco, USA
University of Delaware College of Agriculture and
Natural Resources, Newark, Delaware, USA
Institute of Soil Science and Plant Cultivation - State Research
Institute, Puławy, Poland
University of West of England UWE, Bristol, UK
Nicolaus Copernicus University, Torun, Poland
Universita ` del Piemonte Orientale, Novara, Italy



VIII МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА ІНТЕРНЕТ-КОНФЕРЕНЦІЯ

«ХІМІЯ, БІОТЕХНОЛОГІЯ, ЕКОЛОГІЯ ТА ОСВІТА»

ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ

15-16 травня 2024 року



Полтава—2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Полтавський державний аграрний університет
L.N. Gumilyov Eurasian National University, Kazakhstan, Astana
MICRO TRACERS Inc. San Francisco, USA
University of Delaware College of Agriculture and
Natural Resources, Newark, Delaware, USA
Institute of Soil Science and Plant Cultivation - State Research
Institute, Puławy, Poland
University of West of England UWE, Bristol, UK
Nicolaus Copernicus University, Torun, Poland
Universita ` del Piemonte Orientale, Novara, Italy



VIII МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА ІНТЕРНЕТ-КОНФЕРЕНЦІЯ

**«ХІМІЯ, БІОТЕХНОЛОГІЯ, ЕКОЛОГІЯ
ТА ОСВІТА»**

ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ

15-16 травня 2024 року



УДК 54:504:37 (100)

ББК 24:28.08.74

ХІМІЯ, БІОТЕХНОЛОГІЯ, ЕКОЛОГІЯ ТА ОСВІТА: Збірник матеріалів VIII Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції (м. Полтава, 15-16 травня 2024 року). – Полтава, 2024. – 315 с. Текст: укр., англ.

Міністерство освіти і науки України, Державна наукова установа «Український інститут науково-технічної експертизи та інформації» (УкрІНТЕІ), Посвідчення № 221 від 21 березня 2024 р. (Міжнародна науково-практична інтернет-конференція «Хімія, біотехнологія, екологія та освіта»)

У збірнику представлені матеріали, присвячені сучасним проблемам хімічної науки та освіти, новітнім хімічним технологіям та біотехнологіям, актуальним аграрної галузі. Видання адресоване науковим та науково-педагогічним працівникам, викладачам закладів вищої освіти, фахівцям, які займаються проблемами хімічних технологій, біотехнологій та актуальними питаннями агропромислового сектору.

ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ:

Барашков Микола Миколайович – доктор хімічних наук, професор, директор з наукової роботи корпорації Micro Tracers Inc., San Francisco, California, USA

Берест Володимир Петрович – доктор фізико-математичних наук, доцент, завідувач кафедри молекулярної і медичної біофізики Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна, м. Харків

Бітюцький Володимир Семенович – доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувач кафедри екології та біотехнології Білоцерківського національного аграрного університету, м. Біла Церква

Jaisi Deb P. – Associate Professor of Environmental Biogeochemistry, Department of Plant and Soil Sciences, University of Delaware, Newark, USA

Irgibaeva Irina Smailovna - Doctor of science in chemistry, Professor of Chemistry Department, L.N. Gumilyov Eurasian National University, NurSultan, Kazakhstan

Карпенко Олена Володимирівна – доктор технічних наук, професор, завідувач відділу хімії і біотехнології горючих копалин Відділення фізико-хімії горючих копалин ІнФОВ ім. Л.М. Литвиненка НАН України, м. Львів

Корогодська Алла Миколаївна – доктор технічних наук, старший дослідник, завідувач кафедри загальної та неорганічної хімії Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», м. Харків

Максимюк Ганна Василівна – доктор біологічних наук, професор кафедри клінічної лабораторної діагностики ФПДО Львівського національного медичного університету імені Данила Галицького, м. Львів

Мінаєв Борис Пилипович – доктор хімічних наук, професор, Заслужений діяч науки і техніки України, професор кафедри хімії та наноматеріалознавства Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького, м. Черкаси

Miletto Ivana - Dr., Department of Pharmaceutical Sciences, Università del Piemonte Orientale, Novara, Italy

Slawinska Anna - Dr hab., professor Nicolaus Copernicus University, Torun, Poland

Назаренко Микола Миколайович – доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувач кафедри селекції і насінництва Дніпровського державного аграрно-економічного університету, м. Дніпро

Ненасіна Тетяна Олександрівна – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри хімії та хімічної технології Харківського національного автомобільно-дорожнього університету, м. Харків

Пирог Тетяна Павлівна – доктор біологічних наук, професор, професор кафедри біотехнології і мікробіології Національного університету харчових технологій, провідний науковий співробітник відділу загальної та ґрунтової мікробіології Інституту мікробіології і вірусології НАН України, м. Київ

Сахненко Микола Дмитрович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри фізичної хімії Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», м. Харків

Хоботова Еліна Борисівна – доктор хімічних наук, професор, професор кафедри хімії та хімічної технології Харківського національного автомобільно-дорожнього університету, м. Харків

Шабанова Галина Миколаївна – доктор технічних наук, професор, професор кафедри технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», м. Харків

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ:

Галич Олександр Анатолійович – ректор Полтавського державного аграрного університету, кандидат економічних наук, професор.

Аранчій Валентина Іванівна – перший проректор Полтавського державного аграрного університету, академік Академії наук вищої освіти України, Заслужений діяч науки і техніки України, професор.

Маренич Микола Миколайович – директор навчально-наукового інституту агротехнологій, селекції та екології, доктор сільськогосподарських наук, професор.

Ромашко Таміла Петрівна – кандидат хімічних наук, доцент, завідувач кафедри біотехнології та хімії ПДАУ.

Короткова Ірина Валентинівна – кандидат хімічних наук, доцент, професор кафедри біотехнології та хімії ПДАУ.

Корінний Сергій Миколайович – кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, доцент кафедри біотехнології та хімії ПДАУ.

Сахно Тамара Вікторівна – доктор хімічних наук, професор кафедри біотехнології та хімії ПДАУ.

Крикунова Валентина Юхимівна – кандидат хімічних наук, доцент, професор кафедри біотехнології та хімії ПДАУ.

Благодарь Катерина Сергіївна – завідувач лабораторії Загальної біотехнології кафедри біотехнології та хімії ПДАУ.

Тристан Дар'я Володимирівна – науковий співробітник лабораторії Загальної біотехнології кафедри біотехнології та хімії ПДАУ.

Рекомендовано до друку вченою радою ННІ АСЕ (Протокол № 9 від 23.05.2024 року) та вченою радою ПДАУ (Протокол № 9 від 28.05.2024 року)

Матеріали друкуються в авторській редакції мовами оригіналів.

© Полтавський державний аграрний університет, 2024

ШАНОВНІ КОЛЕГИ, УЧАСНИКИ КОНФЕРЕНЦІЇ!



Вже стало традицією напередодні Дня науки проводити Міжнародну науково-практичну інтернет-конференцію «Хімія, біотехнологія, екологія та освіта» і цей рік, незважаючи на важкий для нашої країни стан, не став винятком.

Від імені директорату Навчально-наукового інституту агротехнологій, селекції та екології Полтавського державного аграрного університету та від себе особисто вітаю вас на заході, присвяченому зустрічі передових досліджень та ідей у сферах хімії, біотехнології, екології та освіти. Ця конференція створена з метою обміну знаннями, досвідом та вдосконаленням наукової спільноти, щоб сприяти розвитку наукових досліджень та практичних застосувань у цих важливих галузях.

Хімія, біотехнологія, екологія та освіта взаємодіють на різних рівнях, утворюючи складну мережу зв'язків, яка впливає на наше життя та навколишнє середовище. Вони створюють основу для розвитку нових матеріалів, методів лікування, технологій відновлення довкілля та методів навчання, які впливають на наші сучасні суспільні та економічні виклики.

Ця конференція є форумом для обговорення актуальних проблем, розгляду останніх наукових досягнень та пошуку нових напрямів досліджень. Ми віримо, що об'єднання зусиль та обмін думками між вченими, викладачами, студентами та практиками з різних країн та дисциплін допоможе знайти інноваційні рішення для складних викликів, які стоять перед нашим світом.

Запрошуємо всіх вас приєднатися до цього заходу, зробити свій внесок у розвиток науки та співпрацювати для створення стійкого, здорового та освіченого суспільства. Бажаємо всім плідних дискусій, нових відкриттів та невичерпного джерела натхнення.

ПДАУ 2024

Я надзвичайно пишаюся тим, що, відкриваючи двері нашого університету для обміну досвідом наукової роботи в галузі хімії, екології та біотехнології, напрацювань щодо методів та методик викладання хімічних дисциплін та біотехнології, ми змогли привернути увагу широких кіл міжнародної наукової спільноти.

Я вдячний викладачам та науковцям з усіх закладів вищої освіти, які відгукнулися на наше запрошення, незважаючи на складнощі сьогодення, на те, що ворог проводить масові терористичні акти в усіх містах України, на те, що велика кількість навчальних закладів знищена, а в більшості закладів викладачі мають можливість проводити заняття та спілкуватись лише онлайн, знайшли можливість взяти участь в роботі конференції та виявили бажання поділитися досвідом наукової роботи в галузі хімії, хімічної технології, біотехнології та екології, так і методами та методиками викладання хімічних, біотехнологічних та екологічних дисциплін. Велика вдячність науковцям в галузі аграрної науки, напрацювання яких сприяють розв'язанню актуальних проблем сучасного агропромислового комплексу, і, завдяки яким, стане можливим відродження нашої країни.

Нехай ця конференція стане початком нових перспективних співпраць та досягнень у галузі хімії, біотехнології, екології та освіти!

Ще раз вітаю всіх та бажаю творчого натхнення, плідної праці, успіхів, доброго здоров'я та мирного неба над головою всім учасникам конференції!
Разом до перемоги!

З повагою,
директор навчально-наукового інституту
агротехнологій, селекції та екології
Полтавського державного аграрного університету,
доктор сільськогосподарських наук, професор
Микола МАРЕНИЧ

СЕКЦІЯ I

АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ ХІМІЇ ТА БІОТЕХНОЛОГІЇ

MICROBIOTA MODIFIERS IN QUAILS

Tamila Zvenihorodska, Kateryna Shepel (Poltava, Ukraine)

Anna Slawinska (Torun, Poland)

The composition of the intestinal microbiota in the quail is sensitive to environmental and nutritional treatments. The wide array of the feed additives used in the quail include probiotics, prebiotics, organic acids, essential oils, and bioactive medicinal herbs, and various plant extracts (Wu et al., 2016; El-Saadony et al., 2020; Alagawany et al., 2020; El-Tarabily et al., 2021; Abou-Kassem et al., 2021; El-Shall et al., 2022). They are supplemented to improve digestion, modulate the immune responses, or as a substitute for antibiotic therapy in OneHealth approaches (Alagawany et al., 2020; Abd El-Hack et al., 2020). Numerous literature sources report improvement in growth efficiency in the quail when using those nutritional supplements, but also modulation of the GIT microbiota composition (Yusuf et al., 2016; Alagawany et al., 2020; Fikry et al., 2021; Abd El-Hack et al., 2022).

One of the most effective alternatives to the use of antibiotics in the quail, especially at an early age, are probiotics. They include beneficial microorganisms that affect the health and growth of the quail hatchlings by improving their intestinal health (Fuller, 1989; Rivière et al., 2016). Alagawany et al. (2021) proved the positive effects of supplementing the quail diets with the *Paenibacillus polymyxa* probiotics. *Paenibacillus polymyxa* is a gram-positive spore-forming rod-like bacterium. When used as a probiotic, it reduced the count of *E. coli* and *Enterococcus* spp in the quail feces. It also improved feed and growth efficiency in the third and fifth weeks of the quail's life (Alagawany et al., 2021).

Wilkinson et al. (2020) concluded that very early use of probiotic supplements to populate the quail GIT contributes to the protection of quail against the pathogenic microflora, which they encounter as adults. In their experiments, they used *Lactobacillus agilis* culture – an isolate derived from an adult quail. Quails used for this isolate had a low bacterial diversity throughout the study, and *Lactobacillus agilis* dominated their feces (Wilkinson et al., 2020). Sablie et al. (2019) indicated that the small concentrations of *Bacillus subtilis* are enough to increase the number of *Lactobacillus* spp. in both feces and GIT of the quail (Sablíe et al., 2019). Supplementation of the quail diets with the two types of probiotics (*Bacillus toyonensis* and *Bifidobacterium bifidum*) statistically reduced the intestinal coliforms, but had no effect on beneficial bacteria composition in the caecum (Nour et al., 2021). Adding *Bacillus Subtilis* (Sanolife PRO-F) to the diet of the newly hatched quails at a dose of 2g/kg increased the amount of *Lactobacillus* spp. by 231% compared to the control. Using a *Bacillus subtilis* probiotic along with the bacitracin antibiotic reduced the number of cecal coliforms, *E. coli* and *Salmonella*, in laying quails (Manafí et al., 2016).

Prebiotics contain oligosaccharides that are unfermentable by the host organism, but undergo microbiological fermentation in the guts. As such, they promote the growth of the bacteria populations based on their metabolic activity. For example, the chicory dietary supplements were reported to regulate the intestinal microbiome and to show antioxidant and anti-inflammatory effects in quails (Wang et al., 2017; Bian, et al., 2018). Chicory extracts promote growth of the *Bifidobacteria* and reduce the counts of pathogenic bacteria. Chicory supplemented in the diet of 8 weeks-old quails decreased *Bacteroides* and *Helicobacteraceae* in the gut, while increasing intestinal *Proteobacteria* and *Bifidobacteria* (Bian, et al., 2020). Synbiotics contain probiotics and prebiotics, which are absorbed together, and therefore they may act synergistically. The use of Protexin – a synbiotic, that contains a combination of the *Enterococcus faecium* probiotic and the fructooligosaccharides

prebiotic in a dose of 0.25 g/kg diet, led to an increased concentration of *Lactobacillus* bacteria in the intestines of Japanese quails (Vali et al., 2013).

However, it is worth mentioning results of other studies indicate that the use of probiotics as a feed supplement does not suppress pathogenic bacteria in the caecum of the healthy quails. It was reported that using a probiotic Protexin alone or together with antibiotic Zinc Bacitracin did not significantly affect the total number of aerobic bacteria, lactobacilli, enterobacteria, coliforms, enterococci, salmonella, or sulfite-reducing anaerobic bacteria (Siriken et al., 2003). Also, there are some studies which report inefficiency of *Lactobacillus*-based probiotics on the gut microbiome of poultry (Otutumi et al., 2010).

The use of organic acids in poultry farming is effective and economical (Pirzado et al., 2021). The effect of organic acids occurs simultaneously in several directions. Unlike antibiotics, bacteria do not develop resistance against organic acids, which improves the chances of their use in animal husbandry. Antimicrobial action is an important property of organic acids, which can be described as follows: acids penetrate the cell membranes of microorganisms and split into anions and cations (Fikry et al., 2021). The organic acid fumaric-FUA ($C_4H_4O_4$) is widely used in poultry farming. Adding FUA to the diet of the Japanese quail chicks at a dose of 15 g/kg significantly increased the total number of the caecal bacteria. The modulation of the caecal microflora included an increase in *Lactobacillus* bacteria, while the number of coliforms (*E. coli* and *Salmonella*) were reduced compared to the Japanese quail on a normal diet (Reda et. al., 2021). A similar result was achieved when adding ascorbic acid to the diet of Japanese quails at a dose of 10 g/kg (Fikry et al., 2021). Propionic acid contributed to the increase in the population of *Lactobacillus* spp. in the intestines by 147% compared to the control (Nasser et. al., 2020). There are data that a mixture of formic and propionic acid in different amounts in supplements to the diet of quails reduced the amount of total bacterial bacteria in the body from 49 to 59% (Safwat et al., 2021). Enaam A. Abdel-Latif et al. (2020)

suggested using *Aspergillus japonicas* culture filtrate containing oxalic acid, citric acid, lactic acid, ascorbic acid, maleic acid, formic acid, and salicylic acid. This supplement helped to limit the caeca colonisation with coliforms, *E. coli*, and *Salmonella* in quail chicks (Enaam et. al. 2020).

Plant extracts and medicinal plants are often used as an additive to the main diets of quails (Alagawany et. al., 2020; Bian et. al., 2020). For example, *Spirulina platensis* showed a tendency to increase Lactobacilli in caecum when added to the quail's diet (Yusuf et. al, 2016). Using *Glycyrrhiza glabra* at levels of 250, 500, 750, and 1000 mg/kg diet decreased the number of the total bacteria, coliforms, *E. coli*, and *Salmonella* (Reda et. al., 2020). Adding 4 mL/kg purslane (*Portulaca oleracea*) extract in Japanese quail diet contributed to the reduction of the caecal TBC, TYMC, *E. coli*, coliform, and *Enterococcus* spp. by 74, 66, 45, 49 and 63%, respectively. It also increased population lactobacilli in the cecum by 70% (Abd El-Hack et al. 2022).

Some authors suggest using essential oils as the alternatives to the antibiotics (Bian et al., 2018; El-Tarabily et al., 2021; Kürekci et al., 2021; Safwat et al., 2021). The red pepper oil and licorice can be used as a method of antibacterial and antiviral prophylaxis, as well as a growth stimulant. Quails, which fed diets supplemented with red pepper oil, had decreased TBC, Lactobacilli, coliform, *E. coli*, and *Salmonella* colonisation in the caecum (Reda et. al., 2021). The antimicrobial effects of the red pepper capsinoids were confirmed by Kozukue et al. (2005) (Kozukue et al., 2005). Among the effects of the essential oils on the quail microbiome, there are reports of ajwain essential oil used in the feeding of quails, which helped to increase the caecal Lactobacilli (Hajjaghapour et al., 2018).

References:

1. Haas, V., Vollmar, S., Preuß, S. et al. Composition of the ileum microbiota is a mediator between the host genome and phosphorus utilization and other efficiency traits in Japanese quail (*Coturnix japonica*). *Genet Sel Evol* 54, 20 (2022). <https://doi.org/10.1186/s12711-022-00697-8>
2. Liu S, Bennett DC, Tun HM, Kim J-E, Cheng KM, Zhang H and Leung FC (2015) The effect of diet and host genotype on ceca microbiota of Japanese quail fed a cholesterol enriched diet. *Front. Microbiol.* 6:1092. doi: 10.3389/fmicb.2015.01092
3. Liu, S., Tun, H.M., Leung, F.C. et al. Interaction of genotype and diet on small intestine microbiota of Japanese quail fed a

cholesterol enriched diet. *Sci Rep* 8, 2381 (2018). <https://doi.org/10.1038/s41598-018-20508-9> 4. Lyte, J.M., Keane, J., Eckenberger, J. et al. Japanese quail (*Coturnix japonica*) as a novel model to study the relationship between the avian microbiome and microbial endocrinology-based host-microbe interactions. *Microbiome* 9, 38 (2021). <https://doi.org/10.1186/s40168-020-00962-2> 5. Ma J-E, Xiong X-W, Xu J-G, Gong J-S, Li J, Xu Q, Li Y-F, Yang Y-B, Zhou M, Zhu X-N, Tan Y-W, Sheng W-T, Wang Z-F, Tu X-T, Zeng C-Y, Zhang X-Q and Rao Y-S (2021) Metagenomic Analysis Identifies Sex-Related Cecal Microbial Gene Functions and Bacterial Taxa in the Quail. *Front. Vet. Sci.* 8:693755. doi: 10.3389/fvets.2021.693755 6. Solveig Vollmar, Robin Wellmann, Daniel Borda-Molina, Markus Rodehutschord, Amélia Camarinha-Silva, Jörn Bennewitz, The Gut Microbial Architecture of Efficiency Traits in the Domestic Poultry Model Species Japanese Quail (*Coturnix japonica*) Assessed by Mixed Linear Models, *G3 Genes/Genomes/Genetics*, Volume 10, Issue 7, 1 July 2020, Pages 2553–2562, <https://doi.org/10.1534/g3.120.401424> 7. Wilkinson, N., Hughes, R.J., Aspden, W.J. et al. The gastrointestinal tract microbiota of the Japanese quail, *Coturnix japonica*. *Appl Microbiol Biotechnol* 100, 4201–4209 (2016). <https://doi.org/10.1007/s00253-015-7280-z>

THE GENOTYPING OF PIGS OF UKRAINIAN BREEDS BY MICROSATELLITE LOCI WITH TETRANUCLEOTIDE MOTIVE

Olejnychenko E.K. (Bristol, UK)

Korinnyi S.M. (Poltava, Ukraine)

The purpose of the conducted research was genotyping animals of Ukrainian pig breeds by microsatellite loci of the genome for the further creation and implementation of the methodology for determining gene complexes of pig adaptability. Research methods: zootechnical - analysis of genealogy and performance indicators of animals of various breeds; bioinformatics - work with databases of primary sequences of genomes for the design of oligonucleotide primers; molecular genetic - extraction of nucleic acid, determination of purity and concentration of DNA preparations, amplification of microsatellite loci in PCR followed by electrophoretic separation of amplification products in a denaturing gel; statistical - determination of population-genetic parameters based on typing data by microsatellite loci, connection of microsatellite loci with performance indicators, search for adaptive complexes. Genotyping of animals of the Ukrainian meat breed of the State Enterprise "DG Elite of the MIP named after V. M. Remesla of the National Academy of Sciences of the Kyiv region for 6 microsatellite loci with tetranucleotide

repeats, a panel of primers of our own design. It was found that the average number of alleles per locus was 5.2 alleles. The level of actual heterozygosity was 0.830, while the expected heterozygosity was 0.780. However, this difference is not reliable. DNA typing of animals by 6 loci of microsatellite DNA of 17 heads of the Poltava meat breed of SE "EB Nadiya" was carried out. As a result of genotyping, it was established that the average number of alleles per locus was 3.8. The levels of actual and expected heterozygosity were 0.680 and 0.730, respectively. According to microsatellite DNA loci, we found in animals of the Myrhorod breed: for locus FH3628 – 5 alleles of 200–228 nucleotides, FH1865 – 5 alleles (size from 109 to 129 nucleotides), FH4219 – 2 alleles of 80 and 92 nucleotides, FH1885 – 4 alleles of 205 up to 213 nucleotides, FH3764 – 2 alleles of 138 and 146 nucleotides, and for FH4231 – 2 alleles of 116 and 120 nucleotides. The high level of heterozygosity, as well as the average number of alleles per locus, allows the search for alleles and genotypes related to the adaptability of animals in pig breeds of Ukrainian breeding.

Since all processes in organisms occur under genetic control, it is possible to study adaptability at the expense of the genetic component. This is where molecular genetic markers come in handy. To date, the development of molecular genetics methods has led to the emergence of a new class of genetic markers - DNA markers based on polymorphism of the primary DNA structure. The possibility of their identification does not depend on environmental conditions, they are not tissue-specific and, most importantly, with the use of DNA markers, genes of interest to the breeder can be identified at any stage of the work without phenotypic assessment. In addition to the identification of target genes, DNA markers can be effectively used to determine the level of genetic similarity of the studied objects due to the analysis of their genomic polymorphism.

DNA markers of genetic systems of different classes must have certain properties and meet the following requirements: high level of polymorphism, codominant nature of inheritance, optimal level of frequency of presence in the

genome for solving specific tasks, uniform distribution in the genome by chromosomes, selective neutrality, simplified assessment of marker parameters, the possibility of automating the assessment of marker parameters, high reproducibility of the assessment of marker parameters, the possibility of easy data exchange between laboratories [1].

Numerous studies have shown that one of the most informative systems of molecular labeling of agricultural crops – so-called microsatellite DNA sequences (SSR Short Sequence Repeat). In the genomes of eukaryotes, embedded tandem repeats from simple sequences can consist of 6–2 and even one nucleotide. Later, these regions were called "microsatellites" [2].

Microsatellites have a high mutation rate from 10^{-2} to 10^{-5} depending on the type of microsatellite [3, 4], which leads to the accumulation of population-specific mutations and allows the use of information on the variability of microsatellite loci to analyze the structure of populations [5]. Tandem repeats in general and microsatellite DNA sequences in particular are assigned by a number of researchers an important role in the functioning of the genome at the biochemical, molecular and subcellular levels [6].

There are data on 850 tetranucleotide repeats located in autosomes at an average distance of 7.4 cM and with an average heterozygosity of more than 70%. In general, simple repeats are distributed as follows: one - 27.3%, two - 30.3%, three - 15.1%, four-nucleotide repeats - 27.3% [7]. Currently, this approach is used to solve problems of population genetics, create maps of gene linkage, "passportization" and selection of purebred animals, typing of plant varieties, detection of interspecies and interbreed (varietal) differences [8, 9].

Studies of the evolution and comparative genomics of the microsatellite loci themselves [10], new approaches to the interpretation of data obtained during microsatellite typing [11] and the analysis of adaptive changes in animal populations [12–14] are gaining considerable popularity.

References:

1. Конарев А. В. Использование молекулярных маркеров в работе с генетическими ресурсами растений. *Сельскохозяйственная биология*. 1998. № 5. С. 3–25.
2. Litt M., Luty J. A. A hypervariable microsatellite revealed by in vitro amplification of a dinucleotide repeat within the cardiac muscle actin gene. *AJHG. The Animal Journal of Human Genetics*. 1989. Vol. 44. P. 388–396. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1715430/> (date of access: 07.04.2021).
3. Ellegren H. Microsatellites: simple sequences with complex evolution. *Nature Reviews Genetics*. 2004. Vol. 5. № 6. P. 435–445.
4. Rosenberg N. A., Pritchard J. K., Weber J. L., Cann H. M., Kidd K. K., Zhivotovsky L. A., Feldman M. W. Genetic structure of human populations. *Science*. 2002. Vol. 298. Is. 5602. P. 2381–2385.
5. Зимницкий А. Н., Башкатов С. А., Уразбаев В. Н. Тандемные повторы ДНК и концепция матричного синтеза протеогликанов. *Лабиринт*, 2005. 103 с.
6. Wintero A. K., Fredholm M., Thomsen P. D. Variable (dG-dT)_n. (dCdA)_n sequences in the porcine genome. *Genomics*. 1992. Vol.12. Is. 2. P. 281–288.
7. Laval G. SanCristobal M., Chevalet C. Measuring genetic distances between breeds: use of some distances in various short term evolution models. *Genetics Selection Evolution*. 2002. Vol. 34. P. 481–507.
8. Cuadrado A., Schwarzacher T. The chromosomal organization of simple sequence repeats in wheat and rye genomes. *Chromosoma*. 1998. Vol. 107. Is. 8. P. 587–594.
9. Guy-Franck R., Kerrest A., Dujon B. Comparative Genomics and Molecular Dynamics of DNA Repeats in Eukaryotes. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*. 2008. Vol. 72. № 4. P. 686–727.
10. Putman A. I., Carbone I. Challenges in analysis and interpretation of microsatellite data for population genetic studies. *Ecology and Evolution*. 2014. Vol. 4. № 22. P. 4399–4428.
11. Eggert L. S., Beadell J. S., McClung A., McIntosh C. E., Fleischer R. C. Evolution of Microsatellite Loci in the Adaptive Radiation of Hawaiian Honeycreepers. *Journal of Heredity*. 2009. Vol. 100. Is. 2. P. 137–147.
12. Gama L. T, Martínez A. M, Carolino I, Landi V., Delgado J. V., Vicente A. A., Vega-Pla J. L., Cortés O., Sousa C. O., BIOPIG Consortium. Genetic structure, relationships and admixture with wild relatives in native pig breeds from Iberia and its islands. *Genetics Selection Evolution*. 2013. Vol. 45. P. 18–32.
13. Beyea M., Neumann P., Schmitzová J., Klaudivy J., Albert S., Simúthc J., Felderc M., Moritz R.F.A. A simple, non-radioactive DNA fingerprinting method for identifying patrines in honeybee colonies. *Apidologie*. 1998. Vol. 29. № 3. P. 255-263.
14. Moritz R. F. A., Kryger P., Koeniger G., Koeniger N., Estoup A., Tingek S. High degree of polyandry in *Apis dorsata* queens detected by microsatellite variability. *Behavioral Ecology Sociobiology*. 1995. Vol. 37. P. 35.

**THEORETICAL STUDY OF 5-(BENZYLIDENE) PYRIMIDINE-2,4,6-
TRIONES SPECTRAL PROPERTIES**

S. Mendigalieva, I.S. Irgibaeva (Nur-Sultan, Kazakhstan)

In present study the optical properties of 5-(benzylidene)pyrimidine-2,4,6-triones with various substituents in phenyl rings were investigated: 5-(4'-dimethylaminobenzylidene)barbituric acid and 5-(4'-methoxybenzylidene)barbituric acid. A fluorescence efficiency decreasing in the solid state is quite general and is mainly attributed to the intermolecular vibronic interactions which induce the nonradiative deactivation process, such as excitonic coupling, excimer formations,

excitation energy migration to the impurity traps and etc. Whereas the isolated dye molecules are virtually non-luminescent in dilute solutions, they become highly emissive upon solution thickening or aggregation in poor solvents, or in the solid state, show an increasing of luminescence intensity, the phenomenon of the aggregation-induced emission (AIE phenomenon). Development of efficient luminescent materials is a topic of great current interest. By varying the substituent on the phenyl ring from dimethylamino to methoxy group, the emission color is changed from red (maximum at 630 nm) to green (maximum at 540 nm). Theoretical calculation shows that the aggregation-induced emission characteristics of the dye molecules are resulted from intermolecular interactions. Utilizing such feature, the molecules can be employed as fluorescent probes and detected the ethanol content in aqueous solutions.

Whereas light emissions of luminophors are normally investigated in the solution state, they are practically used as materials commonly in the solid state. In the solid state, the molecules are located in the immediate vicinity and thus experience strong π - π stacking interactions, which promote the formation of aggregates with ordered or random structures. The excited states of the aggregates often decay via nonradiative pathways, which is notoriously known as aggregation-caused quenching (ACQ) of light emission in the condensed phase [1, 2]. To mitigate the ACQ effect, various chemical, physical, and engineering approaches and processes have been developed but the attempts have met with only limited success. It will be nice, if a system can be developed, in which light emission is enhanced, rather than quenched, by aggregation because no additional effect will need to be placed to artificially interrupt the very natural process of luminophore aggregation.

Recently, Tang and coworkers have found that the fluorescence of some molecules is weak in dilute solutions but became very strong when they were in aggregate states [3, 4]. Restriction of intramolecular rotation is responsible for such effect. This effect is called Aggregation-Induced Emission (AIE). Utilizing the AIE

characteristics, we have explored potential applications of the AIE luminogens as chemical sensors⁵, biological probes [5], smart nanomaterials, and solid-state emitters.

We are interested in expanding the AIE system to cover the whole visible spectral region. In this work, we designed and synthesized two derivatives of barbituric acid (5-[(4-dimethylamino)benzylidene]pyrimidine-2,4,6-trione (1) and 5-[(4-methoxy)benzylidene]pyrimidine-2,4,6-trione (2)) and reported their AIE effect. Firstly, the AIE in derivatives of barbituric acid has been reported by Barashkov, Bolotin and Tang in 2004 [6].

Later these derivatives became the subjects of the number of publications [7]. By changing the substituent on the phenyl group, the conjugation and hence the emission color of the luminophore can be varied. The molecules can be employed as fluorescent probes and can detect the ethanol contents in ethanol/water mixtures [8].

We carried out quantum chemical calculations using ZINDO method in order to have further study on the structures and optical properties of the dye molecules [9]. Figure 1 show a sandwich model of aggregate of **1** formed by intermolecular hydrogen bonds and donor-acceptor interactions. The preferred distance between molecules of **1** in the same plane is 2.6 Å, indicating the existence of strong edge-to-edge interaction or *J*-aggregation [10]. The HOMO is mainly located at the dimethylamino group, while the LUMO is situated in the pyrimidine-2,4,6-trione ring. The absorption band undergoes bathochromic shift when more molecules are clustered together. For instance, the aggregate formed by 10 molecules of **1** absorbs at 442 nm, which is close to its experimental value.

In this work, 5-(benzylidene)pyrimidine-2,4,6-triones with different substituents on the phenyl rings optical properties are investigated. Whereas the isolated molecules of **1** and **2** are virtually nonluminescent in dilute solutions, they become highly emissive upon solution thickening or aggregation in poor solvents, or in the solid state, demonstrating AIE phenomenon.

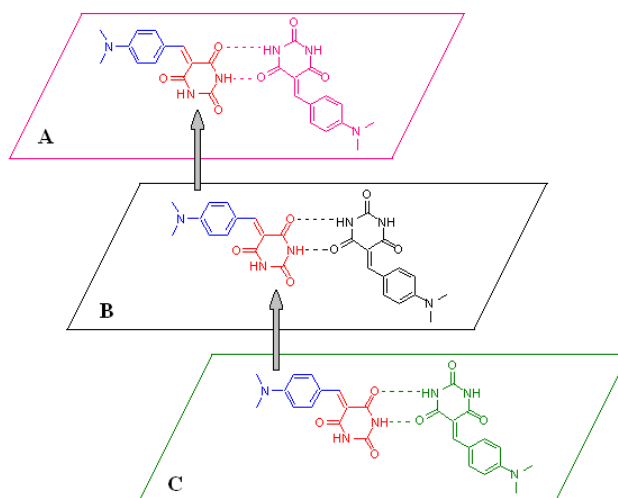


Fig. 1. Aggregate formation of molecules of 1 via intermolecular hydrogen bonds and D-A interactions in different planes (A, B, and C)

The color of the AIE of the dye molecules can be varied by changing the substituent on the phenyl ring. While **1** with a dimethylamino group exhibits red emission, the molecule substituted with methoxy functionality (i.e. **2**) emit green light upon photoexcitation. Analysis by theoretical calculation reveals the strong dependence of the emission of **1** and **2** on their molecular packing. The dye molecules can work as fluorescent probe and can determine the ethanol content in aqueous solution.

References:

1. Granchak V. M., Sakhno T. V., Korotkova I. V., Sakhno Yu. E., and Kuchmy S. Ya. Aggregation-Induced Emission In Organic Nanoparticles: Properties And Applications: A Review. *Theoretical and Experimental Chemistry*. 2018. V. 54. N. 3 P.147-177.
2. Mendigalieva S., Birimzhanova D.A., Irgibaeva I.S., Barashkov N.N., Sakhno, Y.E. (2022) Aggregation-Induced Emission of 5-(Benzylidene)pyrimidine-2,4,6-triones. *Bulletin of the University of Karaganda – Chemistry*, 105(1), 39-49.
3. Hong Y., Lam J.W.Y., Tang B. Z. (2011). Aggregation-induced emission. *Chem. Soc. Rev.*, 40 (11), 5361-5388.
4. Liu Y., Tang, Y., Barashkov N. N., Irgibaeva I. S., Lam J.W.Y., Hu R., Birimzhanova D., Yu Y., Tang, B. Z. (2010). Fluorescent chemosensor for detection and quantitation of carbon dioxide gas. *J. Am. Chem. Soc.*, 132, 13951-13953.
5. Korneev O.V., Sakhno, T.V., Korotkova, I.V. (2019). Nanoparticles-based photosensitizers with effect of aggregation-induced emission. *Biopolymers and Cell*. Vol. 35. N 4. 249–267.
6. Barashkov N., Bolotin B., Tang B., Peng H., Chen J. (2004). U.S. Patent No. 20040157334 (A1).
7. Barashkov N.N., Sakhno Yu. E., Granchak V.M., Khakhel' O.A., Sakhno T.V. Aggregation-induced emission from derivatives of barbituric acid. *International Conference Modern Physical Chemistry for Advanced Materials, Abstracts*. - Kharkiv <<http://www.kharkov.ua/index-e.phtml>>, Ukraine, June 26-30, 2007.
8. Barashkov N.N., Irgibaeva I.S., Birimzhanova D., Aldongarov A., Sakhno Yu., Sakhno T. Spectral manifestations and quantum-chemical calculations of molecular and nanosized aggregated forms of

5-(4-dimethylaminobenzylidene)barbituric acid. *The Rocky Mountain Regional Meeting (August 29–September 1, 2007) Denver, CO Wednesday, August 29, 2007.* **9.** Zhang H.-J., Tian Y., Tao F., Yu W., You K.-Y., Zhou L.-R., Su X., Li T., Cui Y.-Z. (2019). Detection of nitroaromatics based on aggregation induced emission of barbituric acid derivatives. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 222, 117168. **10.** Shi W., Zhao S., Su Y., Hui Y., Xie Z. (2016). Barbituric acid-triphenylamine adduct as an AIEE-type molecule and optical probe for mercury (II). *New J. Chem.*, 40 (9), 7814-7820.

WATER-SOLUBLE POLYMER FOR VARIOUS APPLICATIONS

Korotkova I.V., Chaika T. O. (Poltava, Ukraine)

Water-soluble polymers are more often used in various industries, biotechnological processes of the target products for the agricultural sector, as probes for the study of various biological objects and environmental monitoring [1-3]. However, the known analytical methods for detecting and studying the water-soluble polymers properties in various objects are not always convenient to use. The most commonly used method is gas chromatography/mass spectrometry, which involves labor-intensive sample preparation and expensive equipment. Usually, simple and convenient methods for identifying and studying the water-soluble polymers properties to expand their practical application scope require further study and development.

An important analytical technique widely used in various applications is fluorescence spectroscopy. Due to many properties, such as high sensitivity and selectivity, non-invasiveness and non-destructiveness, this method is unique and most used in many fields. Typically, the intrinsic fluorescence of many materials, such as polymers, is non-specific, so analyzing their properties or establishing correlations with changes in their microenvironment is not informative. In this regard, the attachment of fluorescent chromophores to a polymer framework will make it possible to obtain materials with increased sensitivity, selectivity, fast response and real-time detection [4,5].

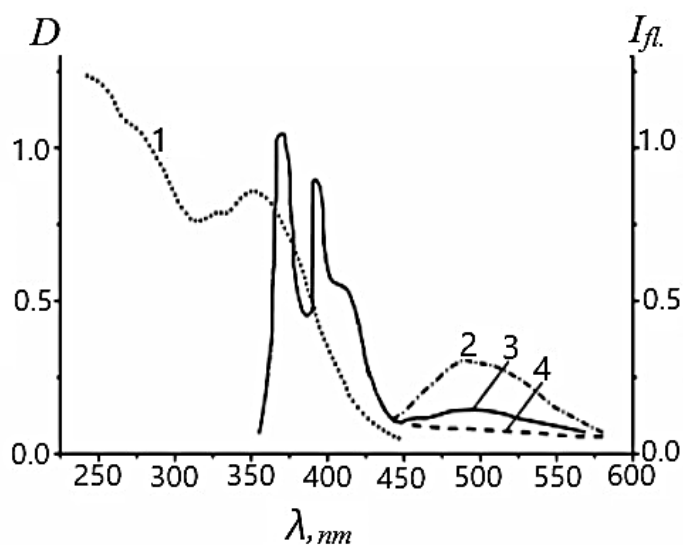
A series of water-soluble fluorescent polymer dyes based on polyfluorene have been developed for the identification of mixed cell populations in various biological systems. Secondary amine moieties were included in the main chain to ensure the solubility of the polymers in water, and to make them fluorescent, dansyl and naphthyl moieties were attached. All π -conjugated polymers ($\lambda_{\text{ex}}=405$ nm) differed in emission spectra, which made it possible to differentiate cell populations [6].

Poly(N-isopropylacrylamide), poly(vinylpyrrolidone), poly(ethylene glycol), poly(vinyl alcohol), and poly(acrylic acid) are most often used as polymer matrices in biological studies [7]. A number of our early studies were devoted to investigate of various organic chromophores fluorescence in a polyvinyl alcohol matrix [8-10]. It has been shown the chromophores' molecules are distributed extremely uniformly in the polymer medium, and the removal of such a fragment from the polymer occurs only as a result of the macromolecule destruction. Chemical binding of the chromophore to the polymer leads to increased photostability and an increase in the service life of the polymers used.

In the present study, polyvinyl alcohol was also used as a matrix into which the pyrene chromophore was introduced, as a water-soluble polymer, which is known to have a wide transparency window: from vacuum ultraviolet to infrared region. The polymer was prepared by treating polyvinyl alcohol with 1-pyrenesulfonic acid sulfonyl chloride. The choice of pyrene chromophore is due to the use of the number of pyrene derivatives to obtain DNA probes that allow the determination of DNA sequences in real time [11].

We have studied the absorption (1) and fluorescence (2-4) spectra of aqueous solutions of pyrene-containing polymer with a concentration of 0.28 (2), 0.14 (3) and 0.017 mol/l (4) (Fig. 1).

Figure 1 shown, the absorption spectra (1) of these polymer solutions contain bands determined by electronic transitions in the pyrene core, and the fluorescence spectra have a more complex structure and depend on the concentration.



It was founded in the concentration range from 0.03 to 0.3 mol/l, the molecular fluorescence bands with maxima at 375, 393 and 410 nm are only observed in the fluorescence spectra or, along with them, a wide structureless band with a maximum at 495 nm attributed us to the excimers emission. Known, the excimer component of the fluorescence spectrum is a wide structureless spectral band. The overlap between the monomer and excimer components of the luminescence is, as a rule, significant. In particular, for pyrene, a typical excimer-forming compound, the short-wavelength edge of excimer emission is located at 375 nm, and the 0-0 transition of molecular pyrene is at 372 nm, i.e. the excimer component almost completely covers the emission region of the molecular form [12].

The excimers formation can be observed not only in liquid solutions, but also in polymer matrices and other media under a wide range of physico-chemical conditions. On the analysis of excimer fluorescence, methods for structural studies of polymers, including biopolymers, are based. In turn, the spectral excimers parameters are taken into account when creating effective devices for concentrating radiation.

Thus, by introducing various chromophore labels into polymers macromolecules of different compositions and architectures, it is possible to obtain

quantitative information about the internal dynamics and structure of the objects under study.

References:

1. Halake K., Birajdar M., Kim B. S., et al. Recent Application Developments of Water-Soluble Synthetic Polymers. *J. Ind. Eng. Chem.* 2014. 20(6): 3913–3918.
2. Mondellini S., Schott M., Löder M.G.J., et al. Beyond Microplastics: Water Soluble Synthetic Polymers Exert Sublethal Adverse Effects in the Freshwater Cladoceran *Daphnia magna*. *Sci. Total Environ.* 2022. 847(15): 157608.
3. Berninger T., Dietz N., López Ó. G. Water-soluble polymers in agriculture: xanthan gum as eco-friendly alternative to synthetics. *Microb. Biotechnol.* 2021. 14(5): 1881–1896.
4. Jose A., Tharayila A., Porel M. Water soluble non-conjugated fluorescent polymers: aggregation induced emission, solidstate fluorescence, and sensor array applications. *Polym. Chem.*, 2023. 14: 3309.
5. Hasegawa S., Sawada T., Serizawa T. Identification of Water-Soluble Polymers through Machine Learning of Fluorescence Signals from Multiple Peptide Sensors. *ACS Appl. Bio Mater.* 2023. 6(11): 4598–4602.
6. Berndt D., Glaap D., Jennings T., et al. Water-Soluble Fluorescent Polymer Dyes with Tunable Emission Spectra for Flow Cytometry Applications. 2024. 63(20). <https://doi.org/10.1002/anie.202402616>.
7. Suzuki S., Sawada T., Serizawa T. Identification of Water-Soluble Polymers through Discrimination of Multiple Optical Signals from a Single Peptide Sensor. *ACS Appl. Mater. Interfaces* 2021. 13(47): 55978–55987.
8. Новикова Т.С., Сахно Т.В., Барашков Н.Н., Короткова И.В. и др. Поливиниловый спирт и эпоксидные полимеры с хромофорными группами в цепи: спектрально-люминесцентные свойства и флуоресцентный метод контроля за их синтезом. *Полимерный журнал.* 2011. Т. 33, № 3. С. 261-267.
9. Сахно Т., Барашков Н., Короткова И. и др. Спектральные свойства полимерных композиций на основе поливинилового спирта. *Полимерный журнал.* 2011. Т. 33, № 2. С. 116-121.
10. Сахно Т., Короткова И., Барашков Н., Сахно Ю. Синтез и особенности спектральных свойств пиренсодержащих полимеров на основе поливинилового спирта. *Полимерный журнал.* 2013. Т.35, № 2. С. С. 88-94.
11. Conlon P., Yang C.J., Wu Y. Pyrene Excimer Signaling Molecular Beacons for Probing Nucleic Acids. *JACS.* 2008. 130(1): 336-342.
12. Hoche J., Schmitt H., Humeniuk A., Fischer I., Mitri R., Röhr M.I.S. The mechanism of excimer formation: An experimental and theoretical study on the pyrene dimer. *Phys. Chem. Chem. Phys.* 2017. 19: 25002–25015.

THE ROLE OF THE HYDROPHOSPHATE STRUCTURAL INCLUSION IN ENHANCEMENT OF APATITE DISSOLUTION

Sakhno Yuriy, Jaisi Deb P. (Newark, USA)

Miletto Iv. (Italy)

The world consumption of phosphorus (P) in agriculture is constantly increasing. Global population growth and the trend towards growing bioenergy crops in addition to agronomic crops have increased the demand for phosphorus fertilizers.

The use of hydroxyapatite nanoparticles (HANP) $[\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2]$ as a slow-release phosphorus (SRF) fertilizer has recently attracted attention. Commercially

available HANP (with Ca/P ratio = 1.667) is the least soluble calcium phosphate and thus limits its full potential as an SRF in agronomic applications. The use of hydroxyapatite nanoparticles (HANP) $[\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2]$ as a slow-release phosphorus (SRF) fertilizer has recently attracted attention. Commercially available HANP (with Ca/P ratio = 1.667) is the least soluble calcium phosphate and thus limits its full potential as an SRF in agronomic applications. In this study, we sought to increase the dissolution rate of HANPs by enriching hydrophosphate (HPO_4^{2-}) species in phosphate (PO_4^{3-}) structural centers. FTIR and solid-state ^{31}P MAS NMR spectroscopy results showed that HPO_4^{2-} is the most abundant in the HANP products crystallized at pH 6.0 and gradually depleted at higher pH. The rate of depletion of HPO_4^{2-} species is proportional to the increase in the incorporation of carbonate into the HANP lattice, which mainly forms carbonized HANPs of type B. The enhancement of the dissolution rate of HANPs due to the incorporation of hydrogen phosphate was tested using a flow-through macrodialysis system, which limits the partial transfer of HANPs to other solid phases that otherwise impede dissolution. The HANP dissolution rate was shown to increase with decreasing synthesis pH and was highest for HANP at pH 6.0. The dissolution rate differed by a factor of ten between HANPs synthesized at pH 7.0 and 10.0. The atom-efficient synthetic route developed and the ability to control the dissolution rate of HANPs are significant steps forward in improving the phosphorus release efficiency of potent SRF and are expected to contribute to efforts to improve agricultural sustainability.

The absence of characteristic reflection at a low angle range of 4–7° two-theta indicates that, regardless of the pH of crystallization, none of the HANPs contains any traces of metastable octacalcium phosphate (OCP) phase. In fact, precipitation of OCP is more thermodynamically feasible and a stable phase at low pH and could be formed concurrently with HANPs. Nevertheless, extensive washing of HANPs in this study after crystallization could have removed calcium phosphate phases other than apatites. The wide range of two-theta (20–60°) studied for untreated HANPs showed

the absence of other peaks than that typical apatite of the P63/m space group. The peak positions and full width at half maximum (FWHM) on diffractograms of untreated HANPs crystallized at pH 6–11 do not possess obvious distinction. However, a detailed matching of measured diffractograms to PDF cards allowed to characterize intrinsically disordered HANP structures and thereby identifying structural deviations from the stoichiometric formula.

The peak positions and intensity derived from the Rietveld refinement of PDF files. It can be inferred that, despite overall similarities of XRD patterns, the 98 (± 5) % minimum confidence matched PDF standard of structures demonstrate a notable difference in chemical composition. In particular, the number of Ca cations per unit cell increases following the order from HANP6 to HANP9. Contrarily, following the same order, the number of orthophosphates decreases, resulting in a low Ca/P ratio for HANPs crystallized at low pH and a high ratio at higher pH. Although there is a slight mismatch in Ca/P ratio derived from ICP-MS and PDF methods, potentially caused by different synthesis routes in sources of PDF literature, the overall trend is consistent and shows an increase in Ca/P ratio with the increase in pH of crystallization. More importantly, the number of protons in the formula increases with the decrease in pH of crystallization (HANP6 – HANP8). This agreement between XRD results and best match PDF standards that are independently supported by elemental analysis by ICP-MS further confirms that the pH of the solution during mineral crystallization defines the chemical composition of the end product. Chemical compositions of HANP products synthesized at pH 9–12 deduced from PDF data show the absence of protons in the structure. Past studies have reported that apatites with a low Ca/P ratio, commonly known as calcium-deficient apatite, which upon calcination, transform into biphasic calcium phosphate composed of pure phase apatite and β -TCP (β -tricalcium phosphate). Our results, present here and published in the past [1-6], are incremental for a systematic bottom-up study on tuning up HANPs and developing a mechanistic understanding of mineral dissolution and P

release. These results collectively contribute towards improving resource use efficiency (RUE) and nutrient use efficiency (NUE).

References:

1. Sakhno Yuriy, Miletto Ivana, Paul Geo, Jaisi Deb P. A novel route to enhance the dissolution of apatite: Structural incorporation of hydrogen phosphate NanoImpact 28 (2022) 100422.
2. Vasylenko, K., Sakhno, Y., Jaisi, D., Nikolenko, M., 2022. Determination of the activation energies of phase transition for calcium orthophosphates based on powder X-ray diffraction data. Cryst. Res. Technol. 57 (3), 2100215.
3. Tosun, G.U., Sakhno, Y., Jaisi, D., 2021. Synthesis of hydroxyapatite nanoparticles from phosphorus recovered from animal wastes. ACS Sustain. Chem. Eng. 9, 15117–15126.
4. Sakhno, Y., Jaisi, D., 2021. Novel route to enhance the solubility of apatite, a potential nanofertilizer, through structural incorporation of sodium and potassium ions. ACS Agricult. Sci. Technol. 1, 488–498.
5. Sakhno, Y., Bertinetti, L., Iafisco, M., Tampieri, A., Roveri, N., Martra, G., 2010. Surface hydration and cationic sites of nanohydroxyapatites with amorphous or crystalline surfaces: a comparative study. J. Phys. Chem. C 114 (39), 16640–16648.
6. Sakhno, Y., Iafisco, M., Jaisi, D., 2021. Role of maturation temperature on structural substitution of carbonate in hydroxyapatite nanoparticles. JOM 73, 1044–1052.

АНАЛІЗ ПОВЕРХНОСТЕЙ ГІРШФЕЛЬДА КРИСТАЛУ ТЕТРАСЕЛЕНАТЕТРАТІА[8]ЦИРКУЛЕНУ

Карауш-Кармазін Н. М., Мінаєв Б. П. (м. Черкаси)

Молекула *сим*-тетраселенатетратіа[8]циркулену була синтезована у 2008 році групою проф. В.Г. Ненайденка [1]. Кристали тетраселенатетратіа[8]циркулена мають моноклінну структуру (просторова група симетрії $P2_1/n$) і складаються з прилеглих безперервних молекулярних колон [2].

У цій роботі нами вперше представлено аналіз міжмолекулярних взаємодій у кристалі тетраселенатетратіа[8]циркулену методом поверхонь Гіршфельда [3, 4]. Поверхні Гіршфельда представлені на Рис. 1 і є взаємодією електронної густини обраної молекули з навколишнім кристалічним середовищем. З Рис. 1а видно, що червоні плями на поверхні Гіршфельда циркулену, нормованої контактною відстанню (d_{norm}), вказують на прилеглі контакти S...S та S...Se з відстанями 3.2–3.3 Å, що сприяють ефективному тривимірному переносу носіїв зарядів [5].

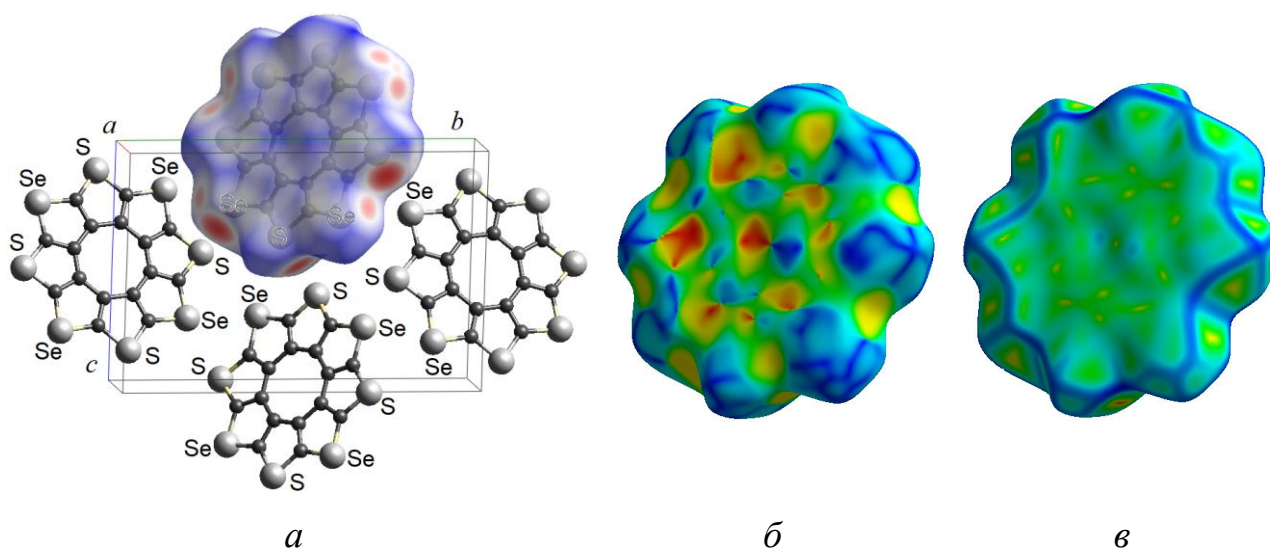


Рис. 1. Кристалічна упаковка і поверхня Гіршфельда d_{norm} (а), карта індекса форми (б) і карта кривизни (в) для кристалу тетраселенатетратіа[8]циркулену.

З карти індексу форми можна побачити, що молекули зв'язані один з одним за допомогою π - π -стекинг взаємодій, які позначені суміжними червоними та синіми трикутниками на поверхні індексу форми (Рис. 1б). Наявність π - π стекинг взаємодій добре видно на карті кривизни, на якій велика зелена область являє собою плоску поверхню, а сині області демонструють області кривизни. (Рис. 1в). Слід зазначити, що у кристалі тетраселенатетратіа[8]циркулену π - π стекинг взаємодії є основними шляхами перенесення зарядів, які обумовлюють амбіполярну провідність з домінуючим n-типом.

Список використаних джерел:

1. Chernichenko K.Yu., Balenkova E.S., Nenajdenko V.G. *From thiophene to Sulflower Mendeleev Commun.* 2008. Vol. 18. P. 171–179.
2. Ivasenko O., MacLeod J.M., Chernichenko K.Yu., Balenkova E.S., Shpanchenko R.V., Nenajdenko V.G., Rosei F., Perepichka D.F. *Supramolecular assembly of heterocirculenes in 2D and 3D Chem. Commun.* 2009. Vol. 10. P. 1192–1194.
3. Hirshfeld F. L. *Bonded-atom fragments for describing molecular charge densities. Theoretica Chimica Acta.* 1977. Vol. 44, no. 2. P. 129–138.
4. *Hirshfeld Surface Analysis for Investigation of Intermolecular Interaction of Molecular Crystals* / S. Suda et al. *International Journal of Organic Chemistry.* 2023. Vol. 13, no. 2. P. 57–85.
5. Karaush-Karmazin N.N., Baryshnikov G.V., Kuklin A.V., Saykova D.I., Ågren H., Minaev B.F. *Impact of molecular and packing structure on the charge-transport properties of hetero[8]circulenes J. Mat. Chem. C* 2021. Vol. 9. P. 1451–1466.

НОВИЙ ЗМІСТ ПОНЯТТЯ «ТРИПЛЕТ МЕТІОНІНУ» І РОЛЬ СПІН-ОРБИТАЛЬНОЇ ВЗАЄМОДІЇ У ФОТОХІМІЇ БІЛКІВ

Мінаєв Б. П., Сухина М. С. (м. Черкаси)

У цій роботі ми розглядаємо новий зміст давно усталеного терміну молекулярної генетики – «триплет метіоніну», який є кодоном послідовності трьох нуклеотидів AUG (АУГ) та який кодує незамінну амінокислоту метіонін під час синтезу білка [1,2]. Мовиться про розрахунок триплетного збудженого стану молекули метіоніну (T_1) та інтенсивності смуги поглинання з основного синглетного стану в триплетний $S_0 \rightarrow T_1$ [1].

Поняття «триплет метіоніну» давно усталилося в генетиці у зв'язку з процесом трансляції – синтезом білка на матриці інформаційної рибонуклеїнової кислоти (РНК), який відбувається на рибосомах [2]. Відомо, що синтез білка йде в напрямку від 5' до 3'-кінця РНК завдяки генетичному коду – способу кодування амінокислотної послідовності білків за допомогою послідовності нуклеотидів. Кожна амінокислота кодується послідовно трьома нуклеотидами – кодоном, або триплетом. Серед триплетів є 4 спеціальні послідовності амінокислот, які виконують функції «розділових знаків» у генетичному коді. Триплет AUG, який також кодує метіонін, називається старт-кодоном. Із цього кодона (триплету) розпочинається синтез молекули білка. У такий спосіб, під час синтезу білка, першою амінокислотою завжди буде метіонін у генетиці еукаріотів [2].

З іншого боку, у молекулярній спектроскопії поняття «триплет» визначає спіновий стан молекули; як правило, це перший збуджений стан діамагнітної речовини [1]. Для триплетного стану загальне електронне спінове квантове число молекули дорівнює одиниці ($S = 1$), тому є можливі три проєкції спіну на напрямок зовнішнього магнітного поля, чому відповідають три значення спінового магнітного квантового числа $M_S = -1, 0, 1$. При цьому

мультиплетність стану $(2S+1)$ дорівнює 3, що й означає «триплет» [1]. Для основного стану діаманітної молекули спінове квантове число $S=0$ (усі спіни електронів попарно спарені) і $M_S = 0$. Такий стан називають синглетним та позначають S_0 , тоді як перший триплет-збуджений стан позначають T_1 [1]. У цій роботі вперше поставлене питання про роль першого триплет-збудженого стану метіоніну. Це відхилення в етимологію **поняття «триплет метіоніну»** на цьому закінчено, і ми розглядаємо, чому винесли ці слова саме в титул статті.

Під час поглинання світла молекулами зазвичай спостерігають синглет-синглетні $S_0 \rightarrow S_n$ переходи, які дозволені правилом відбору за спіном для електричних диполів, а синглет-триплетні переходи $S_0 \rightarrow T_n$ заборонені, тому їхня інтенсивність рівна нулю під час розв'язування рівняння Шредінгера, у якому оператор потенційної енергії не враховує магнітних взаємодій, які залежать від спіна. Це треба робити незважаючи на те, що повна хвильова функція задовольняє принципу Паулі: повна хвильова функція повинна бути антисиметричною, тобто має змінювати свій знак відносно перестановки будь-якої пари електронів. Отже, енергії для S_1 та T_1 станів у цих випадках будуть різними.

Оскільки перший збуджений стан звичайної діаманітної молекули завжди є триплетним T_1 , то його роль у спектроскопії та фотохімії дуже велика, незважаючи на спінову заборону $S_0 \rightarrow T_1$ переходів [1]. Такі переходи здійснюються за допомогою спін-орбітальної взаємодії (СОВ) у молекулах, яка дає змогу змішувати стани з різною мультиплетністю. Варто зауважити, що у білках СОВ значно сильніша, ніж у більшості типових органічних сполук, які не містять у своєму складі важких атомів [1]. Це пов'язано з наявністю карбоксильних та аміно-груп в амінокислотах, які мають багато n -орбіталей та змішані σ - π -функції.

Електронні спектри поглинання білків та окремих амінокислот у водному середовищі демонструють широкі смуги в УФ-області (180–280 нм)

електромагнітного спектра. Найхарактерніші особливості поглинання спектрів білків, які можна побачити в стандартних спектрофотометрах, приписують хромофорам, які є в бічних ланцюгах ароматичних амінокислот, наприклад, триптофану (близько 280 нм, $\epsilon = 5600 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$) та тирозину (близько 275 нм, $\epsilon = 1420 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$) [2]. Також добре відомий слабкий внесок дисульфідних зв'язків, який можна спостерігати в широкій області 250–320 нм ($\epsilon = 360 - 6 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$). Повідомляється навіть про таке дуже слабе поглинання [2], що відповідає силі осцилятора порядку 10^{-5} . Пептидний зв'язок у білках загалом має сильне поглинання близько 190 нм ($\epsilon = 7000 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$) та слабе поглинання в діапазоні 210–220 нм ($\epsilon = 100 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$) із поступовим затуханням при більших довжинах хвиль. Отже, білки, які не мають ароматичних амінокислот та дисульфідних зв'язків будуть оптично неактивними на довжинах хвиль понад 250 нм. Кілька років тому наша група дослідників повідомила [1] про можливе слабе поглинання на низькочастотному краю спектра (в області 250–280 нм) простих амінокислот, пов'язане з $S_0 \rightarrow T_1$ переходами.

Для теоретичних квантово-хімічних розрахунків потужним та широко застосовуваним є метод теорії функціонала густини залежної від часу (*англ. Time-dependent density functional theory TD-DFT*). У своїх розрахунках ми використали метод TD-DFT (функціонал B3LYP, базис 6-311++G(d,p)) із врахуванням спин-орбітальної взаємодії у програмному пакеті Orca 5.0.4 [3]. Як зазначено вище, триплет-синглетні переходи є забороненими в нерелятивістському наближенні, проте СОВ змішує між собою стани з різною мультиплетністю, чим породжує ненульовий перехідний дипольний момент, що описується теорією збурень [1, 4]. Розглянемо коротко теоретичні аспекти таких розрахунків.

Перехідний електричний дипольний момент S_a-T_b вздовж осі l , який пов'язаний зі спіновим підрівнем k , визначається рівнянням:

$$D_l(a-b, k) = \left\langle \tilde{S}_a \left| \sum_i e l_i \right| \tilde{T}_b^k \right\rangle$$

$$= \sum_n \frac{\langle S_a^0 | \sum_i e l_i | S_n^0 \rangle \langle S_n^0 | H_{SO}^k | T_b^{k,0} \rangle}{E(T_b^0) - E(S_n^0)}$$

$$+ \sum_m \frac{\langle S_a^0 | H_{SO}^k | T_m^{k,0} \rangle \langle T_m^{k,0} | \sum_i e l_i | T_b^{k,0} \rangle}{E(S_a^0) - E(T_m^0)},$$

де H_{SO}^k – k -компонент оператора СОВ ($k=x, y, z$).

Важливим інструментом у вивченні молекулярної структури та поведінки їх систем є СОВ оператор Брейта-Паулі, який задається таким рівнянням [4]:

$$H_{SO} = \frac{a^2}{2} \left[\sum_{iA} Z_A \frac{l_{iA} \cdot s_i}{r_{iA}^3} - \sum_{ij} Z_A \frac{l_{ij} \cdot (s_i + 2s_j)}{r_{ij}^3} \right],$$

де індекси i, j – відносяться до електронів, а індекс A – ядер, $a=1/137$ стала тонкої структури, Z – заряд ядра, l і s оператори орбітального і спінового кутових моментів [4].

Цей оператор дає змогу точно розраховувати енергії та ймовірності S–T переходів, що є вирішальним для розуміння властивостей та поведінки таких систем. Важливою характеристикою електронних переходів є сила осцилятора f , яка чисельно пропорційна квадрату електричного дипольного моменту переходу M_{S-T} :

$$f_{S-T} = \frac{2}{3} \Delta E M_{S-T}^2,$$

де $M_{S-T}^2 = \sum_{\beta} \sum_{\gamma} \left| \langle \tilde{S}_0 | M_{\gamma} | \tilde{T}_1^{\beta} \rangle \right|^2$, f – величина безрозмірна.

Знаючи електричний дипольний момент переходу, можемо знайти час життя τ_a збудженого триплетного стану, який є обернено пропорційним константі швидкості (k_a) переходу $S_0 \rightarrow T_n^a$:

$$k_a = \frac{1}{\tau_a} = \frac{64\pi^4(\Delta E_{T-S})^3}{3h^4c^3} \sum_{\gamma} |M_{\gamma}(T_1^{\alpha})|^2$$

Дуже важливо знати час життя збудженого триплетного стану для розуміння фотохімічної поведінки речовини, бо це може впливати на перебіг фотохімічних реакцій та інших суто фізичних процесів перенесення енергії. Оскільки слабкі $S_0 \rightarrow T_1$ переходи можуть впливати на генерацію довготривалих триплетних станів, які за час життя в білках мають здатність до фотохімічних перетворень (включаючи розпад окремих амінокислот), інформація про СОВ у білках потребує більш детального аналізу. Нижче приводимо наші результати квантово-хімічних розрахунків спектрів ряду амінокислот з урахуванням спіно-орбітальної взаємодії.

З огляду вище, метіонін є незамінною амінокислотою, яка відіграє вирішальну роль у житті всіх еукаріотів.

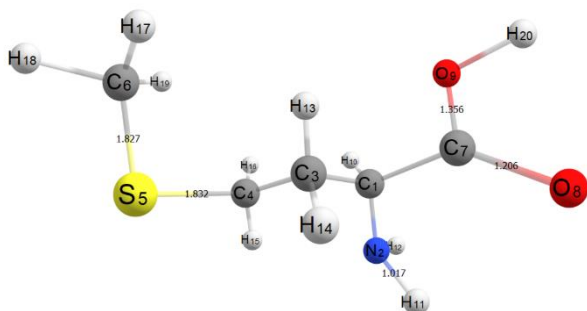


Рис. 1. Оптимізована геометрія L-метіоніну

Метіонін існує у двох просторових структурах: L та D [2]. За своєю просторовою структурою вони є абсолютно ідентичними, проте розташування атомів у молекулах є дзеркальним. Для біохімічних процесів важливішими є L-ізомери, оскільки еволюція біологічних систем зробила так, щоб ферменти розпізнавали L-ізомери. З іншого боку, D-ізомери є менш поширеними в живих організмах, оскільки їхня просторова будова не відповідає структурі активних центрів ферментів. Тому їх роль у біохімічних процесах переважно обмежена, а іноді й руйнівна.

Перед початком вивчення електронних переходів було проведено оптимізацію досліджуваних амінокислот за допомогою методу DFT

(функціонал B3LYP, базис 6-311++G(d,p)). Отримана оптимізована геометрія L-метіоніну, наведена на рис. 1, узгоджується з експериментальними даними [5]. На отриманих геометріях було проведено розрахунок електронних абсорбційних спектрів з урахуванням COV. У табл. 1 представлено перші два

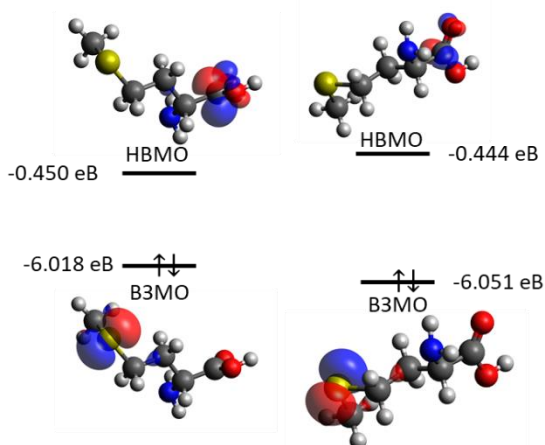


Рис. 2. ВЗМО та НВМО L-метіоніну (зправа) і D-метіоніну (зліва)

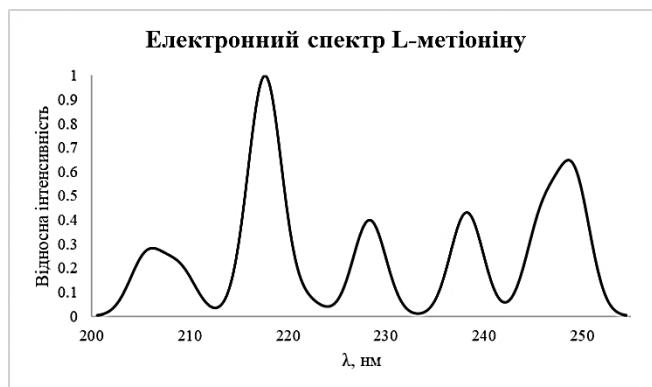


Рис. 3. Електронний спектр L-метіоніну в наближенні TD-DFT

триплетні та синглетні переходи для L-метіоніну. Найнижчими збудженими станами є стани T_1 та T_2 , які лежать в діапазоні 250-260 нм. Згідно з табл. 1 та рис. 2, ці переходи можна віднести до переходів із вищої зайнятої молекулярної орбіталі (ВЗМО), яка локалізована на неподільній парі електронів атомі Сульфуру. Крім цього, спін-орбітальна взаємодія призводить до домішки синглетного характеру до триплетного, що веде до послаблення відбору за спіном та збільшення ймовірності переходу.

Теоретично розрахований електронний спектр $S_0 - S_n$ переходів метіоніну (рис. 3) свідчить про те, що L-метіонін має сильну смугу поглинання близько 215 нм, що відповідає $S_0 \rightarrow S_6$ переходу, у якому бере участь бічний сірковмісний ланцюг. Згідно з дослідом у видимій області поглинання метіоніну немає (рис. 3).

Таблиця 1

Характеристики деяких електронних переходів L-метіоніну

Перехід	λ , нм	f	Вклад орбіталей у перехід	ΔE_{vert} , eВ
$S_0 \rightarrow T_1$	260.7	$2.752 \cdot 10^{-6}$	ВЗМО \rightarrow НВМО+2 (34.94 %) ВЗМО \rightarrow НВМО (26.38 %)	4.755
$S_0 \rightarrow T_2$	251.7	$2.344 \cdot 10^{-6}$	ВЗМО \rightarrow НВМО+1 (55.89 %) ВЗМО \rightarrow НВМО+2 (21.99 %)	4.927
$S_0 \rightarrow S_1$	249.1	$1.969 \cdot 10^{-2}$	ВЗМО \rightarrow НВМО (66.57 %)	4.976
$S_0 \rightarrow S_2$	245.9	$1.351 \cdot 10^{-2}$	ВЗМО \rightarrow НВМО +1 (90.21 %)	5.043

Як впливає з табл. 1, два $S_0 \rightarrow T$ переходи припадають на довгохвильовий край слабкого поглинання (250–260 нм), що не суперечить експерименту. Враховуючи ширину смуг, вони можуть перекриватися $S_0 \rightarrow S_{1,2}$ переходами. Порівнюючи перехід $S_0 \rightarrow T_1$ метіоніну із гліцином (табл. 1, табл. 2), бачимо, що перехід у метіоніні має більшу інтенсивність у 64 рази ($f = 2.752 \cdot 10^{-6}$ та $f = 4.3 \cdot 10^{-8}$ відповідно). На такі відмінності впливає атом Сульфуру, який входить до складу метіоніну і вносить свою частку в елементи СОВ матриці, збільшуючи ймовірність переходу.

Окрім L-метіоніну та гліцину ми дослідили D-метіонін та цистеїн у двох його просторових формах. Короткий підсумок наших результатів представлений у табл. 3.

Таблиця 2

Абсорбційний спектр гліцину з врахуванням СОВ, отриманий на оптимізованій геометрії S_0 стану для вертикальних переходів

Стан	λ , нм	Сила осцилятора, f	Вклад орбіталей у перехід	ΔE , eV
T_1	239.8	$4.3 \cdot 10^{-8}$	ВЗМО \rightarrow НВМО (83.3%) (π - π^* -перехід)	5.170
S_1	231.0	$6.75 \cdot 10^{-1}$	ВЗМО \rightarrow НВМО (93.5%) (π - π^* -перехід)	5.37
T_2	228.1	$4.03 \cdot 10^{-7}$	ВЗМО-1 \rightarrow НВМО (42.3%) (n - π^* -перехід)	5.435
			ВЗМО-1 \rightarrow НВМО+1 (27.6%) (n - π^* -перехід)	
S_2	215.7	$1.18 \cdot 10^{-2}$	ВЗМО \rightarrow НВМО+1 (59.97%) (π - π^* -перехід)	5.748
			ВЗМО \rightarrow НВМО+2 (36.1%) (π - π^* -перехід)	

Таблиця 3

Порівняльна характеристика деяких амінокислот із врахування спін-орбітальної взаємодії

	Гліцин	D-метіонін	L-метіонін	D-цистеїн	L-цистеїн
$\langle T_1 H_{SO} S_0 \rangle$. cm^{-1}	15.17	121.19	116.67	95.10	90.69
$f_{S_0 \rightarrow T_1}$	$4.3 \cdot 10^{-8}$	$2.015 \cdot 10^{-6}$	$2.752 \cdot 10^{-6}$	$4.853 \cdot 10^{-6}$	$3.978 \cdot 10^{-6}$
E cm^{-1}	41696.9	37895.3	38354.8	37054.7	37276.5
$\tau(T_1)$. с	0.02	$5.18 \cdot 10^{-4}$	$3.71 \cdot 10^{-4}$	$2.25 \cdot 10^{-4}$	$2.71 \cdot 10^{-4}$
$\Delta E_{\text{vert}}(S_0-T_1)$. eV	5.170	4.698	4.755	4.594	4.622

Оскільки гліцин є найпростішою амінокислотою, до складу якої не входять важкі атоми, то для нього характерне менше значення енергії СОВ, що призводить до меншого змішування між синглетними та триплетними станами; тому інтенсивність $S_0 \rightarrow T_1$ переходу відносно менша, ніж у метіоніну та цистеїну. Час життя T_1 стану гліцину становить 0.02 с, а час життя для триплету метіоніну та цистеїну становить 0.225–0.518 мс. На більший час життя T_1 гліцину, окрім спин-орбітальної взаємодії, впливає електронна конфігурація та структура незв'язуючої σ -орбіталі.

Отже, у цій роботі досліджено можливість міжсистемних $S_0 \rightarrow T_1$ переходів в аліфатичних амінокислотах на прикладі гліцину та сірковмісних метіоніну та цистеїну. Синглет-триплетні переходи, які було виявлено, перекриваються інтенсивними дозволеними синглет-синглетними переходами, тому щоб виявити на практиці такі переходи треба прилади з високою спектральною роздільною здатністю у ближній УФ-області. Цікавими напрямками цієї теми є вивчення внутрішніх магнітних взаємодій аліфатичних амінокислот у їхніх заряджених станах, оскільки амінокислоти можуть бути у вигляді катіонів, аніонів та цвітер-іонів залежно від рН середовища.

Список використаних джерел:

1. G Baryshnikov. B Minaev. H Ågren. *Theory and calculation of the phosphorescence phenomenon. Chemical reviews* 117 (9). 6500-6537 (2017).
2. G. D. Fasman. *Practical Handbook of Biochemistry and Molecular Biology*. CRC Press. New York. 1992.
3. Orca 5.0.4: <https://orcaforum.kofo.mpg.de/app.php/dlexit/?cat=21>
4. H. Ågren. O. Vahtras. & B. Minaev. (1996). *Response Theory and Calculations of Spin-Orbit Coupling Phenomena in Molecules. Advances in Quantum Chemistry*. 71–162.
5. S. Gunasekaran. A. Bright. T. S. Renuga Devi. R. Arunbalaji. G. Anand. J. Dhanalakshmi. S. Kumaresan. *Experimental and Semi-empirical computations of the vibrational spectra of Methionine. Homocysteine and Cysteine Arch. Phys. Res.* 1. 12 (2010).

АНАЛІЗ МІЖМОЛЕКУЛЯРНИХ ВЗАЄМОДІЙ МЕТОДОМ ПОВЕРХОНЬ ГІРШФЕЛЬДА У КРИСТАЛІ ТЕСТОСТЕРОНУ

**В. О. Мінаєва, Н. М. Карауш-Кармазін, О. О. Панченко, Б. П. Мінаєв
(м. Черкаси)**

Тестостерон є одним з найбільш вивчених статевих гормонів, він забезпечує стабільний розвиток і функціонування організму людини за чоловічим або жіночим типом. Цей гормон відіграє вирішальну роль у підтримці чоловічої та жіночої репродуктивної системи, а також впливає на різні фізіологічні процеси в організмі людини [1]. Підтримка балансу цього статевого гормону є необхідною для правильного функціонування та розвитку людського організму. Будь-які порушення рівня гормону або його дисбаланс можуть призвести до різних проблем, що впливають як на репродуктивне, так і на загальне здоров'я людини [2]. За біохімічною класифікацією тестостерон належить до стероїдів, оскільки в основі його структури лежить циклопентанопергідрофенантеновий (стерановий) цикл. Стероїдне ядро, стеран, містить три циклогексанових цикли (А, В і С) і один циклопентановий цикл D (Рис. 1). Цей загальний структурний принцип обумовлює характерні біохімічні та фізіологічні властивості стероїдам і забезпечує ліпофільність, яка дозволяє їм проходити через мембрани клітин. Це сприяє їх взаємодії з внутрішньоклітинними рецепторами, ініціюючи каскад подій, які й модулюють експресію генів і впливають на різні фізіологічні процеси. Хоча стероїди й мають спільну структурну основу, їхні специфічні функції та регуляторні ролі в організмі різноманітні. Ця специфіка та різноманітність певною мірою визначається міжмолекулярними взаємодіями, включаючи локальні зони ван-дер-ваальсових взаємодій і потік енергії низькочастотних коливань [1, 2].

Тестостерон, стероїд С-19 і основний чоловічий статевий гормон, відповідає за розвиток чоловічих статевих характеристик та впливає на широкий спектр фізіологічних процесів у чоловіків [3].

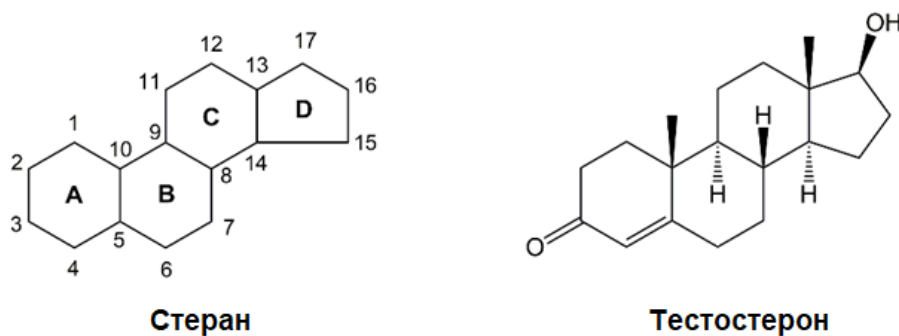


Рис. 1. Хімічні структури стерану та тестостерону.

Цей гормон відноситься до класу андростанів і містить кетонну і гідроксильну групи в положеннях С3 і С17, відповідно. У дорослого чоловіка рівень тестостерону в 7-8 разів вище, ніж у дорослої жінки. Оскільки рівень тестостерону в чоловіків природним чином знижується з віком, синтетичний тестостерон іноді використовується для протидії дефіциту тестостерону, а також незаконно використовується для збільшення м'язової маси та продуктивності у спортсменів, ця практика відома як допінг. Всесвітнє антидопінгове агентство (WADA) включило його до Списку анаболічних агентів S1.

У цьому дослідженні нами проведено аналіз міжмолекулярних взаємодій у кристалі тестостерону з використанням методу поверхонь Гіршфельда (HS), який широко використовується останніми роками як засіб кількісної оцінки та для візуалізації різних типів міжмолекулярних взаємодій в молекулярних кристалах [4, 5]. Аналіз тривимірних (3D) поверхонь Гіршфельда та двовимірних (2D) графіків відбитків дозволяє отримати детальні відомості про упаковку молекулярних кристалів і визначити внесок кожного типу невалентних зв'язків у загальну поверхню Гіршфельда всіх міжмолекулярних взаємодій у кристалі тестостерону.

Вибрані міжмолекулярні відстані $O \cdots H$ в кристалічній комірці тестостерону наведені в таблиці 1. (3O означає, що наприклад, атом кисню знаходиться в положенні 3 стеранового циклу на рис. 1).

Таблиця 1

Вибрані міжмолекулярні відстані O...H (d) у кристалічній комірці тестостерону за даними рентгеноструктурного аналізу

Параметр	d, Å	Параметр	d, Å
$^3\text{O}\cdots\text{H} (^{17\beta}\text{OH}) \mathbf{D}$	1.805	$^3\text{O}\cdots\text{H} (\text{C17H}) \mathbf{D}$	2.617
$\text{O} (^{17\beta}\text{OH})\cdots\text{H} (\text{C2H}_2) \mathbf{A}$	2.544	$\text{O} (^{17\beta}\text{OH})\cdots\text{H} (\text{C15H}_2) \mathbf{D}$	3.057
$\text{O} (^{17\beta}\text{OH})\cdots\text{H} (^{10}\text{CH}_3)$	2.609	$^3\text{O}\cdots\text{H} (^{15}\text{CH}_3)$	3.195

Методом аналізу поверхонь Гіршфельда кристалу тестостерону встановлено взаємодію атома кисню кетогрупи циклу **A** однієї молекули з атомом водню гідроксигрупи в положенні 17 β у атома C17 циклопентанового циклу **D** іншої молекули з відстанню 1,805 Å. Нами також виявлено більш слабкі взаємодії O...H між атомом кисню циклу **A** кетогрупи C=O та атомом водню при атомі C17 з відстанню 2,617 Å, а також між атомом кисню гідроксигрупи при атомі C17 з атомом водню при атомі C2 циклу **A** та з атомом водню метильної групи при атомі C10 з відстанями 2,544 Å та 2,609 Å, відповідно. Інші міжмолекулярні взаємодії типу O...H/H...O в кристалі тестостерону є дальнодіючими з відстанями 3,057 Å і 3,195 Å (табл. 1).

На рис. 2 показано 2D графіки відбитків пальців із вкладом кожної взаємодії в загальну поверхню Гіршфельда для тестостерону. Відповідно до графіка відбитків пальців кристалічної комірки тестостерону міжмолекулярні взаємодії O...H складають 17,1% від загальної HS. Найбільший внесок (78,8%) у загальну HS мають невалентні взаємодії H...H, а взаємодії C...H складають лише 4,0%.

Таким чином, супрамолекулярне розташування молекул тестостерону в кристалі переважно визначається міжмолекулярними взаємодіями, включаючи сили ван-дер-Ваальса, водневі зв'язки та взаємодії C–H... π . Аналіз поверхонь Гіршфельда для тестостерону дозволив визначити різні аспекти, пов'язані з розташуванням молекул і міжмолекулярними взаємодіями в кристалах.

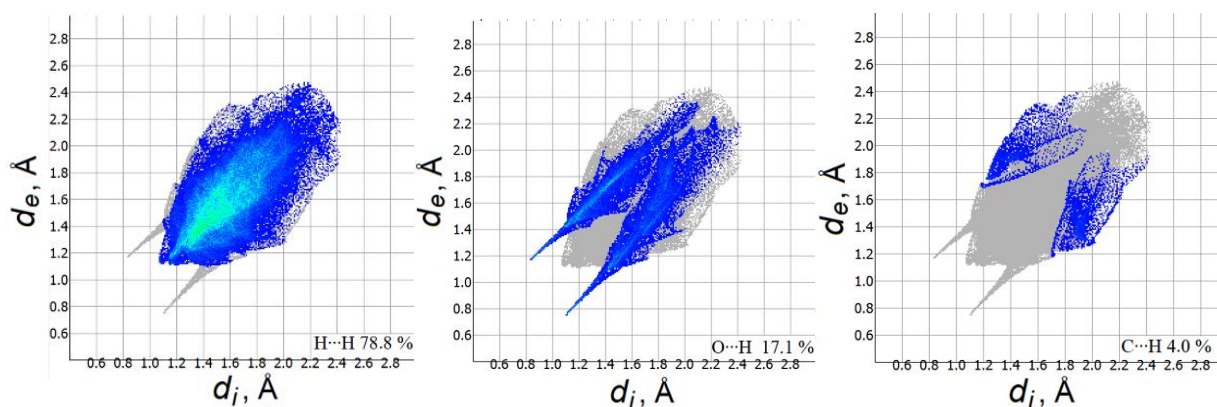


Рис. 2. Двовимірні графіки відбитків пальців кристалічної комірки тестостерону.

Встановлено, що здатність утворювати міжмолекулярні $O \cdots H / H \cdots O$ зв'язки обумовлена наявністю в структурі гормону атома кисню кетогрупи в третьому положенні циклу **A** та гідроксильної групи в 17β -положенні молекули тестостерону. Ці структурні особливості кристалізації важливі для розуміння загальних біохімічних властивостей таких гормонів.

Список використаних джерел:

1. *Revisiting the role of testosterone: Are we missing something?* / V. Tyagi et al. *Rev. Urol.* 2017. Vol. 19. P. 16–24.
2. *Treatment of Men for “Low Testosterone”: A Systematic Review* / S. Huo et al. *PLOS ONE.* 2016. Vol. 11, no. 9. P. e0162480.
3. *Crystal and molecular structure of 17β -hydroxyandrost-4-en-3-one (testosterone)* / P. J. Roberts et al. *J. Chem. Soc., Perkin Trans. 2.* 1973. Vol. 14. P. 1978–1984.
4. Hirshfeld F. L. *Bonded-atom fragments for describing molecular charge densities.* *Theoretica Chimica Acta.* 1977. Vol. 44, no. 2. P. 129–138.
5. *Hirshfeld Surface Analysis for Investigation of Intermolecular Interaction of Molecular Crystals* / S. Suda et al. *International Journal of Organic Chemistry.* 2023. Vol. 13, no. 2. P. 57–85.

ОПТИМІЗАЦІЯ pH ЕЛЕКТРОЛІТУ ОСАДЖЕННЯ СПЛАВУ

Ni-Mo-Zr

Ненастіна Т.О., Сахненко М.Д., Романюк А.Д. (м. Харків)

Електрохімічне осадження цирконію, нікелю та молібдену в сплавах є складним процесом, оскільки стандартні електродні потенціали металів у сплавах дуже відрізняються. Ефективним способом зближення потенціалів цих

металів є об'єднання їх у комплексні сполуки. Оскільки не вдається підібрати ліганд, який буде утворювати комплекс необхідної міцності, в цьому випадку бажано використовувати полілігандний електроліт, що дозволяє наблизити електродні потенціали металів один до одного і, відповідно, отримати якісне покриття. Водночас обґрунтування вибору лігандів для цих металів є досить складним завданням і є однією з найважливіших проблем сучасної гальванотехніки. Відновлення окремих складових сплаву відбувається за різними механізмами, зокрема для молібдену (VI) і цирконію (IV) цей процес імовірно буде ступінчастим.

Стандартні окисно-відновні потенціали компонентів сплаву представлені в таблиці 1. Як видно з наведених даних, найбільш проблематичним виглядає залучення цирконію до сплаву з нікелем і молібденом внаслідок різниці потенціалів на рівні $-1,3 \dots -1,7$ В. Для вирішення цієї проблеми необхідно правильно підібрати ліганди що здатні до утворення досить міцних координаційних зв'язків з іонами нікелю та молібдатами.

Оскільки електроосадження із змішаних комплексів дозволяє ефективно управляти складом і якістю гальванічних сплавів, необхідно володіти інформацією про умови їх утворення і впливу водневого показника середовища на ступінь протонування лігандів, а отже, і стійкість полілігандних систем. Тому необхідно встановити оптимальні значення рН електроліту.

Кислотність розчину електроліту впливає як на значення електродних потенціалів осадження металів у сплав, так і на стабільність комплексних іонів. Діаграми розподілу іонних форм нікелю залежно від рН наведені [3]. Кислотність розчину також істотно впливає (рис. 1) на іонні рівноваги в розчинах молібдат-іонів, причому при підвищенні рН розчину електроліту відбувається перехід від полі- до монооксометалатів, розміри яких, а також здатність до утворення гетероядерних комплексів і відновлення істотно вище всіх інших форм. Саме тому реакція виділення водню, яка протікає паралельно

з відновленням молібдену і викликає залуження приелектродного шару, істотно впливає на процес сплавотворення в цілому.

Таблиця 1

Рівноважні потенціали електродних реакцій [1, 2]

	Реакція	Електродний потенціал E_p , В
Нікель		
1	$Ni^{2+} + 2e = Ni$	$-0,25 - 0,02951 \lg c(Ni^{2+})$
2	$Ni(OH)_2 + 2e = Ni + 2OH^-$	-0,72
Молібден (для різних маршрутів)		
3	$MoO_4^{2-} + 4H^+ + 2e = MoO_2 + 2H_2O$	$0,606 - 0,1182pH + 0,02951 \lg c(MoO_4^{2-})$
4	$MoO_4^{2-} + 8H^+ + 3e = Mo^{3+} + 4H_2O$	$0,508 - 0,1576pH + 0,01971 \lg [c(MoO_4^{2-})/c(Mo^{3+})]$
5	$MoO_2 + 4H^+ + 4e = Mo + 2H_2O$	$-0,072 - 0,059pH$
6	$Mo^{3+} + 4OH^- = MoO_2 + 2H_2O + e$	$0,311 - 0,2364 pH - 0,0591 \lg [Mo^{3+}]$
7	$Mo + 4OH^- = MoO_2 + 2H_2O + 4e$	$-0,072 - 0,0591 pH$
Цирконій(для різних маршрутів)		
8	$Zr^{4+} + 4e = Zr$	$-1,539 + 0,0148 \lg [Zr^{4+}]$
9	$ZrO^{2+} + H_2O + 4e = Zr + 2OH^-$	$-1,570 - 0,0295 pH + 0,0148 \lg [ZrO^{2+}]$
10	$Zr^{4+} + H_2O = ZrO_2 + 4H^+$	$0,91 - 4pH$
11	$ZrO^{2+} + H_2O = ZrO_2 + 4H^+$	$1,15 - 2pH$
12	$Zr + 4OH^- = ZrO_2 + 2H_2O + 4e$	$-1,553 - 0,059 pH$

В даний час можна вважати встановленим, що в кислих водних розчинах молібдатів найбільш високозарядні катіони – оксокатіони MoO_4^{2-} , тому їх гідроліз можна розглядати як ланцюг рівноваг, що в розведених розчинах не ускладнений полімеризацією.

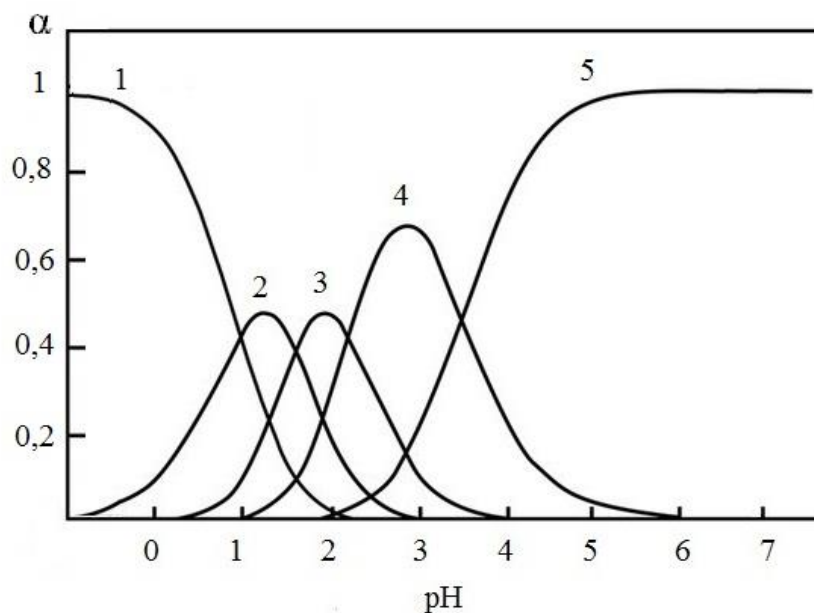
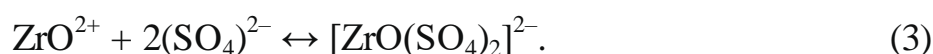
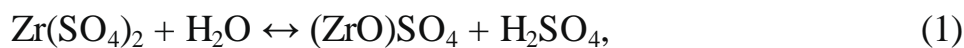


Рис. 1. Діаграма розподілу іонних форм молібдену (VI) залежно від рН: 1 – MoO_2^{2+} , 2 – MoO_2OH^+ , 3 – H_2MoO_4 , 4 – HMoO_4^- , 5 – MoO_4^{2-}

Оскільки діапазон рН робочих електролітів для осадження сплавів знаходиться в діапазоні 7 – 10, то виходячи з діаграм розподілу іонних форм Мо (VI), можна зробити висновок про те, що у розчинах домінують іони MoO_4^{2-} .

Цирконій (IV) у водних розчинах схильний до гідролізу, полімеризації та комплексотворення [4]. У сульфатних розчинах цирконій перебуває у вигляді сульфату цирконію і цирконіюсульфатної кислоти, співвідношення між якими визначається рівновагами:



При нагріванні слабкокислих розчинів відбувається гідроліз сульфату цирконію з утворенням малорозчинних основних сульфатів $4\text{ZrO}_2 \cdot \text{SO}_3 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$.

В кислих розчинах до $\text{pH} = 0,2$ цирконій переважно існує в вигляді катіона Zr^{4+} (рис. 3.6). При зміні pH від 0,2 до 6,0 в розчині переважають гідроксокомплекси $\text{Zr}(\text{OH})_3^+$, $\text{Zr}_2(\text{OH})_7^+$. Починаючи з $\text{pH} = 6$ цирконій існує переважно у вигляді розчинного гідроксиду $\text{Zr}(\text{OH})_4$, де $n = 1-4$ [5].

Реакція гідролізу (1) супроводжується звільненням сульфатної кислоти, що призводить до підвищення кислотності розчину і припинення виділення осаду, причому ступінь гідролізу залежить від рівноваги реакції (1). Слід також враховувати, що імовірність утворення сульфатних комплексів залежить не стільки від кислотності розчину (рис. 2), скільки від концентрації іонів $(\text{SO}_4)^{2-}$ (рис. 3).

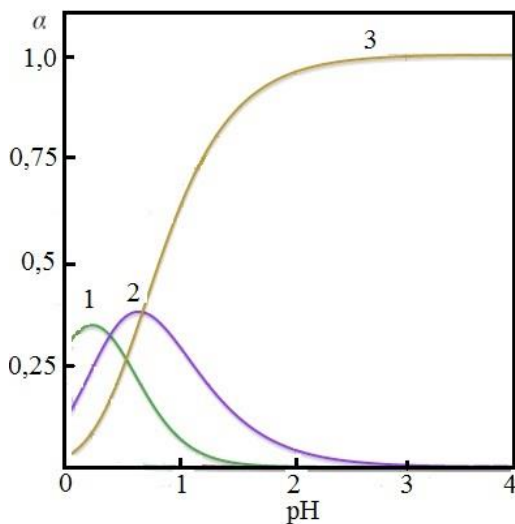


Рис. 2. Діаграма розподілу іонних форм цирконію IV залежно від pH 1 – Zr^{4+} , 2 – $\text{Zr}(\text{OH})_3^+$, 3 – $\text{Zr}_2(\text{OH})_7^+$

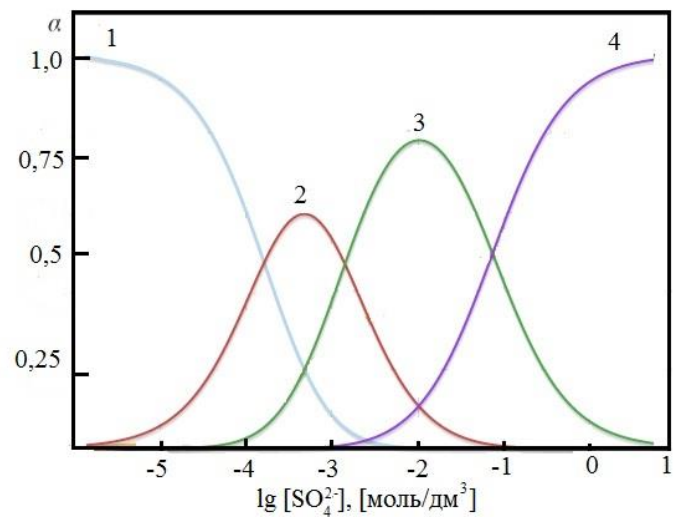


Рис. 3. Діаграма розподілу іонних форм цирконію (IV) сульфату залежно від $-\lg [\text{SO}_4^{2-}]$: 1 – Zr^{4+} , 2 – ZrSO_4^{2+} , 3 – $\text{Zr}(\text{SO}_4)_2$, 4 – $\text{Zr}(\text{SO}_4)_3^{2-}$

Таким чином, за результатами аналізу вищезначеного можна стверджувати, що осадження композиційних сплавів на основі нікелю краще проводити в інтервалі pH 6–10.

Список використаних джерел:

1. Ведь М.В. Каталітичні та захисні покриття сплавами і складними оксидами: електрохімічний синтез, прогнозування властивостей [Текст]: Монографія / М.В. Ведь, М.Д. Сахненко. – Харків: НТУ «ХПІ», 2010. – 272 с.
2. Establishing Relationships between Bath Chemistry, Electrodeposition and Microstructure of Co–W Alloy Coatings Produced from a Gluconate Bath / D. P. Weston, S. J. Harris, P. H. Shipway, N. J. Weston, G. N. Yap // *Electrochimica Acta*. – 2010. – V. 55(20) – P. 5695–5708.
3. Plyasunova N.V. Critical evaluation of thermodynamics of complex formation of metal ions in aqueous solutions. V. hydrolysis and hydroxo-complexes of Co^{2+} at 298.15 K / N.V. Plyasunova, Yu. Zhang, M. Muhammed // *Hydrometallurgy*. – 1998. – Vol. 48. – No.2. – P. 153–169.
4. Studies on the hydrolytic behavior of zirconium(IV) / [C. Ekberg, G. Kallvenius, Y. Albinsson, P. Brown] // *Journal of Solution Chemistry*. – 2004. – V. 33.– № 1. — P. 47–79.
5. Thermodynamic Stability of Zirconium (IV) Complexes with Hydroxy loins / [Veyland A., Dupont L., Pierrard J.-C., Rimbault J. , Aplincourt M.] // *European Journal of Inorganic Chemistry*. –1998.–Vol. 11.– P. 1765–1770.

БІОТЕХНОЛОГІЇ СИНТЕЗУ НАНОЧАСТИНОК МЕТАЛІВ ТА НЕМЕТАЛІВ ЗА УЧАСТІ ВОДОРОСТЕЙ

Цехмістренко С.І., Бітюцький В.С., Мельниченко Ю.О. (м. Біла Церква)

Токарчук Т.С. (м. Кам'янець-Подільський)

Нині спостерігається стрімке зростання кількості наукових досліджень у галузі нанотехнологій, зокрема, синтезу наночастинок. Наночастинки мають діаметр від 1 до 100 нм і використовуються в різних галузях. Наночастинки зацікавили дослідників завдяки своїй великій поверхні – об'ємне співвідношення та їх здатність ефективно взаємодіяти з іншими частинками. Для виробництва наночастинок можна використовувати кілька різних методів, включаючи хімічні, фізичні та біологічні [1]. З усіх методів біологічний метод вважається найчистішим і безпечним, оскільки в процесі не використовуються токсичні хімікати. Біологічний метод передбачає використання для синтезу бактерій, грибів, водоростей, рослинних екстрактів. Оскільки нанотехнології поширюються на кілька комерційних сфер, існує потреба в екологічно чистих та енергоефективних методах їх синтезу [2].

Останнім часом «зелена» тенденція синтезу біогенних наночастинок (НЧ) є стійкою, безпечною, екологічно чистою та відносно недорогою заміною консервативних способів їх виготовлення. За такого синтезу демонструються такі важливі властивості, як відсутність отруйних хімічних сполук, які використовуються у якості стабілізаторів або відновників, відсутність токсичних виходів, що утворюються в процесі, знижене споживання енергії, дешевизна і висока масштабованість. Це робить методи зеленого синтезу більш привабливими, ніж інші традиційні методи [3].

Природа діє як велика «біолабораторія», котра об'єднує застосування рослин, водоростей, грибів, дріжджів тощо, які складаються з біомолекул. Було виявлено, що водорості відновлюють іони металів, а згодом і біосинтез наночастинок. Водорості є широко поширеними організмами, доступними у великій кількості. Вони об'єднують різні групи організмів – від одноклітинних та багатоклітинних. Водорості, здебільшого, є автотрофами. Додатковою перевагою водоростей є можливість їх вирощування в лабораторних умовах. Ці організми можуть допомогти у великомасштабному виробництві наночастинок за низьких витрат. Біотехнології синтезу наночастинок за участі водоростей розвивають ключову роль у створенні екологічно чистих та ефективних методів виробництва наноматеріалів. Водорості, як біологічні «нанофабрики», демонструють здатність акумулювати метали та відновлювати металеві іони, що робить їх перспективними для біосинтезу наночастинок.

Водорості різних класів, зокрема, *Cyanophyceae*, *Chlorophyceae*, *Phaeophyceae*, *Rhodophyceae* застосовують для екологічно чистого, економічного та енергоефективного методу біосинтезу наночастинок.

Виявлено, що природні біомолекули, які містяться у водоростях, відіграють активну роль у формуванні наночастинок із різними формами та розмірами. Використання водоростей і відходів (агровідходів у присутності

біомолекул) не тільки знижує вартість синтезу, але й мінімізує потребу у використанні небезпечних хімічних речовин і стимулює «зелений» синтез.

Водорості є поновлюваним джерелом, тому їх можна ефективно досліджувати та використовувати в біонанотехнологічному «зеленому» синтезі наночастинок. Використання живих та висушених біомас водоростей, таких як *Plectonema boryanum*, *Anabaena flos-aquae*, *Calothrix pulvinata*, *Lyngbya majuscula*, *Chlorella vulgaris*, *Spirulina platensis*, *Sargassum wightii* та *Kappaphycus alvarezii*, сприяє синтезу наночастинок золота, срібла, платини тощо.

Біосинтез наночастинок може відбуватися як у клітинах, так і поза ними, з подальшим вивільненням у культуральне середовище, що полегшує їх виділення.

Внутрішньоклітинний та позаклітинний синтез наночастинок з використанням водоростей є новою галуззю досліджень. Водорості сприяють швидкому, екологічно чистому та біосумісному внутрішньоклітинному синтезу наночастинок срібла, при цьому *Desmodesmus sp.* відновлює іони срібла без утворення агрегатів [4]. Різноманітні водорості, включаючи бурі, червоні, синьо-зелені, а також мікро- та макроводорості, використовуються як для внутрішньоклітинного, так і для позаклітинного біосинтезу металічних, оксидних та біметалічних наночастинок із застосуванням у біомедичних галузях [5, 6].

Здатність водоростей накопичувати метали та відновлювати іони металів робить їх найкращим претендентом на біосинтез наночастинок, тому їх називають біонанофабриками, оскільки для синтезу металевих наночастинок використовується як жива, так і мертва висушена біомаса. Мікроводорості, що становлять значну частину біорізноманіття планети, зазвичай є одноклітинними колонієутворюючими або ниткоподібними фотосинтезуючими мікроорганізмами. Цілі клітини *Plectonema boryanum* (нитчатих ціанобактерій)

виявилися ефективними у сприянні виробленню наночастинок Au, Ag і Pt. Штами ціанобактерій *Anabaena flos-aquae* та *Calothrix pulvinate* використовували для реалізації біосинтезу наночастинок Au, Ag та Pt. Після синтезу в клітинах наночастинок потрапляють у культуральне середовище, де вони утворюють стабільні колоїди, що полегшує їх відновлення. Повідомлялося, що *Lyngbya majuscula* і *Chlorella vulgaris* використовуються як економічно ефективний метод для синтезу наночастинок Ag. Встановлено, що висушені їстівні водорості (*Spirulina platensis*) використовується для позаклітинного синтезу біметалічних наночастинок Au, Ag і Au/Ag. Зазначається про синтез позаклітинних металевих біонаночастинок за участі *Sargassum wightii* та *Kappaphycus alvarezii*. Також повідомлялося про біовідновлення Au(III)-Au(0) з використанням біомаси бурих водоростей *Fucus vesiculosus* та біосинтез наночастинок Au з використанням біомаси червоних водоростей (*Chondrus crispus*) і зелених водоростей (*Spyrogira insignis*).

Водорості, порівняно із іншим біоматеріалом, зручно обробляти, вони менш токсичні та менш шкідливі для навколишнього середовища. Синтез можна проводити за температури і тиску навколишнього середовища, у простих водних середовищах при нормальному значенні рН.

Біосинтезовані водоростями наночастинок можуть використовуватися у численних біомедичних практиках, які включають онкопротекторну, антибактеріальну, протигрибкову, біоремедіаційну та біосенсорну дії. Так, мікрохвильовий позаклітинний синтез з використанням екстрактів макроводоростей був розроблений для виробництва наночастинок оксиду срібла та цинку, які виявляють протиракову активність щодо ракових клітинних ліній людини [7]. Повідомлялося про внутрішньоклітинний синтез наночастинок золота з використанням *Tetraselmis kochinensis* та *Laminaria japonica*, з потенційним застосуванням у доставці ліків та біомедичних застосуваннях [8, 9]. Водорості *Cyanophyceae*, *Chlorophyceae*, *Phaeophyceae* та

Rhodophyceae були використані для зеленого синтезу наночастинок золота та срібла з антимікробними властивостями, які можуть замінити звичайні антибіотики [10]. Зелені водорості *Chlorella sorokiniana* використовуються як для внутрішньоклітинного, так і для позаклітинного синтезу наночастинок золота, проявляючи значну протигрибкову активність проти різних видів *Candida* [11].

У разі синтезу водоростями наночастинок, їх стабілізація здійснюється полісахаридами, котрі там присутні. Така стабілізація обумовлена присутністю множинних місць з'єднання у полісахаридному ланцюзі для полегшення приєднання до поверхні металів, що забезпечує значний захист наночастинок від агрегації та хімічної модифікації.

Біосинтезовані наночастинок мають значний потенціал застосування в біології, медицині та сільському господарстві [12, 13, 14]. Суттєва увага приділяється використанню наночастинок у техніці, каталізі, біосенсорах, а також у ремедиації навколишнього середовища, вирішення нагальних екологічних проблем сучасності, зокрема для очищення стічних вод за рахунок їх антибактеріальних та фотокаталітичних властивостей.

Узагальнюючи, водорості є ефективними біологічними агентами для синтезу наночастинок, що відкриває шлях до розвитку нового напрямку – фіконанотехнологій. Цей підхід не тільки завдяки створенню екологічно чистих наноматеріалів, але має широкий спектр проявів, включаючи біомедицину та очищення навколишнього середовища.

Список використаних джерел:

1. Цехмістренко С.І., Бітюцький В.С., Цехмістренко О.С., Демченко О.А., Тимошок Н.О., & Мельниченко О.М. (2022). Екологічні біотехнології “зеленого” синтезу наночастинок металів, оксидів металів, металоїдів та їх використання: за редакцією С.І. Цехмістренко. Біла Церква, 2022. 270.
2. Li S., Wang R., & Ho S. (2021). Algae-mediated biosystems for metallic nanoparticle production: From synthetic mechanisms to aquatic environmental applications. *Journal of hazardous materials*, 420.
3. Tsekhmistrenko O., Bityutskyy V., Tsekhmistrenko S., Melnichenko O., Tymoshok N., & Spivak M. (2019). Use of nanoparticles of metals and non-metals in poultry farming. *Animal Husbandry Products Production and Processing*, 2, 113–130.
4. Dağhoğlu Y., & Öztürk B. (2019). A novel intracellular synthesis of silver nanoparticles using

Desmodesmus sp. (Scenedesmaceae): different methods of pigment change. *Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali*, 30, 611–621. 5. Chaudhary R., Nawaz K., Khan A., Hano C., Abbasi B., & Anjum S. (2020). An Overview of the Algae-Mediated Biosynthesis of Nanoparticles and Their Biomedical Applications. *Biomolecules*, 10. 6. Mukherjee A., Sarkar D., & Sasmal S. (2021). A Review of Green Synthesis of Metal Nanoparticles Using Algae. *Frontiers in Microbiology*, 12. 7. Priyadharshini R., Prasannaraj G., Geetha N., & Venkatachalam P. (2014). Microwave-Mediated Extracellular Synthesis of Metallic Silver and Zinc Oxide Nanoparticles Using Macro-Algae (*Gracilaria edulis*) Extracts and Its Anticancer Activity Against Human PC3 Cell Lines. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 174, 2777–2790. 8. Ghodake G., & Lee D. (2011). Biological Synthesis of Gold Nanoparticles Using the Aqueous Extract of the Brown Algae *Laminaria Japonica*. *Journal of Nanoelectronics and Optoelectronics*, 6, 268–271. 9. Senapati S., Syed A., Moez S., Kumar A., & Ahmad A. (2012). Intracellular synthesis of gold nanoparticles using alga *Tetraselmis kochinensis*. *Materials Letters*, 79, 116–118. 10. Khanna P., Kaur A., & Goyal D. (2019). Algae-based metallic nanoparticles: Synthesis, characterization and applications. *Journal of microbiological methods*, 105656. 11. Gürsoy N., Öztürk B., & Dag I. (2021). Synthesis of intracellular and extracellular gold nanoparticles with a green machine and its antifungal activity. *Turkish Journal of Biology*, 45, 196–213. 12. Tsekhmistrenko O.S., Bityutsky V.S., Tsekhmistrenko S.I., Kharchyshyn V.M., Tymoshok N.O., & Spivak M. Y. (2020). Efficiency of application of inorganic and nanopreparations of selenium and probiotics for growing young quails. *Theoretical and Applied Veterinary Medicine*, 8(3), 206–212. 13. Bityutskyy V., Tsekhmistrenko S., Tsekhmistrenko O., & Demchenko A. (2022). Eco-friendly biotechnology for biogenic nanoselenium production and its use in combination with probiotics in poultry feeding: innovative feeding concepts. *International scientific innovations in human life. Proceedings of the 8th International scientific and practical conference*. Cognum Publishing House. Manchester, United Kingdom, 13–21. 14. Tsekhmistrenko O.S., Tsekhmistrenko S.I., Bityutskyy V.S. Melnichenko O.M., & Oleshko O.A. (2018). Biomimetic and antioxidant activity of nanocrystalline cerium dioxide. *World of Medicine and Biology*, 14(63), 196–201.

РУЙНУВАННЯ ДВОВИДОВИХ БАКТЕРІАЛЬНИХ БІОПЛІВОК ЗА ДІЇ СУМІШІ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН *RHODOCOCCUS* *ERYTHROPOLIS* ІМВ Ас-5017 ТА ЕФІРНОЇ ОЛІЇ

Охмакевич А.М., Дон Є.А., Ключка Л.В., Пирог Т.П. (м. Київ)

Сьогодні однією із проблем є бактеріальні біоплівки, що спричиняють серйозні гострі та хронічні захворювання, утворюючись на катетерах, імплантах та протезах. Більшість досліджень присвячено вивченню і руйнуванню одновидових біоплівок, проте частіше зустрічаються комбіновані, що характеризуються вищою стійкістю до антимікробних речовин [1].

Перспективними деструкторами біоплівки є поверхнево-активні речовини (ПАР) мікробного походження завдяки їх антимікробній активності. ПАР бактерій *Rhodococcus erythropolis* ІМВ Ас-5017, як і поверхнево-активні речовини інших родококків, характеризуються нижчою біологічною активністю порівняно з такою інших відомих аміно-, рамно- та софороліпідів [2]. У попередніх дослідженнях [3] встановлено, що біологічну активність ПАР *R. erythropolis* ІМВ Ас-5017 можна суттєво підвищити внесенням у середовище культивування живих клітин *Escherichia coli* ІЕМ-1 та *Bacillus subtilis* БТ-2. Раніше нами було показано (неопубліковані дані), що біологічну активність поверхнево-активних речовин можна підвищити і у разі використання еукаріотичних індукторів, причому синтезовані за таких умов поверхнево-активні речовини ефективно руйнували бактеріальні та дріжджові одновидові біоплівки. У роботі [4] встановлено синергічну антимікробну дію комплексу ПАР *R. erythropolis* ІМВ Ас-5017 з ефірною олією чайного дерева.

Метою даної роботи було визначення ступеня руйнування двовидових бактеріальних біоплівок за дії суміші ефірної олії кориці та поверхнево-активних речовин *R. erythropolis* ІМВ Ас-5017, синтезованих за наявності у середовищі культивування дріжджового індуктора у різному фізіологічному стані.

Матеріали та методи. Культивування *R. erythropolis* ІМВ Ас-5017 здійснювали в рідкому мінеральному середовищі з етанолом 2% (об'ємна частка) як джерелом вуглецю. Як індуктори використовували живі та термічно інактивовані клітини *S. cerevisiae* БТМ-1, а також відповідний супернатант. Концентрацію позаклітинних поверхнево-активних речовин визначали ваговим методом після екстракції модифікованою сумішшю Фолча. Ступінь руйнування комбінованих бактеріальних біоплівок (%) визначали спектрофотометричним методом як різницю між адгезією клітин тест-культур у необроблених і оброблених ПАР та/або ефірною олією лунках імунологічного планшету. Як

тест-культури використовували штами бактерій *E. coli* ІЕМ-1, *B. subtilis* БТ-2, *Staphylococcus aureus* БМС-1 та *Pseudomonas* sp. МІ-2 з колекції живих культур кафедри біотехнології і мікробіології Національного університету харчових технологій.

Результати та обговорення. Встановлено, що незалежно від фізіологічного стану індуктора (живі, інактивовані клітини, супернатант), внесеного у середовище культивування *R. erythropolis* ІМВ Ас-5017, комплекс утворених за таких умов поверхнево-активних речовин з ефірною олією кориці у широкому діапазоні концентрацій (1,25-640 мкг/мл) спричиняв ефективніше руйнування двовидових бактеріальних біоплівки, ніж окремі компоненти даного комплексу, а також суміш ефірної олії з ПАР, синтезованими без індукторів.

Так, за дії комплексу ефірної олії і ПАР, синтезованих за наявності живих клітин *S. cerevisiae* БТМ-1, ступінь руйнування комбінованої біоплівки *E. coli* ІЕМ-1 з *Pseudomonas* sp. МІ-2 становив 47-89%, що на 12-41 та 7-30% вище, порівняно з впливом відповідно монобіоцидів та комплексу олії з поверхнево-активними речовинами, синтезованими без індукторів.

Під впливом суміші ефірної олії кориці з ПАР *R. erythropolis* ІМВ Ас-5017, синтезованих у присутності всіх досліджуваних індукторів, ступінь руйнування двовидової біоплівки *B. subtilis* БТ-2 з *S. aureus* БМС-1 досягав 87-98%, що на 13-17% вище, порівняно з дією окремих компонентів комплексу.

Максимальний ступінь деструкції двовидової біоплівки *B. subtilis* БТ-2 з *Pseudomonas* sp. МІ-2 після обробки сумішшю ефірної олії з ПАР, синтезованими за наявності живих клітин дріжджів та супернатанту, становив 84-88%, що на 15-19% вище, ніж за дії комплексу олії з ПАР, синтезованих без індукторів.

Ступінь руйнування біоплівки *E. coli* ІЕМ-1 з *S. aureus* БМС-1 за дії суміші ефірної олії і ПАР, синтезованих за наявності інактивованих клітин

дріжджового індуктора, досягав 70%, а під впливом тільки відповідних поверхнево-активних речовин – не перевищував 52%.

Висновки. Отже, у результаті проведених досліджень встановлено можливість суттєвого підвищення ступеня деструкції комбінованих бактеріальних біоплівки за дії на них комплексу ефірної олії кориці та поверхнево-активних речовин *R. erythropolis* ІМВ Ас-5017, синтезованих за наявності *S. cerevisiae* БТМ-1, порівняно з дією на біоплівки монопрепаратів ПАР і ефірної олії та їх суміші.

Список використаних джерел:

1. Yuana L., Hansen M.F., Roderb H.L., Wanga N., Burmolleb M., Hea G. // *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2020. 60(13): 2277-2293. 2. Pirog T.P., Petrenko N.M., Skrotska O.I., Paliichuk O.I. Shevchuk T.A., Iutynska G.O. // *Mikrobiol. Z.* 2020. 82(4):94-109. 3. Pirog T., Kluchka L., Skrotska O., Stabnikov V. // *Enzyme Microb. Technol.* 2020. 142:109677. 4. Пирог Т.П., Ключка Л.В., Ключка І.В., Антонюк С.І., Вахтій О.Л., Жалюк Д.В. // *Наукові праці НУХТ.* 2020. 26(5): 17-25.

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ БІОПАЛИВА НА ОСНОВІ ЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР

Микитенко А. О., Ромашко Т.П. (м. Полтава)

Зниження природних запасів корисних копалин, більш жорстке регламентування норм викиду шкідливих речовин в атмосферу, обмеження емісії вуглекислого газу як парникового агента – все це спричинило до розвитку досліджень, спрямованих на отримання альтернативних видів палива, в тому числі і біоенергетичних культур, які стали невід'ємною складовою енергетичної галузі. Енергетичні культури являють собою різноманітні види рослин, які вирощуються спеціально для енергетичних потреб, таких як виробництво біопалива, тепла, електроенергії та інших видів енергії. Перспективи виробництва енергетичних культур досліджувались в ряді робіт [1-3]. До основних енергетичних культур відносяться верба, тополя, міскантус,

просо прутоподібне, тощо, також можна використовувати однорічні сільськогосподарські культури такі як ріпак, соняшник, льон, сорго.

Для виробництва біомаси використовується верба (*Salix L.*), за рахунок свого швидкого росту не залежно від виду ґрунту. Саджанці верби мають малу вартість, тому їх вирощування досить вигідне. В Україні засаджено приблизно 5 тис. га цією рослиною. Очевидний напрям для використання сировини верби — це біопаливо [4]. Теплотворна здатність сухої біомаси енергетичної верби коливається в межах приблизно 16-20 мегаджоулів на кілограм сухої маси (МДж/кг).

Міскантус (*Miscanthus*) є високоефективною екологічно чистою культурою: після чотирьох років вирощування він накопичує 15-20 т підземної біомаси, яка еквівалентна 7,2-9,2 т/га вуглецю. Тривалість використання плантації — близько 20 років, а комерційного вирощування — 15 років. Низькі експлуатаційні витрати на вирощування відкривають широкі можливості використання даної культури для виробництва твердих видів палива [5]. Теплотворна здатність сухої біомаси міскантусу складає 18 МДж/кг у випадку спалювання пілет. Його стебла містять 65-70 % целюлози, що обумовлює високу енергетичну цінність. 1 т паливних гранул з міскантусу приблизно еквівалентна 440 кг сирої нафти, 820 кг кам'яного вугілля, 515 м³ природного газу, 1,2 т деревини або 420 кг дизельного палива [7].

Значну кількість твердого біопалива можливо виробляти з сировини тополі. Тополя (*Populus*) швидко зростає та містить велику кількість целюлози, стійка до холодів і шкідників, росте майже на будь яких ґрунтах [6]. Теплотворна здатність сухої деревини енергетичної тополі становить близько 18-20 МДж/кг. Це значення може варіюватися в залежності від умов зберігання деревини, вологості та інших факторів.

З проса прутоподібного (*Panicum virgatum*) можна робити біогаз за допомогою метанового бродіння, крім того, стебла проса і його солома можуть

бути використані для виробництва твердого біопалива, такого як біопаливні гранули чи брикети. Це може бути використано для опалення або виробництва електроенергії у спеціальних теплових електростанціях. Просо – злакова рослина, невибаглива до ґрунтів і клімату, стійка до посухи. Теплотворна здатність проса прутноподібного може становити приблизно 16-18 МДж/кг для сухої біомаси. Це робить просо привабливим джерелом біомаси для використання в технологіях біоенергетики та біопаливних установках.

Сільськогосподарські культури також можуть використовуватись в енергетичному секторі. Наприклад з ріпаку, соняшнику виробляють біодизель, з цукрового буряку – біоетанол, з кукурудзи роблять біогаз. [2]

Отже, енергетичні культури мають великий потенціал для виробництва біопалива, яке є більш екологічно чистим і відновлюваним джерелом енергії порівняно з традиційними вугільними або нафтовими джерелами.

Список використаних джерел:

1. Sleight, Nathan J. *Recently bred willow (Salix spp.). Biomass crops show stable yield trends over three rotations at two sites. Bioenerg. Res.* 2016. No 9(3). P. 782–797
2. Bosco S., Nassi N., Nasso D., Roncucci N., Mazzoncini M., Bonari E. *Environmental performances of giant reed (Arundodonax L.) cultivated in fertile and marginal lands: A case study in the Mediterranean. Europ. J. Agronomy* 78 2016. P. 20–31
3. Mola-Yudego, B. *Reviewing wood biomass potentials for energy in Europe: the role of forests and fast growing plantations. BIOFUELS.* 2017. 11 p <http://dx.doi.org/10.1080/17597269.2016.1271627> (date of access: 18.04.2024)
4. WBA global bioenergy statistics 2017. World bioenergy association, 4th edition - WBA Global Bioenergy Statistics. 80 p
5. Міскантус. Словник агронома. Superagronom.com. URL: <https://superagronom.com/slovnik-agronoma/miskantus-id19044> (дата звернення: 18.04.2024).

ВИКОРИСТАННЯ БІОПРЕПАРАТІВ В СУЧАСНОМУ АГРОВИРОБНИЦТВІ

Ромашко Т.П., Завенягіна Г. В. (м. Полтава)

В останні десятиліття в усьому світі спостерігається сплеск інтересу до біопрепаратів. Сільське господарство є галуззю з великим потенціалом для використання широкого спектру біопрепаратів. Основні категорії біотехнологічних продуктів за своїми функціональними призначеннями подібні до синтетичних аналогів, таких як мінеральні добрива та пестициди.

Використання біологічних та біотехнологічних досягнень визнано одним із ефективних шляхів розвитку сільськогосподарських технологій та вирішення проблем, що виникають у процесі сучасного агровиробництва [1-3].

За своїм призначенням біопрепарати для рослинництва за своїм призначенням поділяються на біопестициди (біогербіциди, біоінсектициди, біофунгіциди, біонематициди), які використовуються для контролю та боротьби зі шкідливими організмами, а також біодобрива, та біостимулятори для протидії стресам та розвитку. В останні роки біопестициди також доповнилися речовини, що виробляються рослинами за рахунок генетично модифікованих матеріалів. Засоби біоконтролю рослин на основі хижих комах також відносять до біопестицидів.

За своєю природою біопрепарати можуть бути мікробіологічними (на основі живих мікроорганізмів, їх спор та продуктів життєдіяльності) і біохімічними (на основі як біологічних речовин-метаболітів, отриманих шляхом мікробіологічного синтезу, так і різних природних продуктів, включаючи екстракти з різноманітної сировини тваринного та рослинного походження).

Деякі біопестициди можуть містити живі мікроорганізми як активні інгредієнти, що зазвичай пригнічують активність патогенної мікрофлори або складаються з органічних екстрактів, які найчастіше забезпечують інсектицидний ефект. Поширеною сировиною для виробництва останніх є продукти дерева Нім (*Azadirachta indica*), що росте в Південній Азії, а також продукти переробки водоростей.

Біодобрива містять живі мікроорганізми, які переводять поживні речовини з мінералізованих форм у розчинні, придатні для використання рослинами, а також покращують функцію кореневої системи рослини [1]. Найпоширенішими є біодобрива на основі азот-фіксуєючих бактерій (75% ринку за обсягами); другий за значимістю різновид – біодобрива з використанням

мікроорганізмів, які забезпечують розчинення мінералізованих форм фосфору (близько 15% ринку). Менш поширеними є продукти, що уможливають розчинення мінеральних форм калію, а також цинку, марганцю та інших мікроелементів, та продукти, основною функцією яких є покращення розвитку кореневої системи.

Біостимулятори характеризуються своєю функціональністю, яка полягає у впливі на фізіологічні та біохімічні процеси в рослинах. На відміну від біодобрив біостимулятори є неживою органічною речовиною – екстрактами та мінеральними витяжками малого та середнього обсягу [3].

Понад 90% біостимуляторів представлених на ринку є продуктами переробки двох основних типів сировини – водоростей та слабомінералізованих органічних продуктів. Найчастіше використовується бура водорість, рідше – ламінарія та інші представники цього класу.

У процесі екстракції з водних рослин утворюються амінокислоти, які є цінними поживними речовинами для ґрунтової та рослинної мікрофлори, а також ензими – ферменти рослинного походження, що сприяють розщепленню складних органічних сполук. Внесення цих речовин забезпечує рослини та ґрунтову мікрофлору легкодоступними поживними речовинами та фітогормонами. До останніх зазвичай належить ауксин, що стимулює ріст пагонів і коренів, цитокінін, що сприяє процесам поділу клітин, і рідше – гіберелінові кислоти, які інтенсифікують процеси проростання та індукують цвітіння рослин.

Біостимулятори зазвичай класифікують відповідно до їх основних функціональних призначень. Більшість з перерахованих вище речовин, включаючи амінокислоти, ензими, вітаміни, гумати, гумінову та фульвову кислоти як окремо, так і разом, можуть належати до стимуляторів росту рослин, які прискорюють проростання пагонів, розвиток кореневої системи, утворення надземної частини, листя. Амінокислоти, гумінові, фульвокислоти і гумати

традиційно вважаються цінними і доступними для рослин поживними речовинами, які можуть надходити в рослину як через кореневу систему, так і через листя. Ряд вітамінів, ферментів та біологічно активних речовин відіграють вужчу функціональну роль як біологічно активні речовини, тобто продукти, що сприяють або активують процеси проростання, цвітіння, дозрівання та ін.

Сільгоспвиробники відзначають такі основні господарські ефекти, які досягаються за рахунок застосування біостимуляторів. Насамперед, збільшення врожайності, як правило на 10-20%, який досягається більшою мірою за рахунок покращеного стану рослин, а не родючості ґрунту. Крім того, біостимулятори значно підвищують стійкість рослин до впливу факторів стресу.

Отже, тенденція до заміни традиційних хімічних засобів захисту рослин, аналогічними засобами на біологічній основі сьогодні стає все більш вираженою. Впровадження біотехнологічних підходів в сільськогосподарську практику може знизити ризики надзвичайних ситуацій щодо виникнення епізоотій шкідників сільськогосподарських рослин, відкрити можливості для посилення механізмів саморегуляції, скоротити терміни дозрівання, в кінцевому підсумку, забезпечити захист сільськогосподарських культур та збереження врожаю з меншими витратами.

Список використаних джерел

1. Polyak YM, Sukharevich VI. Allelopathic relationships between plants and microorganisms in soil ecosystems. *Uspekhi in modern biology*. 2019; 139(2):147-60. 2. Macías FA, Mejías FJR, Molinillo JMG. Recent advances in allelopathy for weed control: from knowledge to applications. *Pest Management Sci*. 2019 Sept; 75(9):2413-36. DOI: 10.1002/ps.5355 3. Scavo A, Mauromicale G. Crop allelopathy for sustainable weed management in agroecosystems: knowing the present with a view to the future. *Agronomy*. 2021; 11(11):2104. DOI: 10.3390/agronomy11112104

БІОЛОГІЧНО АКТИВНІ ВЛАСТИВОСТІ ФЛАВОНОЇДІВ В РОСЛИННИХ ЕКСТРАКТАХ

Горбач Д. А., Ромашко Т. П. (м. Полтава)

Флавоноїди – біологічно активні поліфенольні сполуки рослинного походження, в основі яких є молекула флавана. Механізм дії флавоноїдів заснований на їх здатності обривати розгалужені ланцюгові реакції окислення: взаємодіючи з радикалом, вони віддають протон, перетворюючи радикал на молекулярний продукт, а самі перетворюються на слабкий феноксил-радикал, не здатний брати участь у продовженні ланцюгової реакції. Вони є вторинними метаболітами, синтезованими рослинами, які забезпечують їх колір, захист від ультрафіолетового світла, а також вважаються найпоширенішими пігментами разом з хлорофілом і каротиноїдами, допомагають запобігти окисленню жирів і захистити вітаміни та ферменти в рослинах. У рослинних клітинах флавоноїди можуть локалізуватися в різних органах і частинах, та накопичуються у вигляді глікозидів, переважно у вакуолях, а у вільному стані – у спеціалізованих утвореннях (наприклад, смоло-та ефіроолійних каналах, рецепторах і залозах), які часто мають досить складну структуру. Надземна частина рослини локалізує понад 85% усіх флавоноїдів в клітинах епідермісу і лише 15%-в інших тканинах [1]. Флавоноїди вважаються потенційними природними антиоксидантами, завдяки своїй здатності усувати вільні радикали та пригнічувати їх утворення. Крім того, хелатування іонів металів для інгібування перекисного окислення ліпідів є ще однією характеристикою флавоноїдів. Антиоксидантна активність флавоноїдів в основному зумовлена наявністю в їх хімічній структурі фенольних кілець і вільних гідроксильних груп, які можуть віддавати водень і таким чином уникати процесу окислення [2].

Через популяризацію природних антиоксидантів, використання флавоноїдів було включено до різних галузей промисловості, зокрема харчової, косметичної та фармакологічної, у зв'язку з чим збільшився інтерес до

вивчення процесів екстракції і отримання екстрактів високої чистоти та якості [3].

Екстрагування біологічно активних речовин є основним процесом, що застосовується при приготуванні екстрактів з рослинної сировини. Цей процес має свої особливості, пов'язані перш за все з попередньою підготовкою сировини (подрібнення, сушіння, зберігання та ін.) і стабільністю біологічно активних речовин. При виборі екстрагента і способу екстракції враховуються їх вибіркова властивість, що вимагає проведення обов'язкових комплексних аналітичних і експериментальних досліджень. Відомі різні типи методів екстракції: звичайний, який використовує просте та недороге обладнання, велику кількість розчинника, вимагає тривалого часу екстрагування за нормального тиску та підвищеної температури; і більш сучасний екологічний, в якому використовують складне обладнання, що зменшує час екстракції та, як правило, відбувається при більш високих значеннях тиску та температури.

Завдяки ряду переваг флавоноїди знаходяться в центрі уваги досліджень, що пов'язані з фармацевтичною, сільськогосподарською, біотехнологічною галузями, як одні із перспективних і потенційних джерел фітопрепаратів.

Список використаних джерел:

1. G. Hussain, L. Zhang, A. Rasul et al., – Role of plant-derived flavonoids and their mechanism in attenuation of Alzheimer's and Parkinson's diseases: an update of recent data, *Molecules*, vol. 23, no. 4, pp. 1–26, 2018. 2. E. N. Sembiring, B. Elya, and R. Sauriasari, – Phytochemical screening, total flavonoid and total phenolic content and antioxidant activity of different parts of *Caesalpinia bonduc* (L.) Roxb, *Pharmacognosy Journal*, vol. 10, no. 1, pp. 123–127, 2018. 3. V. Briones-Labarca, C. Giovagnoli-Vicuna, R. Canas-Sarazua – Optimization of extraction yield, flavonoids and lycopene from tomato pulp by high hydrostatic pressure-assisted extraction, *Food Chemistry*, vol. 278, pp. 751–759, 2019.

ПРОБЛЕМИ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛАСТАЗ МІКРООРГАНІЗМІВ

Гудзенко О.В. (м. Київ)

Еластази – це ензими, які здатні деградувати нерозчинний протеїн еластин. Останній існує в позаклітинному матриксі та сполучних тканинах. Він

зшитий неполярними амінокислотними залишками, такими як аланін, лейцин та ізолейцин, і поєднується з мікрофібрилами для утворення еластичних волокон *in vivo* [1]. Еластаза є ендопептидазою, яка здатна ефективно гідролізувати нерозчинний еластин набагато ефективніше, ніж інші протеази. Еластази, які ізольовані із морських продуцентів відносяться до екологічно чистих ензимів, які можна використовувати в різних промислових і фармацевтичних цілях. Вони широко застосовуються в харчовій промисловості, медицині та хімічній промисловості [2]. Крім того, еластази, іммобілізовані на пов'язці, використовують для лікування різних захворювань, включаючи карбункули, пошкоджену шкіру, фурункули та опіки [1].

Еластази, що продукуються мікроорганізмами, мають значний потенціал для застосування в різних галузях, таких як медицина, фармацевтика, харчова промисловість та біотехнологія. Однак, незважаючи на такі широкі можливості, використання еластаз мікроорганізмів пов'язане з деякими проблемами, які важливо враховувати: Еластази можуть розщеплювати не лише еластин, але й інші білки, що може призвести до небажаних побічних ефектів. Важливо контролювати активність еластаз, щоб уникнути надмірного розщеплення білків. Це може бути складно, адже активність ферменту може варіюватися залежно від умов середовища. Еластази мікроорганізмів можуть викликати імунну відповідь у людини, що може призвести до алергічних реакцій або ускладнень при повторному використанні. Деякі еластази мікроорганізмів можуть бути токсичними, що обмежує їх застосування. Виробництво та очищення еластаз мікроорганізмів може бути дорогим, що робить їх нерентабельними для деяких застосувань. Не зважаючи на ці проблеми використання еластаз вони мають значний потенціал для вирішення багатьох проблем у різних сферах. Важливо продовжувати дослідження та розробку цих ферментів, щоб максимізувати їхні переваги та мінімізувати ризики. Враховуючи вищесказане ми працюємо над вирішенням цих проблем, щоб

зробити еластази мікроорганізмів більш безпечними, ефективними та доступними

Раніше [3] в результаті скринінгу бактерій, виділених із донних осадів Чорного моря, нами був відібраний штам *Bacillus licheniformis* ІМВ В-8008, який проявляв високу активність по відношенню до еластину. Тому метою даної роботи було дослідити деякі параметри його культивування, а також отримати очищений ензимний препарат і дослідити його фізико-хімічні властивості.

Вивчення еластази *Bacillus licheniformis* ІМВ В-8008 показало, що суттєвий вплив на активність досліджуваного ензима має температура вирощування та аерація. Показано, що молекулярна маса очищеного ензимного препарату становить близько 18 кДа, рН-оптимум 8,0, термооптимум 37 °С, питома активність 1500 од/мг білка.

Встановлено, що *B. licheniformis* ІМВ В-8008 згідно отриманих у «гострих» дослідах результатів та відповідних нормативних матеріалів є авірулентним неінвазивним мікроорганізмом ($LD_{50 \text{ в/ч}} > 1 \cdot 10^9$, $LD_{50 \text{ per os}} > 10 \cdot 10^9$ клітин/мишу). Штам належить до ІУ класу небезпеки мікроорганізмів: “мало небезпечних, практично без алергенної та загальнотоксичної дії”. Мікроорганізми цього класу небезпеки дозволені МОЗ України до використання у виробництві.

Перевагою запропонованого продуцента є його здатність синтезувати високоактивну та термостабільну еластазу, відсутність сезонності та токсичності, що є технологічно ефективним. Ензимний препарат, одержаний з культуральної рідини *B. licheniformis* ІМВ В-8008 осадженням сульфатом амонію (90 % насичення), здатний ефективно працювати при фізіологічних значеннях рН середовища з помітним піком активності при рН 7,0-8,0. Фермент стабільний при зазначених значеннях рН впродовж 24 год.

Таким чином, досліджена нами еластаза *Bacillus licheniformis* ІМВ В-8008 може бути використана в харчовій промисловості та медицині, зокрема для

регенерації та загоєння еластинових волокон пошкодженої шкіри. Але для цього потрібно провести ще додаткові дослідження, перш ніж його використовувати як комерційний продукт.

Список використаних джерел

1. AlShaikh-Mubarak G.A., Kotb E., Alabdallal A.H., Aldayel M.F. A survey of elastase-producing bacteria and characteristics of the most potent producer, *Priestia megaterium* gasm32. "PloS one 2023. Vol. 18, N 3. e0282963. doi:10.1371/journal.pone.0282963
2. Мацелюх О. В., Нідялкова Н.А., Варбанець Л.Д. Еластолітичні ензими мікроорганізмів. *Біотехнологія*. 2010, 3, №4. С. 21-27.
3. Gudzenko O.V., Ivanytsia V.O., Varbanets L.D. Bacteria of the Black Sea are Producers of Proteolytic Enzymes. *Microbiological journal*. 2022. Vol. 84, N3. P. 3—8.

МІКРОБІОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ БІОТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА БІОГАЗУ

Дігтяр С.В., Пасенко А.В. (м. Кременчук)

Останнім часом у багатьох країнах світу все гостріше постає питання нестачі енергоресурсів та підвищення ступеню екологічності енергетичних технологій. Не оминули ці проблеми й Україну. Залежність від традиційних видів палива та сировини здатна призвести до залежності економічної та політичної. Одним із сучасних шляхів подолання енергетичної кризи можуть стати біотехнології, що дозволяють отримувати паливо із органічної речовини і тим самим роблять енергоресурси відновлюваними.

Перспективним напрямком біоенергетичних технологій є виробництво біогазу – різновиду біопалива, газу, який утворюється завдяки мікробіологічному розпаду біомаси або біовідходів: на звалищах, болотах, в каналізації і т.ін. В наш час розроблені технології, що дозволяють добувати біогаз у промислових масштабах з відходів сільськогосподарської галузі, харчової промисловості, стічних вод, твердих побутових відходів, а також з надлишкової біомаси, яка утворюється в результаті так званого «цвітіння» водойм [1].

За своєю біохімічною природою це є складний багатостадійний процес метанового бродіння, усі аспекти якого досі не з'ясовані повністю [2]. Даний

процес легко відтворюється у лабораторних умовах [3], однак значна кількість його важливих складових залежать від збігу багатьох факторів, таких як субстрат, умови протікання хімічних реакцій тощо [4]. Враховуючи те, що безпосереднє продукування метану та інших супутніх газів є результатом злагодженої дії складного мікробіоценозу, що формується у біореакторі (метантенку), мікробіологічний аспект метаногенезу також має свої особливості в кожному окремому випадку. Так, наприклад, залежно від температурного режиму формується специфічна мікрофлора на основі мезофільних чи термофільних видів бактерій.

В переважній більшості гідролітичні процеси починаються у субстраті ще за аеробних умов. Первинний гідроліз відбувається за участі широкого комплексу ацидогенних та гетероацетогенних мікроорганізмів [2]. Наступним етапом, що слідує за біогідролізом, є ацидогенез, в ході якого основна маса гідролізованої органіки перетворюється на жирні кислоти. У субстраті також з'являється оцтова кислота та водень. Розклад целюлози забезпечують такі види бактерій як *Bacteroides ruminicola* та *Butyrivibrio fibrisolvens*, амілолітичну активність проявляють бактерії родів *Streptococcus* та *Bacillus*, лізис ліпідів здійснює рід *Oospora*, розпад білків до пептидів і амінокислот відбувається завдяки бактеріям родів *Clostridium*, *Bacteroides*, *Bifidobacterium*, *Eubacterium* тощо. На цьому етапі відбувається денітрифікація субстрату родами *Nitrobacter* та *Paracoccus* й відновлення сірки бактеріями роду *Desulfovibrio* [2, 5].

Важливим етапом синтезу біогазу є утворення ацетату з органічних кислот, які накопичилися у субстраті на попередніх стадіях. Цей етап має назву ацетогенез. Ключову роль тут відіграє вид *Syntrophobacter wolinii* [2]. Разом з ацетатом на цьому етапі у субстраті накопичується водень.

На даний момент доведено, що безпосереднє продукування метану в obligatних анаеробних умовах на етапі метаногенерації забезпечують, як мінімум, 30 видів метаногенів з 14 родів та 6 родин, зокрема *Methanotrix*

soehngeni, *Methanosarcina barceri*, *Methanococcus masei*, *Methanospirillum hungatei*, *Methanobacterium cariaci*, *Methanobrevibacter ruminatii*, *Methanotermus fervidus* та ін. [2].

У випадках, якщо в якості органічного субстрату використовуються відходи тваринницьких ферм, мікробний комплекс метантенків формується здебільшого з мікрофлори шлунково-кишкового тракту відповідного виду тварин, а також мікрофлори оточуючого середовища. Як доводить практика, серед видів бактерій, що найчастіше тут трапляються, слід згадати *Lactobacillus acidophilus*, *Butyrivibrio fibrisolvens*, *Peptostreptococcus productus*, *Bacteroides uniformis*, *Eubacterium aerofaciens*, *Bacteroides succinoqenes* і *Ruminococcus flavefaciens*, *Methanobacterium mobile*, *Methanobrevibacter ruminantium* і *Methanosarcina ssp* [6].

За деякими припущеннями на основі аналізу сучасного стану проблем і перспектив отримання біогазової суміші можна зробити висновок, що анаеробна конверсія органічних відходів у метан є найконкурентоспроможнішою сферою біоенергетики. Головна перевага біометану полягає в тому, що він є поновлюваним джерелом енергії, і його виробництво буде існувати доти, доки існує життя на Землі [6].

Широке впровадження промислової технології біометаногенезу в перспективі дозволить не лише розв'язати проблему відтворення енергії, але й вирішити ряд надзвичайно важливих в екологічному плані задач, оскільки дана біотехнологія покликана вирішити проблему утилізації та переробки органічних відходів виробництв різних галузей і напрямків. Серед таких у першу чергу слід зазначити промислові відходи аграрного сектору (як тваринного так і рослинного походження), а також побутових, включаючи стічні води й тверде сміття міських звалищ [7].

Список використаних джерел:

1. Дігтяр С.В., Пасенко А.В., Новохатко О.В., Никифорова О.О. Біотехнологічний словник. Навчально-наукове видання. Кременчук: КрНУ, 2021. – 122 с. 2. Екологічна біотехнологія:

навч. Посібник: у 2 кн. / О.В. Швед, Р.О. Петріна, О.З. Комаровська-Порохнявець, В.П. Новіков. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2018. – 368 с. 424 с. 3. *Biomass as Raw Material for the Production of Biofuels and Chemicals* / edited by Waldemar Wójcik, Małgorzata Pawłowska, Taylor & Francis Group, London, UK, 2022. – 225 p. 4. Галузі сучасної біотехнології. / Дігтяр С.В., Єлізаров М.О., Мазницька О.В., Никифорова О.О., Новохатько О.В., Пасенко А.В., Сакун О.А. – Загальна редакція професора Никифорова В.В. Кременчук: ПП Щербатих О.В., 2021 – 184 с. 5. Біотехнології в екології: навч. Посібник / А.І. Горова, С.М. Лисицька, А.В. Павличенко, Т.В. Скворцова. – Д. Національний гірничий університет, 2012. – 184 с. 6. Загальна біотехнологія: Підручник / Пирог Т.П., Ігнатова О.П. – К.: НУХТ, 2009. – 336 с. 7. Екологічна біотехнологія: принципи створення біотехнологічних виробництв: навчальний посібник / Л. Д. Пляцук, Є. Ю. Черниш. – Суми: Сумський державний університет, 2018. – 293 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ТРАВЛЕННЯ СПЛАВУ БРБ2 У РІЗНИХ ЕЛЕКТРОЛІТАХ

Єгорова Л.М. (м. Харків)

У сучасному світі в галузях машинобудування, радіоелектроніки широко використовуваними сплавами, що містять берилій, є мідно- берилієві сплави. Вони займають високе місце серед мідних сплавів за досяжною міцністю, зберігаючи при цьому високі електро- та теплопровідність. Застосування цих сплавів включає [1]:

- Електронні компоненти, де міцність, здатність до формування та сприятливий модуль пружності цих сплавів роблять їх добре придатними для використання як контакти для електронних роз'ємів;
- Електрообладнання, де їх втомна міцність, провідність і стійкість до релаксації напруги призводять до використання їх як перемикачів і реле;
- Корпуси для магнітних датчиків, де низька магнітна сприйнятливність є критичною;
- Системи контактного зварювання, де висока твердість і провідність є важливими для конструктивних і витратних компонентів зварювання.

Найбільш застосовують високолеговані берилієві бронзи з вмістом берилію $\sim 2\%$, такі як сплав марки БрБ2 або по зарубіжній специфікації 25 (С17200).

Берилієва бронза володіє унікальним набором фізико-механічних властивостей. Крім того, при механічній обробці БрБ2 необхідно добре контролювати виділення токсичного пилу, але і ця проблема успішно вирішується при розмірній обробці мідно-берилієвого сплаву операцією хімічного травлення.

З метою вивчення хімічного розчинення сплаву БрБ2 в розчинах різного складу та оптимізації технології хімічного травлення було проведено була проведена серія експериментів по вимірюванню швидкості розчинення берилієвої бронзи БрБ2 в розчинах різного складу і методом атомної абсорбції визначена селективність розчинення компонентів сплаву. Визначення швидкості хімічного травлення за допомогою гравіметричного методу ґрунтувалося на використанні дискового електроду, що обертається (ОДЕ), виготовленого із сплаву БрБ2, при $\omega = 74 \text{ об} \cdot \text{с}^{-1}$.

Вміст іонів Be^{2+} та Cu^{2+} визначали методом атомно-абсорбційної спектроскопії, використовуючи спектрометр атомної абсорбції МРА-915 МД.

Мінералогічний склад осадів малорозчинних сполук, що утворюються в відпрацьованих травильних розчинах, визначали за допомогою рентгенофазового аналізу. Порошкові дифрактограми отримані на дифрактометрі «Siemens D500» (випромінювання $\text{CuK}\alpha$ ($\lambda = 1.54184 \text{ \AA}$), графітовий монохроматор на вторинному пучку, геометрія Бреґґа-Брентано).

Первинна ідентифікація фаз виконана по картотечі PDF-1, що входить в програмне забезпечення дифрактометра. Розрахунок рентгенограм зразків виконаний за методом Ритвельда, з використанням програми FullProf [2].

Згідно з експериментальними даними були обчислені показники травлення, а саме максимальна, мінімальна і середня в часі швидкості

травлення сплаву, різниці між значеннями швидкості травлення берилієвої бронзи за цикл травлення, які і наведені в таблиці 1.

Саме дані показники, а не первісне значення швидкості травлення, оптимально характеризують здатність розчину до тривалого високошвидкісного травлення сплаву. Висока швидкість травлення в розчині 1,0М FeCl₃ в порівнянні з іншими обумовлена, перш за все, найбільшою концентрацією іона - окислювача Fe³⁺.

Таблиця 1

Кількісні характеристики травлення сплаву БрБ2

№ п\п	Склад розчину, моль/л	*Швидкість травлення сплаву БрБ2, кг/м ² ·с			Різниця між значеннями швидкості травлення сплаву БрБ2		
		v_{max}	v_{min}	v_{med}	$v_{max} - v_{min}$	$v_{max} - v_{med}$	$v_{med} - v_{min}$
1	0,5М FeCl ₃	1,61	0,39	1	1,22	0,61	0,61
2	0,5М FeCl ₃ + 0,5М Fe(NO ₃) ₂	2,0	0,7	1,35	1,3	0,65	0,65
3	0,5М FeCl ₃ + 0,5М Fe(NO ₃) ₂ + 0,25М H ₂ SO ₄	2,2	0,77	1,5	1,43	0,7	0,73
4	0,5М FeCl ₃ + 0,5М Fe(NO ₃) ₂ + 0,5М HCl	2,5	0,8	1,65	1,7	0,85	0,85
5	1,0М FeCl ₃	2,7	0,3	1,5	2,4	1,2	1,2

* v_{max} – максимальне значення швидкості травлення сплаву БрБ2 за цикл травлення;

v_{min} – мінімальне значення швидкості травлення сплаву БрБ2 за цикл травлення;

v_{med} – середнє значення швидкості травлення сплаву БрБ2 за цикл травлення.

Швидкість розчинення сплаву зростає як в залежності від концентрації іона Fe³⁺, так і від сумарної концентрації іонів хлору і рН розчину, що забезпечують добавки до розчину 0,5М FeCl₃ у вигляді Fe(NO₃)₂ і HCl. Саме

цим можна обґрунтувати високошвидкісне травлення сплаву БрБ2 в розчині $0,5\text{M FeCl}_3 + 0,5\text{M Fe(NO}_3)_2 + 0,5\text{M HCl}$.

Крім того, зростання швидкості розчинення берилієвої бронзи можна пояснити утворенням в розчині комплексів заліза (III), що активують розчинення мідної складової сплаву, в той час як зниження рН розчину забезпечує розчинення берилієвої компоненти сплаву БрБ2.

Розчинення берилієвої бронзи проводили в одному і тому ж об'ємі розчину до появи завислої твердої фази. Концентрації метало-іонів в відпрацьованих розчинах, визначені атомно-абсорбційним методом, представлені в таблиці 2.

Таблиця 2

Результати атомно-абсорбційного аналізу відпрацьованих травильних розчинів (час травлення сплаву БрБ2 200 хв.; 25°C)

№ п/п	Склад розчину, моль/л	Концентрації іонів, г/л	
		Cu^{2+}	Be^{2+}
1	$0,5\text{M FeCl}_3$	10,27	0,175
2	$0,5\text{M FeCl}_3 + 0,5\text{M Fe(NO}_3)_2$	19,98	0,291
3	$0,5\text{M FeCl}_3 + 0,5\text{M Fe(NO}_3)_2 + 0,25\text{M H}_2\text{SO}_4$	21,78	0,304
4	$0,5\text{M FeCl}_3 + 0,5\text{M Fe(NO}_3)_2 + 0,5\text{M HCl}$	21,93	0,281
5	$1,0\text{M FeCl}_3$	20,8	0,222

Удосконалити технологічний процес травлення можна за рахунок збільшення його тривалості без скидання відпрацьованих розчинів в промисловий стік. У цьому випадку використовують розчини, що мають найбільш високу ємність по компонентам сплаву: розчин складу 4 (22,2г/л); складу 3 (21,2 г/л) позначення відповідають таблиці 2.

Таблиця 3

Максимальна сумарна концентрація іонів міді та берилію за цикл травлення (нумерація складів травильних розчинів відповідає таблиці 1)

№ складу розчину	Тривалість циклу травлення до випадіння осаду, хв.	Сумарна концентрація іонів міді і берилію, г/л
1	160	10,45
2	180	20,27
3	160	22,1
4	180	22,2
5	160	21

Сумарна концентрація іонів міді і берилію в даний момент часу відповідала «ємності» розчину по компонентам, які розчиняються (табл 3).

При повному виснаженні травильних розчинів в них утворюються малорозчинні сполуки. Мінералогічний склад цих сполук було визначено рентгенофазовим аналізом (табл.4).

Таблиця 4

Фазовий склад і характеристики фаз в зразках.

№ з/п	Склад травильного розчину	Фаза	Мас.%	Параметри ґраток (Å,°)	Сер. розмір кристалітів, (нм)
1	0,5M FeCl ₃	CuCl ₂ (H ₂ O) ₂ _Eriochalcite_P mna	21.4(3)	a=8.0815(4) b=3.74118(3) c=7.4060(4)	51
		FeOOH- beta_Akaganeite_I4/m	77.8(3)	a=10.5448(3) c=3.03452 (5)	9
		Fe ₂ O ₃ _Hematite_R-3c	0.89(11)	a=5.2106 c=12.5469	75
2	0,5M FeCl ₃ +	CuCl ₂ (H ₂ O) ₂ _Eriochalcite_P	16.2(2)	a=8.0692(5)	54

	0,5M Fe(NO ₃) ₂	mna		b=3.7333(4) c=7.3974(6)	
		FeOOH- beta_Akaganeite_I4/m	34.2(5)	a=10.5612(5) c=3.0274(3)	17
		FeCl ₃ x6H ₂ O_Hydromolysite _C2/m	47.3(9)	a=12.212(2) b=6.756(3) c=6.254(6) □=105.32(3)	9
		Cu(OH) ₂ _Spertiniite_Cmc2 ₁	2.4(2)	a=2.9918(18) b=10.716(8) c=5.204(2)	23
3	0,5M FeCl ₃ + 0,5M Fe(NO ₃) ₂ + 0,5M HCl	CuCl ₂ (H ₂ O) ₂ _Eriochalcite_P mna	42.7(5)	a=8.08487(17) b=3.7434(2) c=7.41062(18)	126
		FeOOH- beta_Akaganeite_I4/m	57.3(8)	a=10.5755(16) c=3.0349(7)	5
4	1,0M FeCl ₃	CuCl ₂ (H ₂ O) ₂ _Eriochalcite_P mna	19.6(4)	a=8.0763(4) b=3.7312(4) c=7.4024(4)	31
		FeOOH- beta_Akaganeite_I4/m	80.4(7)	a=10.5447(14) c=3.0337(6)	5

Як видно з табл. 4 в кожному зразку присутня фаза FeOOH і фаза CuCl₂ (H₂O)₂ в найбільшій кількості. Причому осад отриманий з розчину складу 0,5M FeCl₃ + 0,5M Fe(NO₃)₂ + 0,5M HCl більш збагачений CuCl₂ (H₂O)₂ (42,7%) в порівнянні з осадом з розчину складу 0,5M FeCl₃, в якому вміст CuCl₂ (H₂O)₂ становить 21,4%.

Це доводить, що найбільшою ємністю по мідній компоненті сплаву БрБ2 має саме розчин складу $0,5\text{M FeCl}_3 + 0,5\text{M Fe(NO}_3)_2 + 0,5\text{M HCl}$, що узгоджується і з результатами атомно-абсорбційного аналізу (див. табл. 2, 3).

Берилій не входить до складу сполук осаду і залишається в рідкій фазі у вигляді комплексів. Раніше нам було доведено, що кислотність середовища сприяє утворенню комплексних частинок берилію, а саме не тільки хлоридних комплексів BeCl^+ та BeCl_2 , а навіть – Be(OH)_2 і BeOH_2^+ . [3].

Як видно з результатів рентгенофазового аналізу отриманих малорозчинних сполук в досліджуваних відпрацьованих травильних розчинах не ідентифіковано сполуки одновалентної міді. Відсутність в осаді сполук Cu(I) доводить перебіг двохстадійного окислення міді і накопичення іонів Cu^{2+} в розчині. Це відмінна риса розчинів на основі FeCl_3 .

У хлоридвмістних розчинах, які не містять сильного окислювача, мідь накопичується у вигляді хлоридних комплексів Cu(I) , які досить швидко розпадаються з утворенням осаду з малорозчинних сполук [4]. Таким чином, доцільність використання багатокомпонентних травильних розчинів, крім рівномірності травлення сплаву, підтверджується їх більшою ємністю по іонів компонентів сплаву. Обрані склади розчинів, які забезпечує високошвидкісне і рівномірне травлення сплаву БрБ2: 1) $0,5 \text{ M FeCl}_3$; 2) $0,5 \text{ M FeCl}_3 + 0,5 \text{ M Fe(NO}_3)_3 + 0,25 \text{ M H}_2\text{SO}_4$; 3) $0,5 \text{ M FeCl}_3 + 0,5 \text{ M Fe(NO}_3)_3 + 0,5 \text{ M HCl}$. З урахуванням факторів простоти і дешевизни складу при високих показниках швидкості травлення і рівномірності розчинення обох компонентів берилієвої бронзи БрБ2 в якості оптимального запропоновано склад $0,5 \text{ M FeCl}_3$.

Список використаних джерел:

1. Kong D. Insight into the mechanism of alloying elements (Sn, Be) effect on corrosion during long – term degradation in harsh marine environment / D. Kong, C. Dong, N. Xiaoging, C. Man, K. Xiao, L. Xiaoging // *Applied Surface Science*. – 2018 – Volume 455 – P. 543-553.
2. Rodriguez-Carvajal J., Roisnel T. FullProf. 98 and WinPLOTR: New Windows 95/NT Applications for Diffraction. Commission for Powder Diffraction, International Union of Crystallography, Newsletter No.20 (May-August) Summer 1998.
3. Larin V., Egorova L. Study of chemical dissolution of Cu98Be Alloy in solutions based on FeCl_3 // *French-Ukrainian journal of chemistry*.

– 2018. – Vol. 6, ISSUE 01. – P. 82-90. 4. Khodabakshi A. Effects of cold and heat treatment on microstructure and wear behavior of Cu-Be alloy C 17200 / A. Khodabakshi, V. Abouei, N/ Nortazavi, S/H/ Razavi, H. Hooshyar, M. Esmaily // Tribology – Materials, Surfaces and Interfaces. – 2015. – Vol. 9, iss.3. . – P/ 118-127.

ЗМІННОСТРУМОВА ХРОНОПОТЕНЦІОМЕТРІЯ В ДОСЛІДЖЕННІ ОКИСНО-ВІДНОВНИХ ПРОЦЕСІВ БАРВНИКІВ

Лут О.А., Галаган Р.Л., Коваль В.О. (м. Черкаси)

Окисно-відновні процеси, що відбуваються в розчинах барвників, визначають їхні фізичні та хімічні властивості та пов'язані з багатьма фундаментальними явищами. Вивчення цих процесів має велике значення як для фундаментальних наукових досліджень так і для практичних застосувань (таких як розробка нових матеріалів і технологій).

Проте, дослідження окиснювально-відновних процесів вимагає застосування високоточних і чутливих аналітичних методів. У цьому контексті хронопотенціометрія із змінним струмом є ефективним інструментом для вивчення кінетики електрохімічних реакцій у системах барвників на молекулярному рівні, концентрації речовин та інших параметрів системи [1].

Основним принципом є використання змінного струму для вимірювання залежності потенціалу системи від часу. Змінний струм створює коливання потенціалу, що дозволяє досліджувати електрохімічні процеси в різних часових масштабах. Хронопотенціометрія із змінним струмом передбачає фіксацію потенціалу системи в часі. Це дає можливість вивчати кінетику окисно-відновних реакцій та інших електрохімічних явищ.

Вона може бути успішно застосована для дослідження різноманітних електрохімічних систем, включаючи метали, електрокаталізатори тощо.

Авторами досліджено механізми окисно-відновного процесу барвника, анодного процесу (окиснення) пірокатехінового фіолетового та катодного процесу (відновлення) метиленового синього [2]. Аналіз літературних даних

показує, що дослідження окисно-відновних процесів потребує високоточних і чутливих методів аналізу.

Поряд з перевагами цього методу можна зазначити і ряд суттєвих недоліків, а саме складність обробки даних. Аналіз даних, отриманих зміннострумовою хронопотенціометрією, може бути складним через необхідність обробки великої кількості даних та врахування впливу різних факторів на результати. Також використання реальних систем може бути неоднорідним з точки зору концентрації речовин, температури, рН тощо, що може вплинути на точність та надійність отриманих даних.

Зміннострумова хронопотенціометрія може бути чутливою до зовнішніх впливів, таких як електромагнітні перешкоди, температурні коливання тощо, що може спричинити неточності у вимірюваннях та мати обмеженість діапазону вимірів. Залежно від обраної методики та параметрів експерименту, зміннострумова хронопотенціометрія обмежена у вимірах з великими або дуже малими швидкостями реакцій.

Але попри все, вона залишається корисним інструментом для вивчення окисно-відновних процесів у системах барвників, особливо з урахуванням цих обмежень та впливу на результати досліджень, оскільки вона дозволяє отримувати детальну інформацію про ці процеси з високою чутливістю та точністю.

Список використаних джерел:

1. Nataliya Karaush-Karmazin, Helen Lut, Rostislav Galagan, Boris Minaev. *Cyclic reciprocal derivative chronopotentiometry in the study of electrochemical mechanisms. Current Topics in Electrochemistry*, 2018. 20. P. 75-84.
2. Helen Lut, Rostislav Galagan, Tatyana Petrova, Nataliya Karaush, Boris Minaev. *Development of the Cyclic Reciprocal Derivative Chronopotentiometry with Alternating Current of Different Frequencies. Electroanalysis*, 2018. 30(11). P. 1-6.

СУЧАСНІ МЕДИЧНІ БІОТЕХНОЛОГІЇ В АСПЕКТІ СУДОВОЇ МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧНОЇ ЕКСПЕРТИЗИ

Метлицька О., Канюка О. (м. Полтава)

Головним завданням криміналістики є процес ідентифікації особи з визначенням її біологічних особливостей при розслідуванні тяжких злочинів. Розробка сучасних технологій ДНК-маркірування дозволила підвищити точність та дискримінаційну здатність в судовій експертизі, яка ґрунтується на основних постулатах класичної генетики: за нормальних умов кожна людина має єдиний, унікальний набір ДНК маркерів, відомий також як «відбиток» або «генетичний код». Генетичні маркери зазвичай є ідентичними, незалежно від того які біологічні зразки підлягають тестуванню — кров, сперма, нігті, шкіра, кістки і т. ін. Проте, бурхливий розвиток репродуктивних та трансплантаційних технологій в медицині (насамперед екстракорпоральне запліднення (ЕКЗ) та трансплантація гемопоетичних стоволових клітин (ТГСК)) все частіше призводить до появи так званих людей-хімер, що призводить до ускладнення проведення генетичних експертиз в криміналістиці та їх інтерпретації [1,2].

Термин «хімера» походить з древньогрецької міфології. Хімера – чудовисько з головою лева, тулубом кози і хвостом змії, породження Тифону та Єхідни. В медицині термін «хімера» використовується відносно організму, який містить клітинні популяції двох різних індивідів чи навіть двох різних видів. Згідно американського сучасного медичного словника, хімера – організм що складається із двох та більше генетично різних типів клітин. Перший випадок виявлення природної людини-хімери був описаний в Британському медичному журналі в 1953 році: у жінки було виявлено одночасно дві групи крові – О і А, а визначення антигенів слини показало наявність лише групи крові О.

Існує два основних шляхи виникнення хімеризму людини – природний і штучний. Один із видів природного хімеризму – тетрагаметний хімеризм, що найчастіше виникає в результаті «злиття» двох ембріонів, кожен з яких

отриманий від окремо заплідненої яйцеклітини, а в медицині це явище має назву “зниклий близнюк”. Фенотипічно такий хімеризм від плодів різної статі може призводити до гермафродитизму і неплідності, гетерохромії очей (різний колір очей), вираженій фрагментарній пігментації шкіри. У випадку злиття двох одностатевих однойцевих ембріонів народжується генетично однорідний здоровий організм, при злитті дизиготних близнюків, які не є генетично ідентичними, утворюється хімера, яка може фенотипічно не мати жодних аномалій розвитку. Таким чином справжня кількість природних хімер залишається поза межами обліку.

Екстракорпоральне запліднення (ЕКЗ) – найбільш розповсюджена репродуктивна біотехнологія, високовартісна але реальна альтернатива для людей із проблемами фертильності. Проте, низка вчених вважає, що хімеризм є реальним ускладненням сучасних процедур ЕКО. Показано, що стимуляція організму жінки гонадотропінами для індукції овуляції призводить до посилення преембріонального розщеплення і ділення зиготи [3]. Стандартною операційною процедурою ЕКО є перенос в матку жінки більше одного ембріона і приблизно 50% переносу призводить до народження дитини. За даними Американської спілки репродуктивної медицини в 2002 році від ЕКО народилося майже 300 000 дітей, і оскільки стандартна процедура передбачає імплантацію декількох ембріонів, теоретично 30 000 цих дітей можуть бути хімерами.

Питання справжньої кількості тетрагаметих хімер є недостатньо вивченим і тому думки різних вчених кардинально відрізняються. Професор Боклаге [4] вважає що 10% усього населення планети може бути хімерами, а Пол Робінсон, президент Міжнародної спілки аналітичної цитології називає цифру в 1 випадок на кожні 2400 осіб [1, 5]. Проте фахівці репродуктологи спільні відносно гіпотези: хімери зустрічаються частіше ніж це вважалося раніше і їх кількість зростає, завдяки гормонотерапії та репродуктивним технологіям [6].

Окремий інтерес для спеціалістів у галузі криміналістичних досліджень викликає явище штучного хімеризму, який виникає внаслідок переливання крові та застосування технології алогенної трансплантації гемопоетичних стволових клітин (ТГСК). Після ТГСК клітини донорського походження можуть бути виявлені не лише в крові, але і в інших тканинах пацієнта, що призводить до утворення змішаних генетичних профілів (хімеризму). Отже, біологічні зразки, що походять від хімерних індивідів можуть представляти проблему для судово-медичної експертизи. Частота зустрічності «штучних хімер» в загальній популяції, насамперед в Україні, невідома оскільки інформація щодо оперативних втручань пацієнта відноситься до категорії закритих персональних даних. Для приблизного розуміння обсягу штучного хімеризму відомо, що станом на 2006 рік у Франції та Швейцарії він складав 2/100 000 осіб [7,8].

Розвиток у пацієнта після процедури трансплантації донорського хімеризму є важливим прогностичним показником, що дозволяє оцінити ефективність проведеної ТГСК і адекватно планувати лікування пацієнтів у післятрансплантаційний період. При цьому важливо виявити не тільки наявність або відсутність клітин (генетичного профілю) донорського походження, але і оцінити їх кількість по відношенню до клітин реципієнта.

Стосовно наборів для проведення аналізу посттрансплантаційного хімеризму, консорціумом EuroChimerism в якості “золотого” стандарту діагностики визнано ті, які використовуються для ідентифікації особи в судових молекулярно-генетичних експертизах - визначення ДНК профілів за 16 локусами мікросателітних або STR маркерів до складу якого входять 13 міжнародних основних локусів (CODIS), локус амелогеніну і додатково два високополіморфних. CODIS містить наступні поліморфні тетрануклеотидні мікросателітні локуси: CSF1PO, FGA, THO, TPOX, vWA, D3S1358, D5S818, D7S820, D8S1179, D13S317, D16S539, D18S51 и D21S11.

Поступове зростання частки клітин донора в периферичній крові або

кістковому мозку та повна заміна ДНК профілю реципієнта на профіль донора свідчить про ефективність проведеної ТГСК. І навпаки, зниження кількості клітин донорського походження свідчить про рецидив захворювання або взагалі відторгнення трансплантанта.

У зв'язку із стрімким ростом кількості пацієнтів що перенесли трансплантацію, важливо розглянути характеристики їх біологічних зразків з судово-медичної точки зору. Для коректної інтерпретації отриманих даних генетичного аналізу експертам криміналістам важливо мати інформацію щодо наслідків трансплантації і їх вплив на структуру ДНК-профілю реципієнта. При появі змішаного генетичного профілю у наданому зразку необхідно відкинути версію штучного (трансплантаційного) хімеризму. Для підтвердження чи спростування такої гіпотези провести дослідження ДНК у різних біологічних тканинах досліджуваного об'єкта [9,10]:

- Дослідження ДНК в крові штучної хімери призводить до появи змішаного профілю донора і реципієнта або до ДНК-профілю лише донора, якщо трансплантація була проведена успішно. В такому випадку ДНК-профіль із букального епітелію пацієнта до його операції не буде співпадати з показниками крові;
- При дослідженні ДНК сперми пацієнта після трансплантації дослідник отримує чистий профіль реципієнта. Численними дослідженнями доведено, що сперматогенез є висококонсервативним процесом.
- Волосяні фолікули: дозволяють отримати чистий профіль реципієнта, таким чином зразки можна використовувати у спірних випадках в якості контрольного зразка;
- Нігтьові пластини: в більшості випадків чистий профіль реципієнта, в окремих випадках – змішаний, що залежить від ефективності проведеного оперативного втручання і наступної терапії;
- Шкіра, контактні сліди – змішаний профіль, з переважанням ДНК донора

у випадку успіху трансплантації і проведеного лікування;

- Букальний епітелій ротової порожнини – змішаний профіль з переважанням як ДНК реципієнта так і донора. Після полоскання порожнини рота перед процедурою відбору зразків мазків кількість донорської ДНК зменшується до слідової і несуттєвої;
- Сеча – змішаний профіль. Кількість ДНК донора і реципієнта варіює залежно від успіху операції та часу який пройшов від процедури.

Біологічні зразки від реципієнтів ТСГК та осіб з природним хімеризмом можуть складати окрему задачу для судових експертів-генетиків. Тому, коли проводяться аналізи на спірне батьківство або в контексті кримінальної справи при ідентифікації особи а також порівняльного аналізу слідів біологічного походження з місць події та біологічного зразка підозрюваного, важливо знати медичний анамнез його фігурантів відносно можливого факту трансплантації, алгоритм відібрання зразків від таких осіб та особливості інтерпретації отриманого генетичного профілювання.

Відмітимо, що побоювання відносно суттєвого впливу явища хімеризму на роботу судово-експертної служби є дещо перебільшеними. За весь період з 2022 року і по теперішній час, в лабораторії сектору біологічних досліджень Полтавського НДЕКЦ, що працює виключно зі зразками букального епітелію, за використання автоматизованої системи Rapid HIT ID було проведено визначення понад 1600 ДНК-профілів і жодного разу не було встановлено “змішаного профілю”, характерного для хімеризму. Проте судовим експертам генетикам необхідно розуміти можливі наслідки широкого застосування медичних біотехнологій: трансплантація ствольових клітин, зростання частоти процедур ЕКЗ сприяють збільшенню числа аномалій при заплідненні і злитті зигот та можуть призводити до зміни ДНК профілю осіб, ускладнити процес їх ідентифікації та інтерпретації отриманих результатів експертизи.

Висновки: Факти існування природного і штучного хімеризму важливо

враховувати в судово-експертній діяльності і розуміти їх можливі наслідки. Але поодинокі зафіксовані випадки хімеризму не є підґрунтям для перегляду методологічних основ судової молекулярно-генетичної експертизи.

Список використаних джерел:

1. Arcabascio C. *Chimeras: Double the dna-double the fun for crime scene investigators, prosecutors, and defense attorneys. Akron Law Review, 2007; 40(3): 435-464.*
2. von Wurmb-Schwark N, Bosinski H, Ritz-Timme S. *What do the X and Y chromosomes tell us about sex and gender in forensic case analysis? Journal of Forensic and Legal Medicine. 2007;14(1): 27–30.*
3. Avrech O., Schoenfeld A., Amit S. *Dizygotic triplet pregnancy following in vitro fertilization. Human Reproduction. 1993; 8: 2240–2242.*
4. Charles E Boklage *Embryogenesis of chimeras, twins and anterior midline asymmetries Human Reproduction, 2006; 21(3): 579-591.*
5. Malan V., Vekemans M., Turleau C. (2006) *Chimera and other fertilization errors. Clinical Genetics. 2006; 70:363–373.*
6. Assaf S.A., Randilph K., Benirschke K., Wu S., Samadi R., Chmait R.H. *Discordant blood chimerism in dizygotic monohorionic laser-treated twin-twin transfusion syndrome. Obstetrics and Gynecology. 2010; 116(2):483-485.*
7. Електронний ресурс. Режим доступу: www.agence-biomedecine.fr
8. Електронний ресурс. Режим Доступу: www.bag.admin.ch/transplantation
9. Dante Corradi, Laura Locarno, Miguel Marino *A couple of chimeric twins generated from A possible intrauterine cell exchange. Forensic Science International: Genetic Supplement Series 2019; 7: 802-804.*
10. David H. Kaye, *Chimeric Criminals. Journal of Law Science and Technology. 2012; 1: 1-9.*

**ОДЕРЖАННЯ, ВЛАСТИВОСТІ ТА ЗАСТОСУВАННЯ
ФЕРОМАГНІТНОГО НАНОТРЕЙСЕРА $Fe_xCo_yO_z$ ДЛЯ ОЦІНКИ
ЯКОСТІ ПЕРЕМІШУВАННЯ РІДКИХ КОРМІВ**

Панченко В.Г. (м. Харків), Сахно Т.В., Семенов А.О. (м. Полтава)

Барашков М.М. (California, USA), Сахно Ю.Е. (USA)

У комбікормовому виробництві, як правило, існує два типи кормів: сухий корм і рідкий корм. За останні роки вимога до однорідності комбікормів зростає через складнішу рецептуру, де додається все більше компонентів. Незалежно від того, чи компоненти додаються безпосередньо в змішувач або з преміксами, важливою виявляється однорідність корму для молодих тварин, таких як курчата та поросята, оскільки це впливає на їх зростання та споживання корму. У дорослих тварин апетит залежить від того, як довго корм затримується у травленні, тому вони менш чутливі до змін у складі корму.

Одним з найбільш важливих та відповідальних кроків у процесі виробництва сухих кормів є змішування – створення повністю однорідної суміші. Нами раніше було проведено статистичну оцінку якості змішування багатокомпонентних сухих кормів з використанням розподілу доданих частинок – мікротрейсерів. Процедура тестування однорідності кормів та преміксів з використанням мікротрейсерів представлена у стандарті GMP+BA2 «Контроль залишків» [1,2].

Рідину можна додати до сухого корму перед процесом змішування або наприкінці, залежно від природи корму та обладнання для змішування. Однак, якщо додати занадто багато рідини та занадто швидко або ввести її в невідповідний час, можна зіпсувати партію в процесі.

Якщо корм занадто вологий або рідкий, ваші тварини можуть мати проблеми з перетравленням цих продуктів. Щоб отримати якісний рідкий комбікорм потрібно правильно змішувати рідкі корми, і цей процес має бути перевірений. Якщо процес перевірки змішування сухих комбікормів добре вивчений і існує міжнародний стандарт GMP+BA2 «Контроль залишків», то процес змішування рідких кормів знаходиться на початковій стадії досліджень [3]. Мікротрейсери, які використовуються при перевірці змішування сухих кормів для рідких не підходять з різних причин, але головна це та, що на поверхню мікрочастинок нанесений харчовий барвник, для кращої ідентифікації магнітної частинки. Однак, мікротрейсери на основі феруму зазвичай не підходять для вілдації змішування рідких кормів та кодування рідких добавок в готових кормах. Тому для контролю процесу змішування рідких кормів необхідно інший підхід, який і був запропонований в роботі [4].

У роботі представлено розроблений та протестований магнітно-витягувальний нанотрейсер з наночастинками на основі ферум оксиду. Для приготування ферорідини на основі ферум оксиду/кобальт оксиду була запропонована методика з використанням модифікованого методу [5].

Розміри частинок приготовленого феромагнітного нанотрейсера $Fe_xCo_yO_z$ було досліджено з використанням сучасного методу НТА (Nanoparticle Tracking Analysis) [6], який дає можливість прямої візуалізації й аналізу наночастинок у рідинах у реальному часі. Доведене утворення стабільної суспензії нанотрейсера $Fe_xCo_yO_z$ у водних розчинах поверхнево-активних речовин. Представлений порівняльний аналіз результатів дослідження нанотрейсера $Fe_xCo_yO_z$ методом НТА з різними поверхнево-активними речовинами.

Одержана стабільна суспензія наночастинок $Fe_xCo_yO_z$ була протестована як в лабораторних так і у виробничих випробуваннях. Наночастинки $Fe_xCo_yO_z$ були використані як магнітний маркер для перевірки якості змішування рідких кормів та кодування рідких добавок. Результати виробничих випробувань оброблялися з використанням статистики Пуасона, яка використовується відповідно до ISO 11843-3 та ISO 11843-6 [7].

Таким чином, у роботі представлена методика одержання нанотрейсера $Fe_xCo_yO_z$, досліджені його властивості та показано, що нанотрейсер може бути застосований для: оцінки якості змішування рідких кормів як у лабораторних умовах, так і на виробництві; кодування рідких добавок, як, наприклад, ферменти; оцінки розподілу рідких добавок у преміксах і готових кормах.

Список використаних джерел:

1. GMP+ Feed Certification scheme. Control of residues & homogeneity of critical feed additives and veterinary medicinal products GMP+ BA 2 Version EN: 1 January 2022.
2. Sakhno T.V., Pisarenko P.V., Korotkova I.V., Omelian O. M., Barashkov N. N. The application of statistical methods of quality management by GMP+ standards using ferromagnetic microtracers. *Зернові продукти і комбікорми* 2018. V.18 (3). P.39-44.
3. Сахно Т. В., Семенов А. О., Сахно Ю. Е., Барашков М. М. Визначення гомогенності кормів для тварин з використанням феромагнітних мікротрейсерів. *Вісник ПДАА*. 2022. № 1. С. 96–102.
4. Irgibaeva I., Barashkov N., Sakhno T., et al. Synthesis of Iron Nanoparticles by Thermal Decomposition of Diironnonacarbonyl in Ionic Liquid and Their Potential Use as Nanotracers for Mixer Studies in Liquids Feeds. *Advances in Chemical Engineering and Science*, 2020, 10, 201-209.
5. Kobylinska N., Klymchuk D., Khaynakova O., Duplij V., Matvieieva N. Morphology Controlled Green Synthesis of Magnetic Nanoparticles Using Extracts of 'Hairy' Roots: Environmental Application and Toxicity Evaluation. *Nanomaterials* 2022, 12, 4231.
6. Malloy A., Carr R. "Nanoparticle Tracking Analysis", *Part. Sys. Charact.*, 2006, Vol. 23, 1-8. Malloy, A., & Carr, B. (2006).

NanoParticle Tracking Analysis - The Halo™ System. Particle & Particle Systems Characterization, 23(2), 197–204. doi:10.1002/ppsc.200601031. 7. ISO 11843-6:2019 Capability of detection Part 6: Methodology for the determination of the critical value and the minimum detectable value in Poisson distributed measurements by normal approximations

ГОМЕОСТАЗ МАСИ Й КОНЦЕНТРАЦІЇ СКЛАДОВИХ ВОДНИХ ЕКСТРАКТІВ ТКАНИН І СЕКРЕТІВ СТАТЕВИХ ОРГАНІВ: СТАН І ПЕРСПЕКТИВА

Стадницька О. І., Максим'юк В. М. (с. Оброшине, Львівська обл.)

Максимюк Г. В. (м. Львів)

З того часу, як у полі зору власноруч змайстрованого мікроскопа *Антоні ван Левенгук* (1677 р.) побачив статеві клітини, які він назвав анімалькулями (з лат. *animalculum* – звірятко, *animal* – тварина), і їх замальоване зображення представив Королівському науковому товариству Великобританії, минуло 347 років [1]. Уже приблизно 5–6 поколінь вчених не перестають вивчати їх роль і значення в репродукції живого організму (*людина, тварини, рослини*). До деталей вивчено видову й індивідуальну особливість морфометричного, функціонального, біохімічного стану спермійв нативних свіжоотриманих еякулятів і кріоконсервованих спермодоз. Однак специфіка впливу параметрів маси органічної й неорганічної складової та концентрації іонів лужних металів (Ca^{2+} , K^+ , Na^+) відкритих (*сперма, матково-вагінальний слиз, рідина плодових оболонок*) і закритих (*водні екстракти тканин статевих органів*) біологічних систем типу “клітина (*речовина*) – середовище” на повноцінність стану їх структури й функцій все ще потребує конкретизації й деталізації.

Зокрема відомо, що на засіданні членів Швейцарського товариства природодослідників *Фрідріх Мішер* (Базель, 1892 р.) зробив публічну доповідь щодо виявленого ним зв'язку неорганічних і органічних речовин молок лосося із життєздатністю спермійв [2]. Визначені ліміти концентрації неорганічних речовин він вважав ізотонічними і пов'язав їх з рухливістю клітин. На засіданні працівників Біологічного інституту комакадемії (*Москва – Самара, 1932 р.*)

Олександр Бернштейн [3] також зробив важливу наукову доповідь. Її зміст звертав увагу слухачів на невідповідність концентрації катіонів (Na^+ , K^+) неорганічних сполук сперми бугаїв показникам ізотонічності так званих “фізіологічних розчинів”. Виявлену ознаку вчений рекомендував застосувати для пошуку оптимальних умов та ефективних способів і засобів захисту структури й функцій еякульованих спермій. Він вважав, що експериментатори, які використовують результати його роботи у власних дослідженнях, отримають реальну можливість розробляти нові, ефективні розріджувачі сперми. Ганна Лісовенко у Києві 1970 року захистила дисертацію на тему: “Плазма сперми сільськогосподарських тварин”. Результати її роботи свідчать, що секрети статевих залоз плідників містять неоднакову концентрацію катіонів K^+ , Na^+ , R^{2-5+} і Cl^- , яка по-різному впливає на функціональний стан спермій еякульованої й деконсервованої сперми [4]. Василь Канцедал у Харкові на засіданні НДІ тваринництва Лісостепу і Полісся УРСР доповів, що, вивчаючи з 1971 до 1982 р. особливості розподілу концентрації Na^+ і K^+ між сперміями і плазмою сперми бугаїв, він виявив їх зв’язок з рівнем запліднювальної здатності спермій розморожених спермодоз [5]. Якщо співвідношення концентрації катіонів $Na^+ : K^+$ у спермі 1:1, то запліднюваність корів після першого осіменіння низька (34 %), якщо 3:1, то відсоток запліднень у 2 рази вищий (74 %).

Власне саме ці три базові факти (невідповідність ізотонічності “фізіологічних розчинів” та зв’язок параметрів концентрації іонів лужних металів з рухливістю і запліднювальною здатністю спермій) стали підставою для вивчення захисного і шкодочинного впливу водних розчинів кріопротекторів (ВРК) на стан структури й функцій статевих клітин при заморожуванні сперми бугаїв [6, 7]. Перший етап досліджень завершили розробкою нового розріджувача сперми. До його складу додатково ввели гепарин. Захисна дія гепарину подовжила термін виживання деконсервованих

спермійв на одну годину. Рухливість клітин під час еквілібрації розрідженої сперми зросла на 3, деконсервованої – на 0,5 бала. Кількість спермійв з незміненою макроструктурою акросоми і цитоплазматичної мембрани збільшилася на 17 %; запліднюваність корів від першого осіменіння – на 11 %.

На другому етапі досліджень [8, 9] вивчили особливості “реакції-відповіді” спермійв за дії екстремальних умов технології кріоконсервації сперми (ТКС) необлицьованими гранулами до -196°C . Визначили динаміку показників концентрації (мМ) Ca^{2+} , K^{+} , Na^{+} та співвідношень (ІС:І) іонів її різно- ($\text{Na}^{+}:\text{Ca}^{2+}$, $\text{K}^{+}:\text{Ca}^{2+}$, $\text{Na}^{+}:\text{K}^{+}$) і одноіменних пар ($\text{Ca}^{2+}:\text{Ca}^{2+}$, $\text{K}^{+}:\text{K}^{+}$, $\text{Na}^{+}:\text{Na}^{+}$).

Перша спроба узагальнити результати досліджень була невдалою. Вибірка була замалою, тому кількість досліджуваних бугаїв збільшили із $n = 5$ до $n = 68$. П'ять років поспіль контролювали динаміку показників концентрації Ca^{2+} , K^{+} , Na^{+} свіжоотриманих еякулятів і деконсервованих спермодоз. Це дало можливість виявити, що в період становлення (2–3), стабілізації (4–8) і згасання (9–10 pp.) репродуктивної функції бугаї виділяють сперму з індивідуальною постійно низькою (17–24), середньою (36–43) і/або високою (60–69 мМ) концентрацією K^{+} . Встановили, що адаптивна реакція спермійв на дію умов ТКС різна. Якщо зміна рівноважного стану концентрації іонів монокомпонентними розчинами є причиною симпортного (односпрямованого) переміщення Ca^{2+} , K^{+} , Na^{+} з клітин у середовище і/або з середовища у клітину, то полікомпонентний склад розріджувачів сперми є причиною антипортного (різноспрямованого) переміщення Ca^{2+} з клітин у середовище, але K^{+} і Na^{+} – з середовища у клітину.

Третій етап досліджень [10, 11] спрямували на вивчення особливостей гомеостазу вільних і зв'язаних іонів. Динаміку концентрації Ca^{2+} , K^{+} , Na^{+} визначили у водних екстрактах порошкоподібних зразків тканин статевих органів бугаїв (яєчка, придатки, сім'япроводи, статеві залози, прутень) і корів (піхва, матка, яйники, матково-вагінальний слиз, рідина плодових оболонок

алантоїса і амніона). Виявили, що у зразках рідин та секретів тканин статевих органів бугаїв і корів іони солей лужних металів перебувають у вільному, зв'язаному і недисоційованому станах. Результати виконаних досліджень і проведеного аналізу етапів завдань роботи «Дослідження особливостей гомеостазу органічної й неорганічної складової навколоплідної рідини у корів та його зв'язок зі станом фізичних ознак новонародженого плода. ДР № 0117U001278» (ПНД 31 «Генетика збереження та відтворення біоресурсів у тваринництві») опублікуємо в IV кварталі 2024 і впродовж 2025 рр.

Список використаних джерел:

1. Генетика репродукції / С. В. Денисенко, А. С. Дарий, М. І. Кононенко, Т. Э. Зерова-Любимова; под ред. д-ра мед. наук, проф. Т. И. Бужиевской. – К. : Клиника проблем планирования семьи, 2008. – 650 с. 2. Мишер Ф. Труды по биохимии / Ф. Мишер. – М. : Наука, 1985. – С. 317. (Miescher F. *Compte rendus des archives des sciences physiques et naturelles*. 1891. P. 164.). 3. Бернштейн А. Д. Этюды по физиологии сперматозоидов / А. Д. Бернштейн. Москва – Самара, 1933. Ч. 1. С. 64–69. 4. Лисовенко А. С. Плазма спермы сельскохозяйственных животных: автореф. дис. на соискание учен. степени канд. биол. наук : спец. 03.550 “Разведение сельскохозяйственных животных” / А. С. Лисовенко. Киев, 1970. 26 с. 5. Канцедал В. И. Уровень концентрации натрия в сперме быков и ее оплодотворяющая способность / В. И. Канцедал // Научно-технический бюллетень НИИЖ Лесостепи и Полесья УССР. 1982. № 34. С. 37–39. 6. Зверева Г. В. Характеристика спермиев быков в водных растворах криопротекторов оптимальной концентрации / Г. В. Зверева, Л. А. Черномаз, В. М. Максимюк // Доклады ВАСХНИЛ. 1983. № 12. С. 22–24. 7. Максим'юк В. М. Кальцій, натрій, калій сперми бугаїв: вміст, розподіл, співвідношення / В. М. Максимюк, Г. В. Зверева // Вісник аграрної науки. 1997. № 3. С. 23–24. 8. Максимюк Г. В. Баланс іонів лужних металів нативної сперми і тканин системи *organa genitalia bovina* / Г. В. Максимюк, З. Д. Воробець // Експериментальна та клінічна фізіологія і біохімія. – 2010. № 4. С. 19–27. 9. Максим'юк В. М., Максимюк Г. В., Воробець З. Д. Клітина, середовище, гомеостаз: монографія. Львів: СПОЛОМ, 2021. 315 с. 10. Maksym'uk V., Sedilo G., Stadnytska O., Maksymyuk H., Vorobets Z. Features of the Imbalance in the Mass of Components of the Uterine-Vaginal Mucus of Cows Due to the Harmful Effects of Endogenous Factors. *Scientific Horizons*. 2022. 25, 3. P. 9–15. 11. Maksym'uk H., Stadnytska O., Vorobets M., Sedilo H., & Maksym'uk V. Imbalance of substance in uterine vaginal mucus in the early days of the estrous cycle. *Studia Biologica*. 2023. 17 (4). P. 73–84.

ВИЗНАЧЕННЯ ЙОНІВ ФЕРУМУ В СТИЧНИХ ТА ПРИРОДНИХ ВОДАХ ПОЛТАВСЬКОГО РЕГІОНУ

Куленко О.А., Стрижак С.В. (м. Полтава)

Куленко Р.А. (с. Грякове, Полтавська обл.)

Сучасній хімічній науці відомо достатньо фотоколориметричних методів аналізу йонів Fe^{2+} і Fe^{3+} . Оскільки йонам Fe^{2+} і Fe^{3+} притаманні хромофорні властивості, у більшості випадків використовують реагенти, які не містять

хромофорних груп: роданід калію, сульфосаліцилова кислота, О-фенантролін, α, α' -дипіридил. α, α' -дипіридил – це реагент, який належить до органічних основ і в кислому середовищі з йонами Fe^{2+} утворює комплексну сполуку червоного кольору. Цей реагент використовують для виявлення Феруму у стічних та природних водах. У використанні він вигідний тим, що його реакції з йонами Fe^{2+} не заважають визначенню йонів Купруму, Цинку, Кадмію, оскільки ці йони з α, α' -дипіридилом утворюють безбарвні або неінтенсивно забарвлені комплексні сполуки.

Вміст Феруму в ґрунтах коливається від 0,3 % до 2 %. За В.І.Вернадським, жива речовина містить біля 0,02 % Феруму. Залізо у вигляді розчинених сполук, колоїдів та суспензій надходить до поверхневих вод суші внаслідок хімічного вивітрювання гірських порід. Значні кількості сполук Феруму надходять також з підземним стоком та зі стічними водами підприємств. Вміст Феруму у поверхневих водах суші коливається від 0,01-2 мг/л. Улітку концентрація Феруму може досягати 2 мг/л і навіть більше. Це свідчить про зв'язування йонів Fe^{3+} у добре розчинні стійкі комплекси з органічними лігандами [2, 3]. У невеликих кількостях Ферум, як хімічний елемент, з його природними та специфічними властивостями відіграє значну роль у фізіологічних процесах. Але у великих кількостях Ферум токсичний. Тому на вміст Феруму в природних водах і питній воді встановлено гранично допустиму концентрацію.

Зупинимось на фотоколориметричному методі, який дає змогу з великою точністю визначити вміст Феруму у воді, одночасно дослідивши властивості його комплексних сполук. Проведення фотоколориметричного аналізу з врахуванням властивостей комплексних сполук, які утворюються в ході експерименту, є однією з причин, які визначають точність даного аналізу. А тому виникає необхідність у дослідженні властивостей комплексних сполук заліза, що утворюються при його кількісному визначенні.

Вміст Феруму в стічних та природних водах Полтавського регіону ми визначали реакцією взаємодії Феруму (II) з α, α' -дипіридиллом. Так як кольорові комплекси Феруму нестійкі в часі, то виникає необхідність проведення дослідження комплексів з α, α' -дипіридиллом на стійкість у часі. Для порівняння паралельно проведено дослідження стійкості комплексів Fe^{2+} з роданідом калію.

Таблиця 1

Стійкість комплексних сполук феруму з α, α' -дипіридиллом і роданідом калію в часі ($\text{C}(\text{Fe}^{2+}) - 2,0 \text{ мг/л}$, $\lambda = 520 \text{ нм}$)

№ п/п	Час (хвилини)	Оптична густина (D) комплексної сполуки Феруму з α, α' -дипіридиллом	Оптична густина (D) комплексної сполуки Феруму з роданідом калію
1.	2	0,515	0,654
2.	4	0,520	0,650
3.	10	0,525	0,655
4.	15	0,525	0,655
5.	25	0,520	0,650
6.	30	0,525	0,655
7.	35	0,525	0,655
8.	40	0,520	0,650
9.	50	0,525	0,645
10.	60	0,525	0,635
11.	70	0,525	0,630
12.	80	0,520	0,625
13.	90	0,525	0,620
14.	100	0,525	0,610
15.	110	0,525	0,600
16.	120	0,520	0,580

Як показали експериментальні дані через 10 хвилин після приготування розчинів досягається максимум світлопоглинання і далі в розчині (а) оптична густина практично не змінюється на протязі двох годин.

У розчині (б) практично незмінною є оптична густина на протязі 40 хвилин, а далі її значення зменшується. Це свідчить про нестійкість комплексних сполук заліза з роданід-йоном в часі (розчин б).

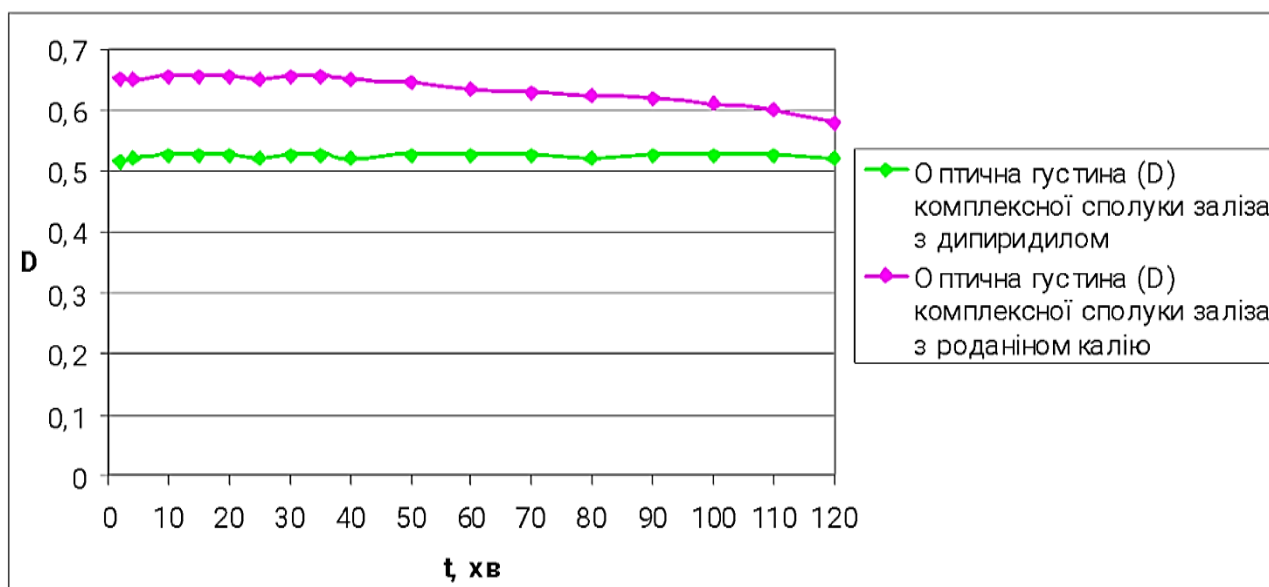


Рис. 1. Стійкість комплексних сполук феруму з α, α' -дипіридиллом і роданідом калію в часі ($C(Fe^{2+}) - 2,0$ мг/л).

Стійкість координаційних сполук заліза з реактивами α, α' -дипіридиллом залежить від рН середовища. Ми дослідили, яким чином впливає підлучення розчину солі Феруму з реактивом α, α' -дипіридиллом на значення оптичної густини. Для дослідження ми взяли розчин солі Феруму, що містить 2,0 мг/л, аскорбінову кислоту, реактив α, α' -дипіридил і змінювали значення рН від 2 до 9 розчином амоніаку.

Вимірювали оптичну густину при довжині хвилі $\lambda = 520 \pm 10$ нм. Оптичну густину вимірювали в інтервалі рН від 3 до 8. Як показують експериментальні дані максимум світлопоглинання лежить в межах значення рН = 4-5.

Таблиця 2

Вплив рН розчинів на стійкість комплексу солі Феруму (II) з α, α' -дипіридиллом ($C(Fe^{2+}) = 2,0$ мг/л, $\lambda = 520 \pm 10$ нм)

№ п/п	рН розчину	Оптична густина, D	
		$\tau = 5$ хв	$\tau = 10$ хв
1.	3,0	0,520	0,520
2.	4,0	0,525	0,525
3.	5,0	0,525	0,515
4.	6,0	0,515	0,510
5.	7,0	0,485	0,485
6.	8,0	0,470	0,465

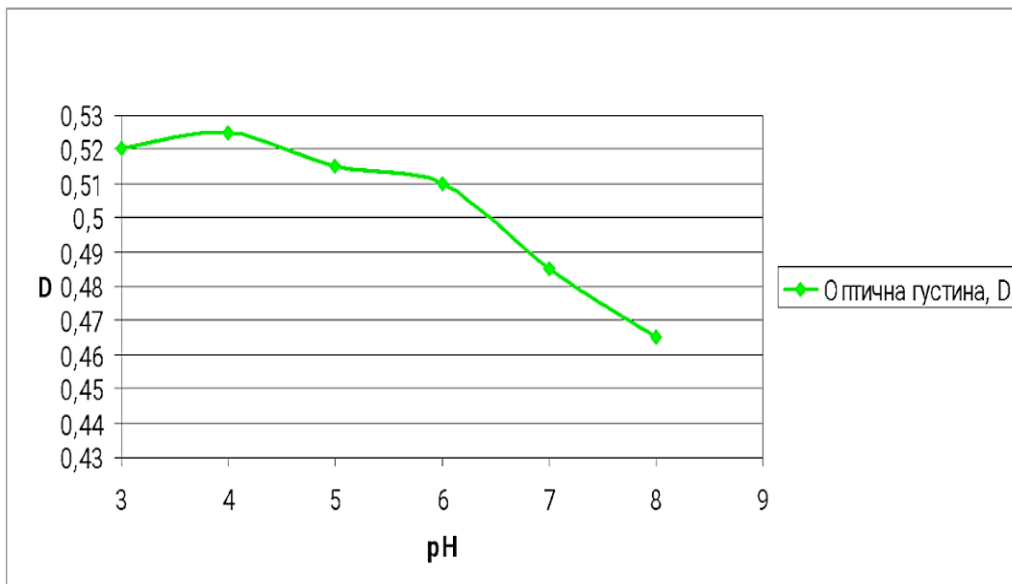


Рис.2. Залежність оптичної густини комплексної сполуки заліза з α, α' -дипіридиллом від рН розчину ($C_{Fe} = 0,5$ мг/л).

При $pH < 3$ забарвлення зникає, тобто комплексна сполука заліза (II) з α, α' -дипіридиллом не утворюється. Ураховуючи дані літературних джерел, які свідчать, що в природних водах вміст Феруму коливається в межах 0,1 - 0,5 мг/л, а стічні води можуть містити і більше Феруму (до 5 мг/л) ми готували серію стандартних розчинів з вмістом Феруму від 0,05 мг/л до 2 мг/л. До складу

розчинів, крім солі Феруму також входили такі складові: аскорбінова кислота, реагент α , α' -дипіридил і амоніак до рН = 3-4. Проводили 4-кратні заміри на протязі 5-7 хвилин і брали середнє значення D. За цими даними побудовано калібрувальний графік, де на осі абсцис відкладено концентрацію Феруму, а на осі ординат – це середнє значення відповідної оптичної густини [1, 4].

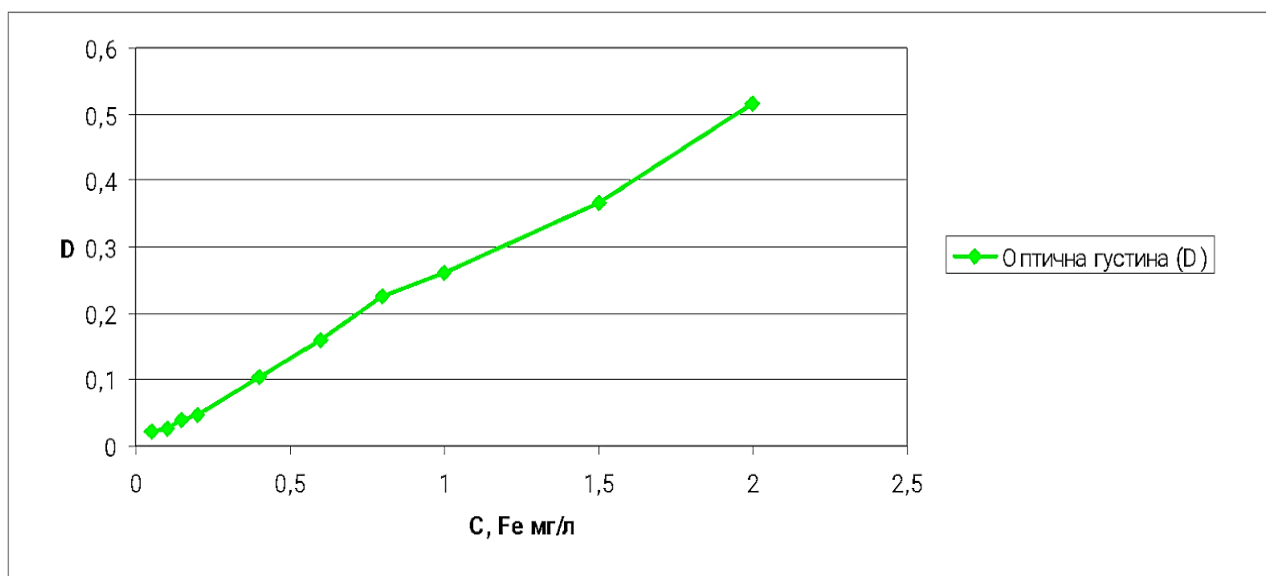


Рис. 3. Залежність оптичної густини комплексної сполуки заліза з α , α' -дипіридиллом від концентрації феруму у розчині (рН = 3-4, $\lambda = 520 \pm 10$ нм).

У ході дослідження проведено хімічний експеримент, метою якого було вдосконалення практичних навичок фотокolorиметричного визначення йонів Феруму, шляхом дослідження комплексної сполуки Феруму з α , α' -дипіридиллом. Хімічний експеримент з дослідження комплексних сполук дав наступні результати:

- аналіз йонів Феруму у стічних і природних водах з використанням α , α' -дипіридилу є найбільш перспективним, оскільки цей реагент є практично специфічним по відношенню до металу;
- з'ясовано, що максимум світлопоглинання розчину цієї сполуки спостерігається при довжині хвилі 520 ± 10 нм (зелений світлофільтр);

- встановлено, що розчин комплексу Ферум (II) з α , α' -дипіридиллом стійкий в часі, оптична густина розчину практично незмінна в інтервалі часу з 5 до 120 хвилин з моменту приготування розчину;
- із експериментальних даних слідує, що максимум світлопоглинання даного комплексу лежить в межах рН = 3–5, таким чином, зазначений інтервал значення рН ми рекомендуємо для визначення йонів Fe^{2+} з α , α' -дипіридиллом;
- на основі отриманих даних були побудовані калібрувальні графіки, що відображають відповідні залежності;
- одержані дані щодо вмісту йонів Феруму в природних водах були піддані математичній обробці вони показали, що відхилення складають лише $\pm 0,041$ %.

Таким чином, врахування отриманих нами результатів дасть можливість з високою точністю встановити вміст йонів Феруму у біологічних об'єктах, зокрема у стічних та природних водах, фотоколориметричним методом з використанням α , α' -дипіридилу.

Список використаних джерел:

1. Гаркович О.Л., Джурка Г.Ф. *Основи фізико-хімічних методів аналізу*. – Полтава, 2001. – 120 с.
2. Гуменюк Г.Б. *Порівняльна характеристика розподілу важких металів у гідроекосистемах різного типу* / Г.Б. Гуменюк // *Наукові записки ТНПУ ім. В. Гнатюка. Серія: Біологія. Спец. вип.: Гідроекологія*. 2010. № 2 (43). С.139 – 148.
3. Коваль В. В., Кучерявий С.О. Фесенко О.Г. *Динаміка забруднення вод сільськогосподарського призначення важкими металами* // *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2014. С. 58 – 62.
4. ДСТУ ISO 5667-6:2009 *Якість води. Відбирання проб. Частина 6. Настанови щодо відбирання проб з річок і струмків (ISO 5667-6:2005, IDT) [Чинний від 01.07.2011]*. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2012. - 22. с.

ПРАЙМІНГ НАСІННЯ СОЇ – БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ МЕТОД

Бєй К.С., Сахно Т.В. (м. Полтава)

Праймінг (передпосівна обробка насіння) – розглядають як ефективний екологічний та біотехнологічний метод, який сприяє підвищенню

життєздатності та стійкості насіння, урожайності, а також покращення проростків та рослин у подальшому [1, 2]. Ключовими аспектами праймінгу є тривалість обробки насіння перед посівом, характер використаних речовин для обробки, та рівень вологості насіння, який підтримують шляхом висушування. Насіння піддається контрольованим умовам, які сприяють складним фізико-біохімічним і молекулярним змінам, надаючи специфічну стресостійкість наступним умовам проростання та росту. Задля пришвидшення та посилення захисних реакцій рослин використовують праймування, що належить саме до первинних стресів [3].

Існують різні методи праймінгу: гідропраймінг, осмопраймінг, галопраймінг, праймінг твердої матриці, біопраймінг, хіміопраймінг, термопраймінг, гормонопраймінг, нанопраймінг та фізичні методи [4]. Технологія гідропраймінгу для гречки [5] та УФ-С праймінгу картоплі, моркви [6], пшениці [7], віки [8] раніше нами вже використовувалася.

Соя (*Glycine max L. Merr.*) відома своїм різноспрямованим застосуванням завдяки вмісту високого рівня білку, деяких цінних амінокислот та жирів, які мають важливе значення для організму людини. Білковий склад сої робить її цінним джерелом харчових речовин, особливо для вегетаріанців та осіб з дієтою, де важливе відновлення білків та жирів.

Здатність зв'язувати атмосферний азот є цінною властивістю бобових, у тому числі сої, і сам процес є корисним як для цієї рослини (вирощування рослин сої не потребує великих доз азоту), так і для наступних культур [9]. Шляхом утворення ефективних симбіозів з бульбочковими бактеріями, до 80% біологічного азоту в них фіксується через процеси бобово-ризобіальних симбіозів. Запуск бобово-ризобіальної взаємодії значно покращується за допомогою інокуляції біо-препаратами, що містять ефективні штами ризобій, на насіння бобових. Інокуляція біопрепаратами, які містять ефективні штами ризобій, на насіння бобових культур є ефективним способом покращення

бобово-ризобіальної взаємодії та забезпечення оптимального фіксування азоту.

До таких біопрепаратів відносяться:

- ризобіальні препарати - містять живі культури ризобій, які є специфічними для певних видів бобових культур, таких як соя, горох, чорниця тощо. Ці препарати стимулюють формування бактерійних вузлів на коренях рослин, що сприяє фіксації азоту з атмосфери;
- мікоризні препарати: містять гриби мікоризи, які утворюють симбіотичні взаємовідносини з коренями рослин, полегшуючи їм доступ до води та поживних речовин;
- комбіновані біопрепарати - поєднують у собі ризобійні культури та гриби мікоризи для комплексного покращення росту, розвитку та фіксації азоту у бобових культурах.

Використання таких біопрепаратів сприяє підвищенню врожайності бобових, покращенню їхнього живлення та здоров'я, а також зменшенню використання азотних добрив, що робить цей метод біопраймінгу екологічно стійким та ефективним для сільськогосподарського виробництва.

У роботі [10] досліджені стандартний торф'яний препарат Ризобофіт та новий торф'яний препарат комплексної дії Ризогумін. Так, під час інокуляції насіння сої відмічали збільшення кількості корневих бульбочок на 29,8 %, маси бульбочок – на 38,9 % та їх азотфіксувальної активності – на 42,9 %. Отримані результати слугують гарним прикладом та ефектом біопраймінгу. Екологічний метод - біопраймінг поєднує біологічний (інокуляція насіння захисними організмами) та фізіологічний (зволоження насіння) компоненти боротьби з хворобами та негативними факторами навколишнього середовища [11]. Зазвичай він відноситься до використання корисних мікроорганізмів, зокрема бактерій, що стимулюють ріст рослин (*Plant growth promoting rhizobacteria-PGPR*), здатних виживати в різних суворих умовах навколишнього середовища. Вже доведено, що використання мікробних

інокулянтів з бактеріями, що стимулюють ріст рослин (PGPB), може підвищити врожайність на 12–20% та підвищує стійкість рослин і ефективність у несприятливих умовах [12]. Дослідження Аніс та ін. [13] засвідчили той факт, що праймування сої штамами PGPR сприяла посиленню росту та розвитку рослин, даної культури їх бульбочкоутворення та азотфіксації, що позначалось на значному підвищенні врожайності.

Основною перевагою бобових рослин є здатність до самозабезпечення атмосферним азотом шляхом симбіозу з бактерією *Bradyrhizobium japonicum*. Вирішивши це перевірити, було проведено лабораторне дослідження. Під час якого досліджували вплив біопрепарату «Nitrofix» на основі живих клітин *Bradyrhizobium japonicum* в двох концентраціях: перша – стандартна, друга – вдвічі більша. На 4-й день експерименту визначали енергію проростання. В порівнянні з контролем (94,4%) та гідропраймінгом (95,5%) вищу дружність проростання показало насіння оброблене препаратом «Nitrofix», стандартна концентрація–97,7%, більша концентрація–96,6% пророслого насіння сої. Такі ж результати були під час визначення схожості насіння.

На 14-й день було виконано біометричні виміри, які показали перевагу в довжині корінців та проростків саме у сої насіння якої було оброблене біопраймінгом, порівняно з контролем. Середня довжина корінців насіння обробленого препаратом з бактеріями (стандартна концентрація) більша на 2,4 % від насіння без обробки. Відповідно, середня довжина проростків більша за контроль на 12,4 %. Середня довжина корінців сої оброблених більшою концентрацією препарату відрізнялася від контролю на 3,5 %, проростків – 13,7 %.

Також встановлено позитивний вплив досліджуваних компонентів на формування маси коренів та проростків у цілому. Порівняно з контролем, насіння оброблене стандартною концентрацією більше на 3,79 %, більшою концентрацією – на 4,6. Такий вплив можна пояснити симбіозом сої з ризобіями

і здатністю рослин самостійно фіксувати азот з повітря. А ми знаємо, що азот відіграє критичну роль у рості та розвитку сої. Він є ключовим компонентом амінокислот, які входять до складу білків. Білки є важливими будівельними блоками рослин, вони відповідають за ріст та розвиток тканин.

Дослідивши ефект біопрепарату можемо сказати: використання брадиризобій може допомогти зменшити потребу у хімічних добривах, оскільки рослини отримують азот з атмосфери через фіксацію азоту бактеріями.

Список використаних джерел:

1. Reddy P.P. *Biotechnological Approaches*. In: *Recent advances in crop protection*. Springer, New Delhi. 2012. P.61-81.
2. Бабенко Л.М., Мошинець О.В., Щербатюк М.М., Косаківська І.В. Ацилгомосеринлактони бактеріального походження у біотехнології праймування рослин: досягнення і перспективи використання в аграрному виробництві. *Фізіологія рослин і генетика*. 2016. Вип. 48. № 6. С. 463-474.
3. Shrestha, A. & Schikora, A. AHL-priming for enhanced resistance as a tool insustainable agriculture. *FEMS Microbiol Ecol*. 2020. Vol. 96. № 12. P. 226.
4. Garcia D., Zhao S., Arif S., Zhao Y., Ming L. C., Huang D. *Seed priming technology as a key strategy to increase crop plant production under adverse environmental conditions*. *Journal of Agriculture and Horticulture Research*. 2022. Vol.5. P. 27–46.
5. Ляшенко В.В., Сахно Т.В., Тригуб О.В., Семенов А.О. Фізіологічна реакція рослин сортів гречки посівної *Fagopyrum esculentum* Moench за умови різних режимів гідропраймінгу на ранніх етапах онтогенезу. *Вісник ПДАА*. 2022. № 2. С. 30–38.
6. Семенов А.О., Короткова І.В., Сахно Т.В., Маренич М.М. Використання агрономічного потенціалу УФ-С випромінювання для підвищення передпосівних якостей насіння моркви. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2019. Вип. 1(101). С. 47-52.
7. Semenov A., Korotkova I., Sakhno T., Marenych M., Hanhur V., Liashenko V., & Kaminsky V. *Effect of UV-C radiation on basic indices of growth process of winter wheat (Triticum aestivum L.) seeds in pre-sowing treatment*. *Acta agriculturae Slovenica*. 2020. Vol. 116/1. P. 49–58.
8. Semenov A., Sakhno T., Hordieieva O., & Sakhno Y. *Pre-sowing treatment of vetch hairy seeds, vicia villosa using ultraviolet irradiation*. *Global Journal of Environmental Science and Management*. 2021. Vol.7 (4). P. 555–564.
9. Zou, H., Zhang, N.-N., Pan, Q., Zhang, J.-H., Chen, J., Wei, G.-H. *Hydrogen sulfide promotes nodulation and nitrogen fixation in soybean—Rhizobia symbiotic system*. *Mol. Plant Microbe Interact*. 2019. Vol. 32. P. 972–985.
10. Комок М. С. Фізіологічно активні речовини як фактор активізації азотфіксувальних симбіозів та азотного обміну сої. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2011. Вип. 14. С. 49-63.
11. Yadav A., Yadav A., Kumar S., Kumar P., Yadav G., Pratap R. *Bio-priming of Seeds -A Novel Method of Seed Treatment*. In book: *Compendium of Seed Science and Technology*. India. 2022. Vol. 1. P. 175-186.
12. Fiodor A., Ajijah A., Dziewit L., Pranaw K. *Bioprimering of seed with plant growth-promoting bacteria for improved germination and seedling growth*. *Frontiers in Microbiology*. 2023. Vol. 14. P. 1-15.
13. Anees, M., Shahzad, S. M., Imran, A., Ali, S., & Hussain, S. *Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) improve growth, nodulation, nitrogen fixation and yield of soybean under humid subtropical conditions*. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2019. Vol. 135. P. 259-267.

ТЕХНОЛОГІЯ МІКРОБНОГО СИНТЕЗУ ПЕНІЦИЛІНУ

Тітаренко О. В., Киричко О. Б. (м. Полтава)

Мікробний синтез – це спосіб отримання різних хімічних сполук і цільових продуктів в результаті життєдіяльності мікроорганізмів. Під час мікробного синтезу в результаті функціонування ферментних систем мікробної клітини складні речовини утворюються з більш простих речовин [1].

На відміну від мікробіологічного синтезу, в результаті процесу бродіння також утворюються різні продукти обміну речовин мікроорганізмів, зокрема, спирти та органічні кислоти, але переважно в результаті ферментативного розпаду органічних речовин [1]. Отримання цільових продуктів мікробіологічного синтезу у промислових масштабах базується на здатності мікроорганізмів, зокрема бактерій і дріжджів, дуже швидко розмножуватися та надмірно (з перевищенням потреб мікробної клітини) утворювати продукти їхнього обміну речовин, такі як вітаміни, амінокислоти та інші [1].

Одними з найбільш важливих продуктів мікробного синтезу є антибіотики, зокрема пеніцилін [1]. Утворення антибіотиків є спадково закріпленою особливістю метаболізму організмів [1]. Антибіотики є вторинними метаболітами мікроорганізмів [2]. Пеніцилін має високий терапевтичний індекс, тому що він, як правило, не впливає на клітини організму, на відміну від багатьох інших антибіотиків [2]. Промислове отримання антибіотиків здійснюється шляхом ферментації вихідними мікроорганізмами, які вирощують у рідких живильних середовищах у великих ємностях об'ємом 100000 – 150000 літрів і більше [2]. Раніше пеніцилін отримували методом поверхневого культивування, а зараз - методом глибинного культивування. Більшість пеніцилінів виготовляють у вигляді натрієвих або калієвих солей [1]. В якості продуцента пеніциліну широко використовують культури мікроскопічного гриба *Penicillium chrisogenum* [1].

Для кожного мікроорганізма-продуцента розробляють оптимальне живильне середовище, яке повинно відповідати певним вимогам, зокрема складатися з відносно дешевих компонентів; забезпечувати максимальний вихід цільового продукту; легко фільтруватися; забезпечувати застосування найбільш економічних прийомів виділення й очищення антибіотиків [1]. Повинні бути оптимальними, ретельно контролюватися і коригуватися при необхідності концентрація кисню, температура, рН і вміст поживних речовин [2]. Через те, що антибіотики є вторинними метаболітами, потрібно також дуже ретельно контролювати чисельність популяції мікроорганізмів, щоб забезпечити отримання максимальної біомаси до того, як відбудеться загибель клітин [2].

Для промислового виробництва пеніциліну використовують середовище, що містить кукурудзяний екстракт, гідрол, лактозу і мінеральні солі. Замість кукурудзяного екстракту можна використовувати арахісове борошно, висівки, борошно із бавовняного насіння та інші джерела поживних речовин [1]. Можливість широкого використання продуктів рослинного походження обумовлена тим, що продуцент має досить активні протеолітичні ферменти [1]. В якості джерела вуглеводів часто використовують цукрозу або суміш лактози із глюкозою у співвідношенні 1:1. Глюкоза може знижувати біосинтез антибіотика. На середовищах, що містять лактозу або цукрозу, біосинтез антибіотика відбувається більш активно [1].

Важливу роль в процесі біосинтезу пеніциліну відіграє сірка, що міститься в структурі антибіотика. В якості джерела сірки використовують сульфат натрію або тіосульфат натрію [1]. Надлишок іонів міді не впливає на ріст гриба, але пригнічує синтез пеніциліну. Пригнічення біосинтезу зникає при додаванні іонів заліза [1]. В якості джерела фосфору продуцент може використовувати не лише фосфати, але й фітати (солі інозитфосфорних кислот): *Penicillium chrisogenum* містить фермент, що руйнує фітин з вивільненням

неорганічного фосфору. В посівних ферментерах міцелій вирощують 12–18 год, 12–15% об'єму культуральної рідини використовують для початку основної ферментації [1].

Поживне середовище для вирощування міцелію *Penicillium chrysogenum* і біосинтезу пеніциліну готують зазвичай із кукурудзяного екстракту, лактози, глюкози, мінеральних речовин і попередників антибіотиків - декількох препаратів фенілоцтової кислоти. Речовини-попередники мікроорганізм включає в молекулу антибіотика без попереднього розщеплення [1].

Для отримання пеніциліну спочатку розмножують спори. Їх можна вирощувати на агаризованих середовищах за температури 25–27°C протягом 4–5 діб. В промисловості спори часто отримують, вирощуючи міцелій в скляних флаконах на просяному середовищі [1]. Перша стадія процесу біосинтезу пеніциліну – це вирощування стандартних колоній штамів гриба *Penicillium chrysogenum* в інокуляторах на поживному середовищі, де процес триває близько 30 годин [1]. Підготовлений інокулят переносять у посівний апарат зі стерильним поживним середовищем. Об'єм посівного апарату повинен бути майже в 10 раз більше об'єму інокулятора [1]. Процес росту продуцента у посівному апараті триває біля 15-20 годин, а потім посівний матеріал подається на ферментацію в більші реактори – ферментери [1]. Процес ферментації триває біля 70 годин за температури 23–24°C, рН середовища 6–6,5 та за інтенсивної аерації (1 одиниці об'єму повітря за 1 хвилину на 1 одиницю об'єму середовища) [1]. Ферментацію припиняють, коли кількість пеніциліну досягає максимуму [1]. Більшість продуцентів антибіотика виділяють його у водну фазу, тому процес виділення починають з розділення твердої й рідкої фаз [1]. Антибіотик потрібно екстрагувати і очистити до кристалічного продукту [2]. Якщо антибіотик розчиняється в органічному розчиннику, то цього досягти простіше. В іншому випадку його потрібно спочатку виділити способом іонного обміну, адсорбцією або хімічним осадженням [2]. Після виділення та

хімічного очищення антибіотик висушують різними способами, зокрема шляхом ліофілізації [1]. Готовий антибіотик повинен пройти ретельний біологічний та фармакологічний контроль [1].

Список використаних джерел:

1. Лихач А. В. Промислова біотехнологія. Миколаїв, 2016. 116 с. 2. Промислове виробництво антибіотиків.

**ПЕРЕРОБКА ШТОРМОВИХ ВИКИДІВ МОРСЬКОЇ ТРАВИ РОДИНИ
ZOSTERACEAE З ПОДАЛЬШИМ ВИКОРИСТАННЯМ ЇХ У РІЗНИХ
ГАЛУЗЯХ ПРОМИСЛОВОСТІ**

Кустовська А.Д., Шипілова А.Ю. (м. Київ)

Щорічно в період штормів та у природній листопад (у період червень – вересень) макрофітів на узбережжі Чорного та Азовського морів утворюються масові скупчення морської трави зостери, що припадає саме на курортний сезон та здебільшого наносить дискомфорт відпочивальникам. Саме тому з точки зору наявної сировини та її достатньо великої кількості гостро постає питання у її переробці та використанні в промислових цілях.

Згідно даних «The Catalogue of Life» географічне поширення морської трави роду *Zostera marina* L. спостерігається на північному-заході Європи, північних частинах США та Канади, а також біля берегів Південної та Північної Кореї, Японії. Щодо території України то як бачимо на рисунку 1 значна частина морської трави зосереджена у басейнах Чорного та Азовського морів, а також біля берегів Кримського півострову [1].

Штормові викиди зостери знайшли своє застосування в якості набивних матеріалів для матраців та м'яких меблів, а також в якості екологічно чистого утеплювача у будівельній галузі. Однак з біологічної точки зору морська трава багата на клітковину, морський пектин (зостерин), поліфенольні сполуки та інші речовини. Їх вміст та кількість на пряму залежить від періоду збору трави та її

життєвого циклу. Згідно експериментальних даних найбільший вихід пектину зостерину спостерігається у зразків зібраних в період липень- серпень. Тоді як піки концентрацій фенольних сполук були встановлені у червні та листопаді [2], що пояснюється початковими та кінцевими стадіями розвитку листя макрофіта.

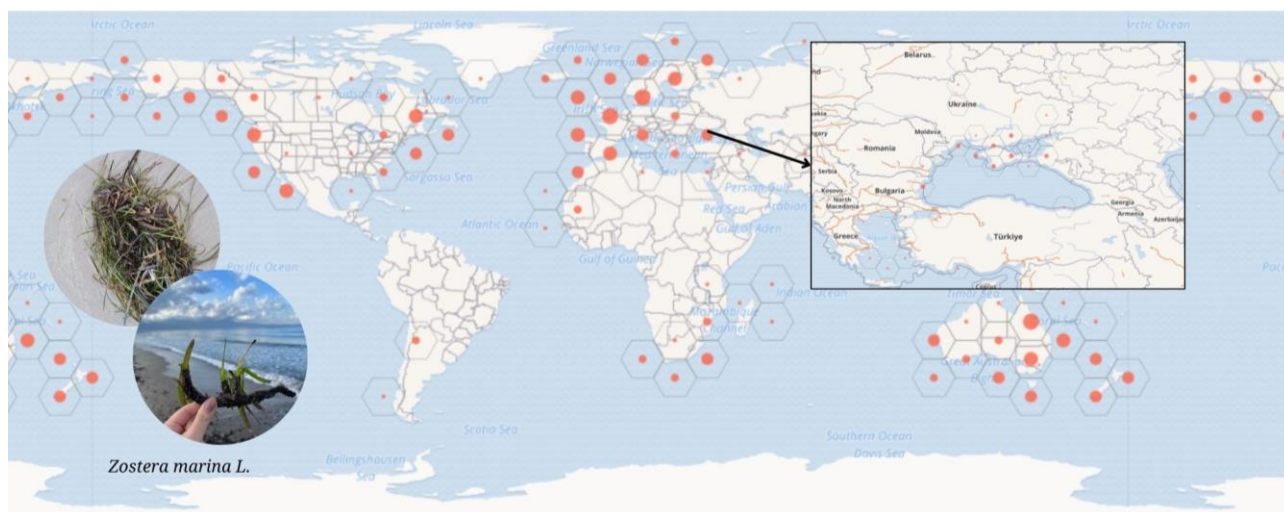


Рис. 1. Географічне поширення морської трави роду *Zostera marina L.*

На відміну від переробки біомаси свіжозібраних макрофітів або ж інших трав'янистих рослин переробка штормових викидів має ряд складнощів. Як правило морські трави що викидаються на узбережжя під час шторму сплутані між собою у вузли, забруднені піском, морськими тваринами (медузи, риби, краби та інші) та різноманітними видами водоростей. З часом це викликає процес гниття водоростей та погіршує якість сировини для подальшої її переробки. Саме тому доцільним є збір «врожаю» морської трави одразу після штормових викидів, очистка від механічних забруднень, промивка прісною водою та висушування на відкритому повітрі протягом 6 годин. Після цього висушену зостеру збирають та переводять у склад на зберігання до початку подальшої переробки.

Попередня заготівля сировини дасть змогу накопичувати необхідну кількість морської трави, а також отримувати цінні продукти переробки та застосовувати їх у промислових потребах без урахування сезонності та вмісту БАР у вхідній сировині. Це можна досягнути застосувавши комплексну схему переробки морської трави роду *Zostera marina* L., що буде включати в себе попередню заготівлю сировини та її подальше перероблення у продукти виробництва.

Список використаних джерел:

1. Bánki, O., Roskov, Y., Döring, M., Ower, G., Hernández Robles, D. R., Plata Corredor, C. A., Stjernegaard Jeppesen, T., Örn, A., Vandepitte, L., Hobern, D., Schalk, P., DeWalt, R. E., Ma, K., Miller, J., Orrell, T., Aalbu, R., Abbott, J., Adlard, R., Aedo, C., et al. (2024). Catalogue of Life Checklist (Version 2024-03-26). Catalogue of Life. <https://doi.org/10.48580/dfz8d>
2. Li Y, R L, Scarpato S, Çiçek S S, Jordheim M, Stenclov T, Strnad M, Mangoni A, Zidorn C, Felipe (2022). Seasonal variation of phenolic compounds in *Zostera marina* (Zosteraceae) from the Baltic Sea. Plazi.org taxonomic treatments database. Checklist dataset <https://doi.org/10.15468/qwk2zz> accessed via GBIF.org on 2024-05-09.
3. Grignon-Dubois, M., Rezzonico, B., (2023) Phenolic chemistry of the seagrass *Zostera marina* Linnaeus: First assessment of geographic variability among populations on a broad spatial scale *Phytochemistry* Volume 213, September 2023. Інтернет ресурс: <https://www.sciencedirect.com/journal/phytochemistry/vol/213/suppl/C>

ВИРОБНИЦТВО ОДНОРІДНИХ КОРМОСУМІШЕЙ - ЗАПОРУКА ЗДОРОВИХ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ ДЛЯ ЛЮДЕЙ

Крикунова В.Ю., Боса Ж.О., (м. Полтава)

Виробництво кормосумішей залишається основною ланкою у розвитку агропромислового комплексу в Україні. Комбікормова промисловість є найважливішою галуззю народного господарства всіх розвинених країн і відіграє важливу роль у створенні міцної кормової бази для сучасного тваринництва та птахівництва. Основне призначення підприємств кормовиробництва – це виготовлення таких якісних сумішей, які змогли б забезпечити повністю тварин поживними речовинами, гарантувати їх збереження, зростання, розвиток та продуктивність. У цьому разі присутнє і повне виконання науково-обґрунтованих норм поживності, забезпечення

санітарної чистоти та безпечності кормосумішей, годування тварин та птиці будь-якого віку та з початку самого народження.

Якість кормів, збалансованість раціонів стоять на першому місці, оскільки частка впливу кормового чинника на продуктивність тварин становить 60-70%, генетичного чинника – 25-30% і близько 10% - умови утримання.

Вітаміни, мікроелементи є життєво важливими і необхідними речовинами для задоволення потреб та розвитку тварин і птиці. Часто їх вводять у комбіорма у вигляді синтетичних препаратів як премікси, які є складними однорідними сумішами біологічно активних речовин (БАР - вітамінів, мікро - та макроелементів, амінокислот, ферментів, лікувальних та інших препаратів); характеризуються високою дисперсністю часток, що дозволяє при малих дозах введення забезпечити рівномірний розподіл і гарантувати присутність їх у кожному одиничному об'ємі преміксу. Розмір часток БАР не повинна перевищувати 250 мкм, а масова частка - від 2 до 30%.

Важливим показником якості виготовлення преміксу є однорідність складу, що безпосередньо впливає на ефективність його використання при збагаченні комбікормів. Зазвичай виробники комбікормової продукції різних країн для отримання даних щодо якості змішування компонентів використовують результати визначення так званих індикаторів чи трейсерів (МТ) [6]. До них можна віднести хлориди, наприклад, хлористий натрій, а також сполуки фосфору, кальцію, марганцю та кобальту, а також вітаміни, амінокислоти, лікарські препарати [9 -11].

Натрій і хлориди можуть додаватися в корми з іншими компонентами, що не дає достовірної оцінки результатам. Мінерали та амінокислоти теж широко використовуються для визначення якості змішування, проте застосування їх потребує дорогих приладів та обладнання з затратною досить тривалого часу.

На тепер все більшого поширення для оцінки якості змішування набуває використання феромагнітних мікротрейсерів (МТ), запатентованих та що виготовляються американською компанією Micro-Tracers Inc. (Сан-Франциско, США). До складу МТ входять частинки заліза або нержавіючої сталі (розмір від 150 до 350 мікрон), на поверхні яких адсорбовані харчові барвники різних кольорів. Феромагнітні трейсери запропоновано вводити в обладнання для змішування в якості однієї з мікродобавок при рекомендованому дозуванні 5-50 г на тонну комбікорму [7].

Однією з основних переваг МТ є те, що вони надходять лише з одного джерела, є мікрокомпонентами; для їх визначення застосовується аналітична процедура з відомою або фіксуючою точністю та похибкою; застосування дуже економічне. Аналітична помилка при визначенні МТ у кормосуміші може становити 2-3%.

Метою наших досліджень було: 1) обґрунтувати доцільність використання феромагнітних мікротрейсерів для оцінки однорідності преміксів з метою підвищення їх якості на Терешківському комбікормовому заводі; 2) ознайомитись з методикою, розробленою компанією Micro-Tracers Inc для визначення ступеню гомогенності кормосумішей згідно стандарту GMP+BA2; 3) дослідити ступінь однорідності комбікормової продукції з використанням банки Мейсона за пробами, взятих зі змішувача та фасовки на даному підприємстві; 4) надати статистичну оцінку ймовірності вилучення індикаторів зі кормосумішей.

Премікси виробляють згідно Держспоживстандарту України [1,2.] або за стандартною рецептурою, заявленою споживачем. Приводимо лінію виготовлення преміксів на ТОВ Терешківського комбікормового заводу [Технологічна документація виробництва], включає наступні операції: подача наповнювача; підготовка вітамінної суміші; підготовка мінеральної суміші;

подача макро- та мікрокомпонентів; дозування і змішування компонентів та передсумішей; затарювання, складування преміксів.

Як наповнювач преміксів використовували житні висівки, що застосовуються при виробленні преміксів для тварин. Висівки з корпусу борошністої сировини подають у корпус готової продукції, де їх затарювали у м'які контейнери МК-1,5Л. Далі контейнери з наддозаторного бункеру 1,2, зі змішувача 6, з бункеру-наповнювача 3 – всі ці макро- і мікроелементи, вітаміни передавали на лінію преміксів, де висівки вивантажували у бункер для приготування вітамінної та мінеральної суміші - 14 – змішувач А9-ДСГ- 5. Добавки в малих дозах, що не вимагають подрібнення (вітаміни, вуглекислий кобальт, калій йодистий зі стабілізатором), зважували вручну на настільних вагах 7 (2 кг на кожен порцію преміксу), потім всі компоненти змішували у горизонтальному змішувачі об'ємом 500 кг протягом 4-5 хвилин.

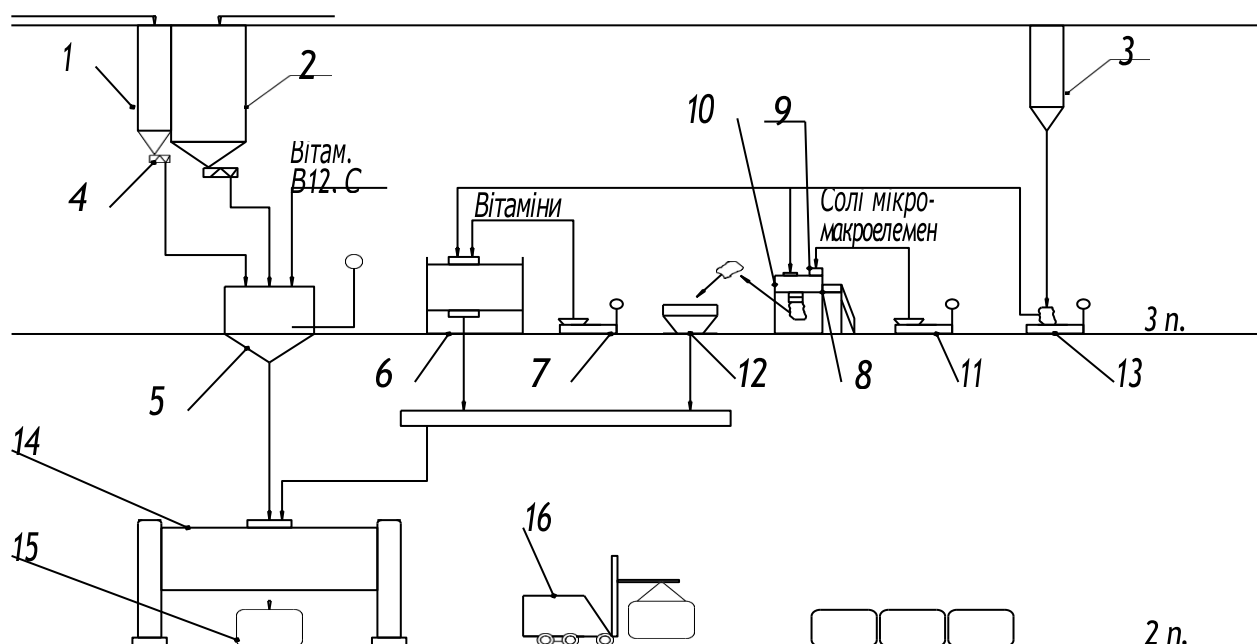


Рис. 1. Технологічна схема лінії виготовлення преміксів на ТОВ Терешківського комбикормового заводу: 1,2 – наддозаторні бункери для вітаміну В4 та наповнювача, 3 – бункер для наповнювача, 4 – живильник шнековий ПШ-200, 5 – ваговий дозатор 5ДК-200, 6 – змішувач на 50 кг, 7 – настільні ваги на 2 кг, 8 – установка, 9 – ножовий подрібнювач, 10 – змішувач на 50кг, 11, 13 – платформні ваги на 15 та 60 кг, 12 – завантажувальна вирва, 14 – змішувач А9-ДСГ- 5 на 500 кг, 15 – м'який контейнер МК-1,5Л, 16 – автотранспортувачі.

Результати дослідження. У нашому експерименті для оцінки однорідності змішування компонентів преміксу на ТОВ Терешківського комбикормового заводу на 500 кг було взято 5 г МТ, що відповідає точності змішування 1:100000. Експериментальну частину проводили за методикою «Micro Tracers, Inc., San Francisco. Були використані забарвлені частки МТ ("Microtraser Red #40"). Гомогенність преміксу визначали з використанням банки Мейсона, в кришку якої вмонтований керамічний магніт та фільтрувальний папір діаметром 7 см; висипали 70 г досліджуваного продукту - преміксу, струщували банку протягом 60 секунд; вилучали фільтрувальний папір з магнітної кришки, сприскували водно-спиртовим розчином; просушували фільтр, де й проявлявся індикатор у вигляді червоних п'ятен [3,6-8].

Оцінку якості змішування преміксу проводили на підставі статистики Пуасона з використанням значення χ^2 квадрат (табл. 1 і табл. 2). Приводимо як приклад розрахунків результатів дослідження у табл. 1,2. Знайдена кількість часток МТ в 10-9 зразках (у трьохразовому повторенні), виявилась досить близькою за значенням до середнього числа часток (44 та 64 відповідно). Проби взяті зі змішувача та фасовки за кількістю степенів свободи (n-1).

Таблиця 1

**Результати змішування мікротрейсерів у пробах, взятих із змішувача
(число степенів свободи (n-1), середнє значення**

Номер досліджуваного зразку	Кількість кольорових плям мікротрейсерів в (X)	Абсолютне значення (X-X _{ср})	(X-X _{ср}) ²	χ^2	Вірогідність вилучення (P), %
1	7	-3	9	89:10 = 9	P=44%
2	6	-4	16		
3	8	-2	4		
4	13	3	9		
5	14	4	16		

ПДАУ 2024

6	14	4	16		
7	13	3	9		
8	11	1	1		
9	10	0	0		
10	7	-3	9		
	Сума S = 103		Сума = 89		

Кількість зразків $n = 10$

Число степенів свободи $n - 1 = 9$

Сума МТ $S = 103$,

Середнє арифметичне значення (X_{cp}) $S:10 \approx 10$ (округлено)

Середнє арифметичне квадратів $89 : 10 = 8,9$

Корінь квадратний із $8,9 = 2,97$

Коефіцієнт варіації CV (в %) $2,97 : 10 = 0,297 \times 100\% \approx 30\%$

$\chi^2 = 89 : 10 = 8,9 \approx 9$

Вірогідність вилучення $\approx 44\%$

Таблиця 2

Результати змішування мікротрейсерів у пробах, взятих із фасовки (число степенів свободи – (n-1), середнє значення

№ зразку	Кількість кольорових плям мікротрейсерів (X)	Абсолютне значення ($X - X_{cp}$)	$(X - X_{cp})^2$	χ^2	Вірогідність вилучення (P), %
1	8	-5	25	79: 13 = 6,01	P=64%
2	10	-3	9		
3	12	-1	1		
4	16	3	9		
5	17	4	16		
6	13	0	0		
7	10	-3	9		
8	12	-1	1		
9	16	3	9		
	Сумма=114		Сумма = 79		

Кількість зразків $n = 9$

Число степенів свободи $n - 1 = 8$

Сума МТ $S = 114$

Середнє арифметичне значення (X_{cp}) $114 : 9 = 13$ (округлено)

Середнє арифметичне квадратів $79 : 9 = 8,8$

Корінь квадратний із $8,8 = 2,97$

Коефіцієнт варіації CV (в %) $2,97 : 13 * 100 \approx 23\%$

$$\chi^2 = 79 : 13 \approx 6,1 \approx 6$$

Вірогідність вилучення $\approx 64\%$

Залежно від величини вірогідності вилучення МТ прийнято виділяти три типи гомогенності отриманих сумішей: а) повне змішування (вірогідність понад 5%); б) проміжне (вірогідності 1-5%); в) неповне змішування (вірогідність нижче 1%) [4,8]. За результатами даних з таблиць 1 і 2, де спостерігалась вірогідність вилучення МТ $P=44\%$ і $P=64\%$ відповідно, можна зробити висновок про повне змішування компонентів преміксу, тобто його однорідність. Використання МТ може бути ефективним і в момент придбання обладнання, так як дозволить швидко визначити якість його роботи.

Отже, контроль за якістю змішування при виробленні різних кормосумішів з використанням мікротрейсерів є однією зі складових частин загальної системи контролю за виробництвом здорових харчових продуктів для людей.

Список використаних джерел:

1. ДСТУ 4687:2006 Комбікорми, премікси, вітамінні препарати, продукція птахівництва. Методи визначення вітамінів А, Е, В2 та каротиноїдів.
2. ДСТУ ISO 22000:2007 Системи управління безпекою харчових продуктів Вимоги до будь-яких організацій харчового ланцюга (ISO 22000:2005, IDT Київ ДЕРЖСПОЖИВСТАНДАРТ УКРАЇНИ 2007.
3. GMP+ Certification Scheme for the Animal Feed Sector 2006 (version: 20.10.'09/corr.09.11.'09), ANSI/ASAE S303.4 SEP2007.
4. Опара В. О. Визначення ступеня однорідності комбікормів у господарських умовах [Електронний ресурс] Вісник Сумського національного аграрного університету: СНАУ, 2015.– С. 125-128.
5. Єгоров Б. В. Особливості технології виробництва високооднорідних кормових добавок. *Зернові продукти і комбікорми*. 2014. № 2 (54). С. 37–40.
6. Sakhno T., Krykunova V., Sakhno Y. Barashkov N, Eisenberg D. Preparation of ferromagnetic liquid containing mixed iron oxide/manganese oxide nanoparticles and its use for mixer studies in liquids feeds // 7th International Conference Physics of Liquid Matter: Modern Problems, May 27–30. – 2016. – P.146.
7. Барашков Н.Н, Писаренко П.В., Крикунова В.Е, Сахно Т.В, Крикунов О.А Ферромагнітні мікротрейсери як індикатори якості однорідності комбікормів для животноводства і птицеводства//Зернові продукти і комбікорма. – 2016. – Vol.63/1.3. – С.34–40.
8. Evaluation of homogeneity in feed by method of Microtracers® / Đuragić O., Lević J., Sredanović S., Lević Lj. Arch. Zootechn. 12 (2009) 85–91.
9. Zinn R. A. A guide to feed mixing / Zinn R. A. University of California, Davis. 2000. – <http://animalscience.ucdavis.edu/faculty/zinn/pdf/04.pdf>.
10. Jolanta B. Krolczyk Homogeneity assessment of multi-element heterogeneous granular mixtures by using multivariate analysis of variance / Jolanta B. Krolczyk // Tehnički vjesnik 23, 2(2016), 383–388.
11. Ronald L. The ASA's Statement on p-Values: Context, Process, and The American Statistician / Ronald L., Wasserstein N., Lazar A. 2016,70:2. P. 129–133.

ПОРІВНЯННЯ КЛІТИННИХ ЕФЕКТІВ ГРАМІЦИДИНУ ПРИ ВИКОРИСТАННІ НАНОРОЗМІРНИХ НОСІЇВ ДЛЯ ДОСТАВКИ

Берест В.П., (м. Харків)

Структура, фізичні властивості та механізм дії антимікробних пептидних препаратів у центрі фундаментальних і прикладних досліджень останніх років. Одним з таких препаратів є граміцидін С – амфіфільний катіонний циклодекапептид. Він є ефективним антибіотиком, проте його застосовність обмежується місцевими інфекціями через сильну гемолітичну активність. Гемолітична активність препарату зумовлена його здатністю вбудовуватися в мембрану еритроциту після того, як позитивно заряджені бічні ланцюги залучаються до електростатичної взаємодії з негативно зарядженими ліпідами бактеріальної мембрани. Існує два можливих припущення щодо причин подальшого руйнування мембрани під дією граміцидину С: перше пов'язане зі швидкою і повною дезінтеграцією мембрани під дією препарату [1], друге говорить про те, що граміцидін С не утворює стабільних пор у ліпідному бішарі, а індукує різноманітні перехідні дефекти різного розміру, які погіршують бар'єрні властивості бішару для слабких електролітів [2].

Граміцидін С – антибактеріальний препарат, ефективний проти багатьох грампозитивних і грамнегативних бактерій, а також деяких грибків. Він є похідним граміцидину – речовини, що виділяється грампозитивною бактерією *Bacillus brevis*. Граміцидін С є циклодекапептидом, що складається з двох ідентичних пентапептидів, з'єднаних між головою і хвостом. Його формула записується як $\text{cyclo}(-\text{Val-Orn-Leu-D-Phe-Pro-})_2$ [1]. Граміцидін С утворює кільцеву структуру, що складається з п'яти різних амінокислот, кожна з яких двічі використовується в структурі. Структура стабілізується чотирма міжрядними водневими зв'язками між залишками лейцину і валіну і відображає C2-симетрію [4]. Іншою особливістю препарату є те, що до його складу входять дві амінокислоти, що рідко зустрічаються в пептидах: орнітин, а також

атиповий стереоізомер фенілаланіну. Молекула грамїцидіну С має дві позитивно заряджені аміногрупи залишків L-орнітіну. Інші амінокислоти, що входять до складу препарату, незаряджені. Шлях біосинтезу грамїцидіну С складається з двох ферментних нерибосомних пептидних синтаз: грамїцидін С синтетази I (GrsA) і грамїцидин С синтетази II (GrsB), які дають продукт у вигляді циклічного декапептиду. В рамках шляху біосинтезу можна виділити всього п'ять модулів, які специфічно розпізнають, активують і конденсують амінокислоти грамїцидіну С.

Грамїцидін С має важливі переваги перед багатьма іншими антибіотичними препаратами. По-перше, він відрізняється за хімічною структурою і механізмом дії від більшості широко використовуваних в медичній практиці антибактеріальних засобів, оскільки він є поліпептидом [3]. Механізм дії цього препарату пов'язаний із впливом на цитоплазматичну мембрану. Грамїцидін С не утворює дискретних, добре визначених, каналоподібних структур у фосфоліпідному бішарі, як грамїцидін А, а, скоріше, індукує широкий спектр дефектів різного розміру, які ставлять під загрозу бар'єрні властивості цитоплазматичної мембрани для малих електролітів [2]. Ці дефекти призводять до осмотичної нестійкості клітини, порушенню проникності мембрани з подальшим її руйнуванням і виходу з клітини внутрішньоклітинного вмісту [4].

Пошкодження клітинної мембрани викликані грамїцидіном С настільки серйозні, що порушують функціонування локалізованих на ній ферментів енергетичного обміну. Такі властивості грамїцидіну С як катіонний заряд, амфифільні властивості і структура у вигляді бета-листа відповідають за специфічну взаємодію цього пептиду з біліпідним шаром [5].

Однією з ключових ознак здатності грамїцидіну С руйнувати клітинні мембрани є його детергентоподібна вторинна структура, що має амінокислотні залишки з позитивно зарядженими бічними ланцюгами, розташованими з

одного боку молекули, та доповнена залишками з гідрофобними бічними ланцюгами на протилежному боці молекули [6]. Позитивно заряджені бічні ланцюги залучаються до електростатичної взаємодії з негативно зарядженими ліпідами бактеріальної мембрани, а потім препарат входить у ліпідний бішар для максимізації гідрофобних взаємодій. Вбудовування катіонного поліпептиду, такого як граміцидін С, в бактеріальний ліпідний бішар, супроводжується стоншенням мембрани [8].

Взаємодія граміцидину С з мембранами еритроцитів відбувається наступним чином, позитивно заряджені бічні ланцюги молекули граміцидину С взаємодіють з негативно зарядженими структурами на поверхні еритроцитарної мембрани. Після цього препарат входить у ліпідний бішар, таким чином гідрофобні амінокислоти пептиду контактують із гідрофобними хвостами мембранних фосfolіпідів [7,8]. Проникнення катіонного пептиду у мембрану призводить до її дестабілізації та подальшого розриву.

Ліпосоми є зручною моделлю для доставки фармацевтичних препаратів до мембран-мішеней. Мембранотропні клітинні ефекти антибіотика, доданого з водного середовища, та перерозподіленого з ліпосом будуть відрізнятися. Додавання граміцидину С до розчину ліпосом з дипальмітоїлфосфатидилхоліну знижує температуру фазового переходу ліпідів на 2-5°C залежно від співвідношення ліпосом та граміцидину.

В експерименті використовували еритроцити крові здорових донорів та щурів. Зразки крові були стабілізовані в розчині гепарину. Суспензію еритроцитів отримували шляхом триразового центрифугування в фізіологічному розчині, швидкість обертання центрифуги складала 1500 об/хв. Відмиті у такий спосіб червоні кров'яні клітини розбавляли фізіологічним розчином у відношенні 1:4. Використовувались ліпосоми з дипальмітоїлфосфатидилхоліну, отримані шляхом багаторазової екструзії. Площа перерізу дипальмітоїлфосфатидилхоліну $S_1=0,48 \text{ нм}^2$ (гель-фаза,

кімнатна температура), $S_2=0,65 \text{ нм}^2$ (рідкокристалічна фаза, температура вище 42°C). Концентрація: в 1 мл $4,6 \cdot 10^{13}$ ліпосом. В одній ліпосомі $1,3 \cdot 10^5$ ліпідів. Площа бішару з 10^{-5} моль молекул ДПФХ складає $1,44 \cdot 10^{18}$ нм.

Досліджено вплив граміцидину С у водному розчині та комплексів антибіотику з ліпосомами на швидкість кислотного гемолізу за різного часу інкубації червоних кров'яних клітин з граміцидином С – 0, 15, 30, 60, 75, 90 та 120 хв. В експерименті використовувався спиртовий розчин граміцидину С концентрацією 10 мг/мл. Кінцева концентрація граміцидину у розчині з еритроцитами становила 0,13 мг/мл.

Дослідження фізичних властивостей еритроцитів крові здійснювалося фотоелектроколориметричним методом на довжині хвилі 920 нм. Даний діапазон дослідження повністю виключає ефекти поглинання світла суспензією досліджуваних клітин і базується на ефекті світлорозсіювання клітинною поверхнею. Зміна оптичних властивостей суспензії еритроцитів в процесі гемолізу відбувається за рахунок зменшення загальної площі поверхні клітин, що розсіює, у результаті руйнування плазматичних мембран клітин. Оптичне пропускання зразка в вибраному діапазоні довжин хвиль прямо пропорційне концентрації клітин, а швидкість зменшення величини оптичного пропускання пропорційна швидкості гемолізу еритроцитів. Швидкість гемолізу еритроцитів визначається як тангенс кута нахилу залежності величини оптичного пропускання від часу.

У даній роботі досліджувався вплив антимікробного пептиду на фізичні властивості плазматичних мембран еритроцитів донорської крові. За експериментальними гістограмами розподілу еритроцитів за об'ємом, отриманих при різних значеннях струму, будували вольт-амперні характеристики суспензії еритроцитів. Отримані вольт-амперні характеристики клітин крові використовувались з метою оцінки величини потенціалу пробною плазматичних мембран клітин.

Встановлені величини потенціалів пробою мембран еритроцитів (90 ± 15 мВ) контрольного вимірювання добре узгоджуються із даними літератури [7]. Не виявлено достовірних змін електромеханічної стабільності мембран еритроцитів за умов їх інкубації в різні інтервали часу з граміцидіном С в концентрації 0,13 мг/мл. Досліджувані концентрації граміцидіну не спричиняють порушення бар'єрних функцій плазматичних мембран еритроцитів за даного часу інкубації.

Для виявлення впливу ліпосомальних комплексів на параметри гемолізу еритроцитів розчин ліпосом з діпальмітілхосфатидилхоліну у різних кількостях додавали до донорських еритроцитів у фізіологічному розчині перед тим, як індукувати кислотний гемоліз. Параметри кислотної резистентності еритроцитів вказують на зменшення часу максимального гемолізу в 8 разів та зростання швидкості гемолізу в 5 разів при збільшенні гемолітичної концентрації граміцидіну в комплексі з ліпосомами від 25 мкг/мл до 75 мкг/мл.

Застосування комплексів ліпосомального граміцидіну в концентраціях 25 мкг/мл – 75 мкг/мл спричиняє гемолітичну лабільності та порушення бар'єрних функцій плазматичних мембран еритроцитів.

Список використаних джерел:

1. S.Semrau, M.W.L.Monster, M. van der Knaap, B.I.Florea, T.Schmidt, M.Overhand. *Membrane lysis by gramicidin S visualized in red blood cells and giant vesicles Biochim Biophys Acta.* (2010); 1798(11): 2033-9.
2. Md. Ashrafuzzaman, O.S. Andersen, R.N. McElhaney *The antimicrobial peptide gramicidin S permeabilizes phospholipid bilayer membranes without forming discrete ion channels. Biochim. Biophys. Acta,* 1778 (0) (2008), pp. 2814-2822.
3. E.J. Prenner, R.N. Lewis, R.N. McElhaney *The interaction of the antimicrobial peptide gramicidin S with lipid bilayer model and biological membranes. Biochim Biophys Acta.* 1999; 1462: 201–221.
4. M. Jelokhani-Niaraki, L.H. Kondejewski, S.W. Farmer, R.E. Hancock, C.M. Kay, R.S. Hodges *RS Diastereoisomeric analogues of gramicidin S: structure, biological activity and interaction with lipid bilayers. Biochem J.* 2000; 349: pp..747–755.
5. T. Katsu, M. Kuroko, T. Morikawa, K. Sanchika, Y. Fujita, H. Yamamura, M. Uda *Mechanism of membrane damage induced by the amphipathic peptides gramicidin S and melittin. Biochim. Biophys. Acta,* 983 (1989), pp. 135-141.
6. *Biomaterials for Drug Delivery: Sources, Classification, Synthesis, Processing, and Applications // By S Adeosun, M.O.Ilomuanya, O.P.Gbenebor, M.O.Dada and C.C.Odili, in: Advanced Functional Materials.O., Edited by N.Tasaltin, P.S.Nnamchi and S.Saud (2020), p. 176-210*
7. Chen T., Wang Y, Yang Y, Yu K, Cao X, Su F, et al. *Gramicidin inhibits human gastric cancer cell proliferation, cell cycle and induced apoptosis Vol. 52, Biological Research. Springer Science and Business Media LLC; 2019.*
8. Berditsch M, Afonin S, Reuster J, et al. *Supreme activity of*

gramicidin S against resistant, persistent and biofilm cells of staphylococci and enterococci. Sci Rep. 2019 Nov 29;9(1):17938.

ВПЛИВ СКЛАДУ МОЛОКА, БАКТЕРІАЛЬНИХ ЗАКВАСОК ТА ІНШИХ ФАКТОРІВ НА БРОДІННЯ ЛАКТОЗИ ТА КОАГУЛЯЦІЇ КАЗЕЇНУ

Ромашко Т.П., Манашина Д.В., Тристан Д.В., (м. Полтава)

Якість кисломолочних продуктів, головним чином їх консистенція, залежить від складу та властивостей молока, виду та активності бактеріальних заквасок, режимів пастеризації, гомогенізації, сквашування, дозрівання та інших факторів. Склад та властивості вихідної сировини обумовлюють швидкість згортання білків молока та міцність отриманих згустків. Від них залежить також розвиток мікроорганізмів бактеріальних заквасок, що зброджують молочний цукор [3].

Здатність молока до сичужного згортання обумовлюється концентрацією білків, солей кальцію і залежить від індивідуальних особливостей і породи тварин, корми, стадії лактації та інших факторів. Погано згортається молоко на початку та в кінці лактації, а також при захворюванні тварин. Властивості молока (і властивості отриманого з нього згустку) змінюються при зберіганні [1]. Так, після тривалого зберігання молока (сирого та пастеризованого) при низьких температурах збільшуються в'язкість та міцність кислотного згустку, синерезис уповільнюється. Отже, молоко, яке зберігалось при низьких температурах, спрямовують на виробництво кисломолочних напоїв і не бажано використовувати для вироблення сиру. Від складу заквасок залежить як смак кисломолочних продуктів, а й їх консистенція. Основний компонент мікрофлори заквасок для всіх кисломолочних продуктів, що забезпечує формування згустку, – молочний лактокок. Включення до складу заквасок енергійних кислотоутворювачів обумовлює отримання щільного згустку з інтенсивним відділенням сироватки, а малоенергійних кислотоутворювачів -

ніжнішого згустку [2]. Введення в закваски термофільних паличок сприяє підвищенню в'язкості продукту, надає згустку еластичні властивості, перешкоджає виділенню сироватки.

Теплова обробка молока також впливає на швидкість утворення згустку, його структурно-механічні властивості та синерезис. Підвищенням температури пастеризації збільшується міцність кислотного та кислотно-сичужного згустків. Під час приготування кисломолочних напоїв перед заквашуванням рекомендується гомогенізувати молоко (для кефіру і йогурту, одержуваних резервуарним способом, вона обов'язкова) [1]. В результаті гомогенізації підвищується дисперсність жиру, подрібнений жир у згустках розподіляється більш рівномірно, збільшується міцність згустку, при цьому дещо підвищується в'язкість продуктів і знижується виділення сироватки. Разом з тим гомогенізація молока підвищеної (вище 10%) жирності та вершків сприяє значному збільшенню в'язкості згустків та зниженню їх здатності відокремлювати сироватку.

Структурно-механічні та синеретичні властивості згустків істотно залежать від способу коагуляції білків. Згустки, що утворюються при кислотній коагуляції білків, менш міцні чим кислотно-сичужні; вони складаються з дрібніших білкових частинок і гірше виділяють сироватку. Однак поряд із збільшенням міцності кислотно-сичужних згустків зростають їх крихкість, ступінь дисперсності та здатність відокремлювати сироватку під час обробки. Тривалість і температура згортання (сквашування) молока є важливими факторами, що впливають на консистенцію кисломолочних продуктів. Тривалість сквашування молока зазвичай встановлюють за наростанням кислотності, в'язкості або міцності отриманого згустку. Особливо важливо визначити момент готовності згустку при виробництві напоїв резервуарним способом. Іноді спостерігаються рідка консистенція продуктів та відстій сироватки. Це спричинено неправильним вибором моменту перемішування

згустку. Сироватка виділяється при перемішуванні згустку в тому випадку, коли він має мінімальну в'язкість і виявляє незначні тиксотропні властивості[4].

Крім того, від температури та тривалості сквашування молока залежить накопичення в продуктах речовин, що надають їм певний смак і аромат (летючих кислот, діацетилу, ацетальдегіду та ін.). Для припинення молочнокислого бродіння і зміцнення структури згустку, що утворився, кисломолочні продукти охолоджують до 8°C і зберігають при цій температурі. Продукти змішаного бродіння перед охолодженням дозрівають для розвитку дріжджів і ароматоутворюючих бактерій. У процесі дозрівання та витримання в холодильній камері в продуктах накопичуються ароматичні речовини, спирт та вуглекислий газ, відбувається також частковий розпад білків під впливом протеолітичних ферментів молочнокислих бактерій та дріжджів. При цьому утворюються різні розчинні поліпептиди та вільні амінокислоти, що впливають на консистенцію, смак та запах продуктів[3].

Отже, шляхом підбору складу заквасок, температури, тривалості сквашування, можна регулювати властивості згустків та забезпечити оптимальну консистенцію та смак кисломолочних продуктів.

Список використаних джерел:

1. Barbieri F., Montanari C., Gardini F., Tabanelli G. (2019). Biogenic amine production by lactic acid bacteria: a review. *Foods* 8:17. 2. Batista N., Ramos C. L., de Figueiredo Vilela L., Dias D. R., Schwan R. F. (2019). Fermentation of yam by indigenous phytase-producing lactic acid bacteria strains. *Braz. J. Microbiol.* 50 507–514. 3. Ortiz M., Bleckwedel J., Raya R., Mozzi F. (2013). Biotechnological and in situ food production of polyols by lactic acid bacteria. *Appl. Microbiol. Biot.* 97 4713–4726 4. Zhou Y., Cui Y., Qu X. (2019). Exopolysaccharides of lactic acid bacteria: structure, bioactivity and associations: a review. *Carbohydr. Polym.* 207 317–332.

БІОМОНІТОРИНГ ПРИРОДНИХ ВОД З ВИКОРИСТАННЯМ НАСІННЯ *RAPHANUS RAPHANISTRUM* ЯК ТЕСТ-СИСТЕМИ

Галушко І. А., Ромашко Т. П. (м. Полтава)

Прогресуюче погіршення екологічної ситуації водних об'єктів зумовило необхідність включення до системи моніторингу навколишнього природного

середовища ефективних методів інтегральної оцінки шкідливого впливу забруднюючих речовин на біологічні об'єкти. Біотестування передбачає застосування живих організмів майже усіх таксономічних груп у якості тест-об'єктів та відображає суттєві взаємозв'язки між біотичними системами та їхнім оточенням, що надає можливість отримувати важливі дані про екологічний стан різних територій. За умови коректного підбору тестових об'єктів та розробки стандартизованих методів тестування спосіб уможлиблює виявлення змін в екосистемах на дуже ранніх стадіях [1, 2]. При цьому широке використання біотестів у практиці передбачає стандартизацію процедури біотестування та низки параметрів, що впливають на результати токсикологічних аналізів забруднень. Зокрема, біотестування можливо застосовувати для оцінки фітотоксичності водних джерел. Для визначення раніше згаданої характеристики застосовуються різноманітні організми, які б проявляли чутливість до тих чи інших забруднюючих факторів.

Так, в ході експериментів дослідники дійшли висновку, що можливим є використання комах *Anisops Sardeus Sardeus* у якості біоіндикаторів через наявність зв'язку між присутністю цих тварин та високим вмістом органічних речовин, а також загальною низькою якістю досліджуваних вод [3]; в ході іншого дослідження було зроблено висновок, що риба *Danio rerio* може використовуватися у якості біоіндикатора для виявлення епігенетичних речовин у питній воді [4]; у якості біоіндикатора на вміст йодидів, нітратів, сульфатів та ортофосфатів була обрана ряска *Lemna minor* через її високу чутливість до вище згаданих речовин [5].

За методикою [6], що подібна до тих, які використовувались у вище згаданих роботах, нами було проведено експериментальні дослідження за допомогою методу ростового тесту з використанням насіння рослин для визначення фітотоксичності води. У якості тест-об'єкта у нашому випадку біоіндикатором було обрано насіння рослини *Raphanus raphanistrum* через його

швидке проростання та високу чутливість до забруднюючих речовин у водних зразках[7].

Для проведення біотестування нами було відібрано воду з різних районів Полтавської області, а саме: Лубенського району, с. Тернівщина; Полтавського району, с. Вороніна; Полтавського району, м. Полтава (територія Ботанічного саду). У якості контролю було обрано кип'ячену відстояну водопровідну воду артезіанського походження КП «Полтававодоканал».

З метою проведення досліду в кожному з 16 чашок Петрі було закладено 50 насінин редису поливалися 3 мл тестованих зразків води, після чого чашки ставилися у термостат (температура складала 24°C). На 3 день проведення експерименту вимірювалися довжини корінця та проростка насіння (Рис. 1).

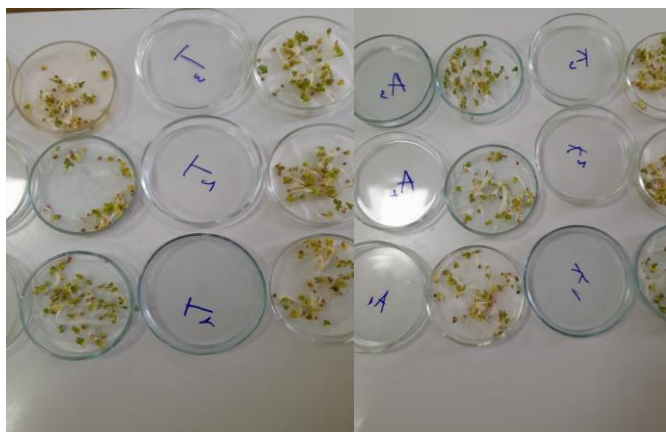


Рис. 1 Чашки Петрі з пророщеним насінням редису

Потім 10 найдовших паростків було висушено та виміряно їх вагу. Повторність досліду була триразовою.

Після визначення значень раніше зазначених величин (довжини паростка, довжини корінця та маси 10 найбільших паростків) було обраховано загальну фітотоксичність кожного з тестованих зразків. Найменше значення серед трьох зразків було зареєстровано у воді, відібраній у с. Тернівщина, і складало 9,4%; найбільше значення вище згаданого показника виявлено у зразку з Ботанічного саду, і складало 11,5 %; показник фітотоксичності с. Вороніна складав 10,6%.

Відповідно до шкали рівня токсичності [8], дані показники свідчать про низький рівень токсичності тестованих вод та про потенційну можливість їх використання для споживчих потреб людини.

Отже, можемо підсумувати, що рівень фітотоксичного ефекту усіх зразків аналізованих вод був низьким та не перевищував позначки у 20%. Найбільший зафіксований рівень токсичності спостерігався у зразку, відібраному у м. Полтава на території Ботанічного саду складав 11,5%. Найменший рівень токсичності, в свою чергу, складав 9,4% та спостерігався у воді, відібраній у Лубенського району, с. Тернівщина. Було відзначено, що насіння редису *Raphanus raphanistrum* чудово підходить для використання його у якості тест-об'єкту через здатність до швидкого проростання та високої чутливості до вмісту сторонніх речовин у воді.

Перспективи подальших досліджень полягають у вдосконаленні існуючих методів біотестування води. Можливим є пошук нових тест-об'єктів, які були б більш чутливими до різного роду забруднень.

Список використаних джерел:

1. Мардар М. Р., Крусір Г. В., Янівська А. І., Кондратенко І. П. Біотестування в оцінюванні безпеки зернових пластівців. *Зернові продукти і комбікорми*. 2014. №3 (55), С. 18–23.
2. Аристархова Є. О. Експрес-оцінка потенціальної безпеки води методом біотестування на *Daphnia magna* s. *Вісник аграрної науки*. 2017. № 2, С. 50–54.
3. Moustafa I. & Hassan, & Nader, & Yousef, Muhamed & Eman, & El-Surtasi, Eman & Bream, Ahmed & El-Sayed, Awaad & El-Sayed. Use of aquatic insect, *Anisops Sardeus Sardeus* (Heteroptera: Notonectidae) as bioindicator for drinking water quality at aga surface water plant, Dakhliya, Egypt. *Al Azhar Bulletin of Science Vol. 9th., Conf.* 2017. P. 91–99.
4. Martinez-Sales M., García-Ximénez F., & Espinós F. Zebrafish (*Danio rerio*) as a possible bioindicator of epigenetic factors present in drinking water that may affect reproductive function: Is chorion an issue? *Zygote*. 2015. № 23(3), P. 447–452.
5. Kvaterniuk S., Petruk V., Bondarchuk O., Petruk R., Vasilkovsky I. *Multispectral Methods and Means of Water Pollution Monitoring by Using Macrophytes for Bioindication*. 2016. P. 131–141.
6. Горова А. І., Павличенко А. В., Борисовська О. О., Грунтова В. І., Деменко О. В. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт студентами напряму підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування». Дніпро: Національний гірничий університет. 2014. 76 с.
7. Petruk R., Kravets N., Trach I., Quaterniuk S., Varaksa V. (). Analysis of the phytotoxic effect of hazardous pesticide preparations by bioindication. *Technogenic and ecological safety*. 2019. №6 (2/2019), P. 42–48. doi: 10.5281/zenodo.3559014.
8. Горова А., Кулина С. Оцінка токсичності ґрунтів Червоноградського гірничопромислового району за допомогою ростового тесту // *Вісн. Львів. ун-ту. Сер. біол.* 2008. Вип. 48. С. 189–194.

СЕКЦІЯ II

ХІМІЯ, ЕКОЛОГІЯ ТА ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ

РЕСУРСНА ЦІННІСТЬ ВІДВАЛЬНИХ ДОМЕННИХ ШЛАКІВ

Хоботова Е.Б., Грицай К.М. (м. Харків)

З метою скорочення використання природних ресурсів та виділення CO₂ під час виробництва цементного клінкеру вивчаються можливості створення альтернативних в'язучих матеріалів на основі промислових відходів [1]. Перспективними є різні комбінації в'язучих, що знижують вартість матеріалу і надають йому специфічних властивостей. У роботах [2] розглянуто питання сировинної бази для виробництва шлаколуужних в'язучих (ШЛВ), процеси гідратації, формування мікроструктури та характеристики міцності шлаколуужного бетону. При луужній активації подрібнених гранульованих доменних шлаків отримані продукти твердіння, міцність яких варіює залежно від вмісту глинозему [3]. При використанні для активації гранульованих доменних шлаків розчинів Na₂SiO₃ або Na₂CO₃ [4] найбільша міцність на стиск характерна для бетону з високодисперсними фракціями шлаку, що мають низький вміст MgO. У складі затверділого бетону присутні фази CaO–(Al₂O₃)–SiO₂–H₂O, гідроталькіт та карбонати. При твердінні шлаколуужних в'язучих на основі відвальних доменних шлаків і содолуужного плава утворюються фази, що містять Na, продукти гідратаційного твердіння, карбонати і безводні алюмосилікати Ca і Mg [5].

Мета роботи полягала у вирішенні проблеми ресурсозбереження за рахунок виявлення корисних технічних властивостей відвальних доменних шлаків та обґрунтування їх утилізації як ШЛВ.

Матеріали та методи дослідження. Як вихідні компоненти ШЛВ досліджено відвальні доменні шлаки ПАТ Дніпровський металургійний

комбінат (ДМК), ПАТ «Запоріжсталь», ПрАТ «Маріупольський металургійний комбінат» (ММК); ПАТ Алчевський металургійний комбінат (АМК); відвальний та гранульований доменний шлак ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг». Доменні шлаки подрібнювали на кульовому млині до питомої поверхні $S_{уд}=2700-4950$ см²/г. Для замішування використовували агенти: воду і 20 % розчин NaOH. Міцність зразків ШЛВ визначали на пресі марки P-5 із трьома шкалами чутливості, кН: 0–10; 0–25; 0–50. Швидкість пресування 3 мм/хв. Мінералогічний склад ШЛВ визначали методом рентгенофазового аналізу проведеного на порошковому дифрактометрі Siemens D500 в мідному випромінюванні з графітовим монохроматором.

Хімічний склад шлакових та шлаколуужних в'язучих. Для підтвердження взаємодії мінералів шлаків з агентами замішування (вода та 20 % розчин NaOH) визначено мінералогічний склад отриманих зразків шлакових в'язучих (ШВ). Зразок ШЛВ на основі шлаку ДМК, що отриманий при замішуванні шлаку 20 % розчином NaOH, містить мінерали, типові для доменних шлаків. Якщо врахувати низький рівень кристалізації продуктів твердіння, можна припустити присутність новоутворень в аморфному стані. Порівняно з вихідним шлаком [6] у ШЛВ підвищено вміст геленіту $Ca_2Al(Al,Si)_2O_7$, ранкініту $Ca_3Si_2O_7$, окерманіту $Ca_2MgSi_2O_7$ та бредигіту $Ca_{14}Mg_2(SiO_4)_8$, що може бути викликано як переходом сполук з аморфного стану в кристалічний, так і утворенням даних мінералів із низькоосновних силікатів Ca.

Зразки ШВ на основі гранульованого шлаку «АрселорМіттал» мають підвищений вміст псевдоволластоніту $CaSiO_3$. Спостерігається утворення цементних фаз ларніту $\alpha-Ca_2(SiO_4)$ та параволластоніту $CaSiO_3$. Наявність фази девітриту $Na_2Ca_3Si_6O_{16}$ в обох зразках ШВ свідчить про участь у його утворенні лужного агента. Зразки ШВ на основі відвального шлаку «АрселорМіттал» погано закристалізовані та характеризуються найбільшим ступенем перетворень мінералів. Зареєстровані нові цементні, гідроксид- та

натрійвміщуючі фази, причому останні відсутні при використанні лужного агента. Внаслідок значного вмісту Феруму в шлаку в ШВ спостерігається утворення гематиту Fe_2O_3 і кальційфератних сполук, також утворюються фази з високим вмістом Кальцію: ларніт, хатрурит Ca_3SiO_5 , фошагіт $\text{Ca}_4(\text{Si}_3\text{O}_9)(\text{OH})_2$ та делаїт $\text{Ca}_6(\text{Si}_2\text{O}_7)(\text{SiO}_4)(\text{OH})_2$. Шлак є перспективним для отримання цементних фаз.

Зразки ШВ на основі шлаків «Запоріжсталь», ММК та АМК подібні. Виявлено вихідні шлакові мінерали, що свідчить про необхідність тривалого твердіння, а також продукти гідратаційного твердіння. Наприклад, у всіх зразках ШВ присутній кілалаїт $\text{Ca}_{6,43}\text{Si}_4\text{O}_{16}\text{H}_{3,17}$, вміст якого більший у ШЛВ. Утворення делаїта у присутності шлаку АМК протікає ефективніше при замішуванні водою. У ШЛВ, приготованих на основі лугу та шлаків ММК і АМК, у помітних кількостях утворюється фаза, що містить натрій пірсоніт $\text{CaNa}_2(\text{CO}_3)_2(\text{H}_2\text{O})_2$. У незначних кількостях є мусковіт $\text{K}_{0,94}\text{Na}_{0,06}\text{Al}_{1,83}\text{Fe}_{0,17}\text{Mg}_{0,03}(\text{Al}_{0,91}\text{Si}_{3,09}\text{O}_{10})(\text{OH})_{1,65}\text{O}_{0,12}\text{F}_{0,23}$.

Твердіння шлакових та шлаколужних в'язучих. Новоутворення представлені мінералами різного походження: алюмосилікатами Ca і Mg, карбонатними сполуками та фазами, що містять Натрій – продуктами гідратаційного твердіння. Багато з виявлених мінералів раніше не були зареєстровані при твердінні ШЛВ за винятком карбонатних фаз, донпікориту (Mn, Mg) MgSi_2O_6 , мікрокліну KAlSi_3O_8 , делаїту.

Карбонати: кальцит CaCO_3 , доломіт $\text{Ca}(\text{Ca}_{0,13}\text{Mg}_{0,87})(\text{CO}_3)_2$, пірсоніт та $\text{Ca}_4\text{Al}_2(\text{OH})_{12}(\text{CO}_3)(\text{H}_2\text{O})_5$, є продуктами переродження частини гідросилікатних новоутворень під дією вуглекислого газу, що призводить до ущільнення структури та підвищення міцності затверділого матеріалу.

Отримані дані свідчать про одночасну реалізацію конденсаційного та гідратаційного механізмів твердіння ШЛВ. Лужні агенти при цьому беруть участь у реакціях гідратації та активують мінерали шлаків. В останньому

випадку луг руйнує колоїдну плівку силікатної кислоти на зернах шлаку, полегшує дифузію води всередину зерен та прискорює процеси гідратації та твердіння шлаку. При виконанні лугом активуючої ролі можливе полегшення реалізації контактено-конденсаційного механізму твердіння шлакових мінералів.

Утворення безводних алюмосилікатів Ca та Mg є результатом контактено-конденсаційної взаємодії диспергованих частинок шлаків, що складаються з дегідратованих мінералів. Контактено-конденсаційне твердіння ШЛВ здійснюється пресуванням без термічної обробки. Даний механізм твердіння ШЛВ чітко виявляється для деяких шлаків, що визначається збільшення вмісту високоосновних силікатів Ca в ШЛВ в порівнянні з їх масовою часткою в самих шлаках. На 90 добу твердіння ШЛВ з NaOH зареєстровано суттєве збільшення вмісту ранкініту та окерманіту при використанні шлаків ДМК та «Запоріжсталь»; бредигіту – шлаків ДМК, ММК та гранульованого шлаку «АрселорМіттал». З'являються нові високоосновні мінерали: ларніт (гранульований шлак «АрселорМіттал»); хатрурит, гідроандрадит, фошагіт і $\text{Ca}_4\text{Al}_2(\text{OH})_{12}(\text{CO}_3)(\text{H}_2\text{O})_5$ («АрселорМіттал» відвальний); делаїт (шлак АМК); кілалаїт (шлаки «Запоріжсталь», ММК та АМК).

При твердінні шлаків у композиціях на основі води і NaOH вміст кальцієвих силікатів, що утворюються, зростає в ряді $\text{CS} < \text{C}_3\text{S} < \text{C}_2\text{S}$, причому мінерали CS відсутні за використанням відвального шлаку «АрселорМіттал».

Шлаки можна розташувати в ряд збільшення вмісту $\beta\text{-C}_2\text{S}$, який побічно характеризує їх здатність твердіти за контактено-конденсаційним механізмом «Запоріжсталь» < «АрселорМіттал» (гранул.) < АМК < ММК < ДМК < «АрселорМіттал» (відвальн.).

Гідратаційний механізм твердіння ШЛВ виявляється у шлаколужних сумішей поряд із здатністю до контактеного твердіння. Лужний агент виконує дві ролі: реагування з мінералами шлаків та його активація. Найменшу

активність у процесах замішування виявив відвальний шлак ДМК. Продукти твердіння ШЛВ на 92,5 % складаються з алюмосилікатів Са та Mg.

Присутність мінералів гідратаційного твердіння (гідроандрадит, фошагіт, кілалаїт, донпікорит, везувіаніт, делаїт, жисмондин), фторапофіліт, $\text{Ca}_4\text{Al}_2(\text{OH})_{12}(\text{CO}_3)(\text{H}_2\text{O})_5$ і відсутність сполук зі вмістом Na свідчить лише про активацію вихідних сполук шлаків лугом. Наступні реакції гідролізу та гідратації мінералів протікають за участю води. Подібна ситуація характерна для відвальних доменних шлаків «Запоріжсталь» та «АрселорМіттал». В останньому випадку висока масова частка продуктів гідратаційного твердіння і карбонатів – 36,6 %. Реагування з лугом призводить до утворення мінералів, що містять Натрій: девітриту, пірсоніту, мусковіту, пектоліту.

Шлак АМК піддавався як активуванню лугом, так і взаємодіям із ним. Найбільший вихід продуктів твердіння ШЛВ спостерігався на 28 добу – 37,5 %.

Таким чином, наявність у складі новоутворень лужних гідроалюмосилікатів підтверджує те, що NaOH є активним структуроутворюючим компонентом цементів. Сумарний вміст продуктів реагування з лугом дає можливість розмістити доменні шлаки в ряд збільшення їх реакційної здатності з лугом: ДМК < «АрселорМіттал» (гранул.) < ММК < АМК < «Запоріжсталь» < «АрселорМіттал» (відвальн.). Необхідно відзначити, що відвальний доменний шлак «АрселорМіттал» бере активну участь у двох механізмах твердіння.

Випробування шлакових цементів (ШЦ) на міцність при стисканні (R_{ct}) проводилися у терміни твердіння, діб.: 7, 28 та 90. Практично для всіх зразків міцність збільшується в часі, за винятком зменшення R_{ct} ШЛЦ на основі гранульованого шлаку «АрселорМіттал» та NaOH. Не простежується пряма кореляція між кількістю гідратованих продуктів твердіння, властивих ШЛВ, і міцністю зразків ШЛЦ. Для всіх ШЛВ високі масові частки алюмосилікатів Са і Mg. Для ШЛЦ на основі відвальних шлаків «АрселорМіттал» та ДМК масовий

внесок безводних продуктів твердіння дорівнює, відповідно: 63.4 % та 92,5 %. Таким чином, активність отриманих ШЛЦ обумовлена переважно активацією лугом, а не перебігом реакцій із лужним компонентом.

Висновки та перспективи досліджень. Доведено доцільність використання відвальних доменних шлаків для отримання ШЛВ із попереднім дослідженням мінерального складу та вибором фракцій шлаків, що значно розширює сировинну базу виробництва ШЛВ та їхню номенклатуру.

За мінералогічним складом ШЛВ на основі відвальних доменних шлаків займають проміжне місце між клінкерними цементами та ШЛВ на основі гранульованих доменних шлаків, основними мінералами є натрій-, гідроксид- і карбонатвмісні фази та безводні алюмосилікати Ca та Mg. Роль лужного компонента полягає в активації мінералів шлаків і меншою мірою в реагуванні з ними.

Список використаних джерел:

1. Vashistha P., Park S., Pyo S. A Review on Sustainable Fabrication of Futuristic Cementitious Binders Based on Application of Waste Concrete Powder, Steel Slags, and Coal Bottom / Ash. *Int. J. Concr. Struct. Mater.*, 2022, Vol. 16, No 51.
2. Talling B., Krivenko P. 5 - Blast furnace slag-the ultimate binder / *Waste Materials Used in Concrete Manufacturing*, 1996, P. 235–289.
3. Tänzer R., Buchwald A., Stephan D. Effect of slag chemistry on the hydration of alkali-activated blast-furnace slag / *Materials and Structures*, 2015, Vol. 48, P. 629–641.
4. Humad A. M., Habermehl-Cwirzen K., Cwirzen A. Effects of Fineness and Chemical Composition of Blast Furnace Slag on Properties of Alkali-Activated Binde / *Materials*, 2019, Vol. 12, No 20, 3447.
5. Khobotova E. B., Larin V. I., Kaliuzhna Yu. S., Storchak O. G. Slag-alkaline binders based on dump waste blast furnace slag / *Voprosy khimii i khimicheskoi tekhnologii*, 2019, No 5, P. 160–167.
6. Khobotova E. B., Kaliuzhna Iu. S., Datsenko V. V., Larin V. I. Toxic and hydraulic activity of blast furnace slag as the main criteria for choosing the technology of their utilization. / *J. of Chem. and Techn.*, 2021, Vol. 29, No 2, P. 312–320.

З'ЯСУВАННЯ ПОВЕДІНКИ РОСЛИН В УМОВАХ ПІДВИЩЕНОГО ВМІСТУ CO₂

Китайгора К.О., Дрючко О.Г., Голік Ю.С., Соловійов В.В., Бунякіна Н.В.

(м. Полтава)

Створення ефективних адаптивних систем підтримання якості повітря у приміщеннях зі скупченням великої кількості людей потребує чіпкого

розуміння специфіки таких об'єктів, урахування кількості й особливостей поведінки складових присутніх «активних» компонентів-учасників, а також об'єктивних процесів, що в них відбуваються. І наявні вже з'ясовані відомості і деякі власні напрацювання [1] за розглядаємих напрямом, тенденції впровадження досконалих електронних засобів (з малим часом експозиції, підвищеною точністю, надійністю) і систем автоматизованого прецизійного управління зумовили продовження дослідження авторами за цією непростю, але надзвичайно актуальною тематикою. У роботі пропонуються оригінальні результати емпіричних досліджень поведінки, взаємодії, активності біологічних рослинних форм у повітряному середовищі з підвищеним вмістом CO₂.

Для вирішення розглядаємої проблеми і розроблення адекватної моделі була запропонована комплексна послідовна поетапна методологія з вивчення взаємної поведінки складових компонентів. Вивчення складових підпроцесів проведено статичним методом у розробленій герметизованій камері-контейнері, обладнаній змінними тримачами зразків досліджуваних об'єктів, внутрішнім випарним дозатором і зовнішнім реактором для малих і залпових доз-ін'єкцій CO₂ за допомогою компресора, вентилятором – перемішувачем внутрішнього газового середовища, додатковим внутрішнім нагрівником, електронним вимірювачем CO₂, навісними досліджуваними «пасивними» пластинами-адсорберами і фото-каталітично активними пластинами-зразками, системою освітлення.

Застосування статичної методології проведення експерименту суттєво знижує вплив людини при відборі проб і вимірюваннях, збільшує відтворюваність результатів і зменшує похибку вимірювань. Це дозволяє більш об'єктивно оцінювати вплив тих чи інших процесів і факторів, впливаючих на утворення і емісію газів у зонах активності, а також оцінювати потоки з маломірних об'єктів.

Вибір матеріалів і розроблення конструкцій вузлів лабораторних засобів проводився з урахуванням вимог мінімізації їх впливу на перебіг досліджуваних перетворень.

Для вимірювання концентрації CO₂ в досліджуваному середовищі використаний портативний багатофункціональний електронний газоаналізатор AZ 7755 (AZ Instrument Corp., Тайвань), що дозволяє одночасне вимірювання температури, відносної вологості та має можливість приєднання до зовнішнього інтерфейсу.

Для з'ясування вкладу дії окремих компонентів необхідні максимальне обмеження впливу оточуючого середовища на внутрішні тепломасообмінні перетворення, більш ретельний розгляд внутрішніх підпроцесів, існуючих явищ; введення спрощень у запропоновану термодинамічну модель процесу; планування експерименту і врахування домінуючих факторів впливу з фіксуванням незмінності і адекватності відповідних умов їх перебігу; запровадження послідовного поетапного вивчення причинно-наслідкових залежностей.

У біологічному експерименті з присутніми рослинами використані поширені кімнатні рослини виду *Chlorophytum comosum* (Хлорофітума хохлатого) одного віку і близьким ступенем розвитку; з однаковими умовами зростання (якість гумусу, вологість, температура); з відомою площею вегетативного листового покриву; посаджені у горщики з герметизованою нижньою частиною.

Характер освітлювання змінювали застосуванням відповідного типу освітлювача (спектральний склад), інтенсивність – потужністю, числом використаних джерел, відстанню до зразків, формою і площею останніх.

Необхідний розрахований об'єм CO₂, що використовували для імітації зовнішніх умов, створювали хімічною еквівалентною взаємодією у водних розчинах гідрокарбонату натрію і соляної кислоти, взятих у відповідних

кількостях. Проведені натурні дослідження у жовтні 2019 р. у ЗОШ № 3 при повній заповнюваності класу 29 уч. реально з'ясовують динаміку і діапазон зміни концентрації CO_2 у досліджуваних процесах – об'єм CO_2 , утворений учнями протягом уроку, тривалості робочого дня ~5-6 год. за сценарієм I (з провітрюванням), II (без провітрювання)

Поведінку рослин (на прикладі класу *Chlorophytum comosum*) при освітленні (затемненні) джерелом «денного світла» наочно характеризують емпіричні дані рис. 1, 2, таблиці 1, 2, умови проведення експериментів, розраховані середні умовні питомі показники активності цього виду рослини. Для одержання коректних результатів дослідження в указаних режимах при різних імітуючих початкових введених дозах CO_2 (див. табл. 1, 2) проведені з однією і тією ж рослиною; при незмінній температурі; при мінімізації втрат в наслідок витоків та відсутності інших потенціальних об'єктів-учасників. В обох дослідках нижня частина рослини газо-ізолювана; сумарна активна площа поверхні її листя складає $\sim 3200 \text{ см}^2$.

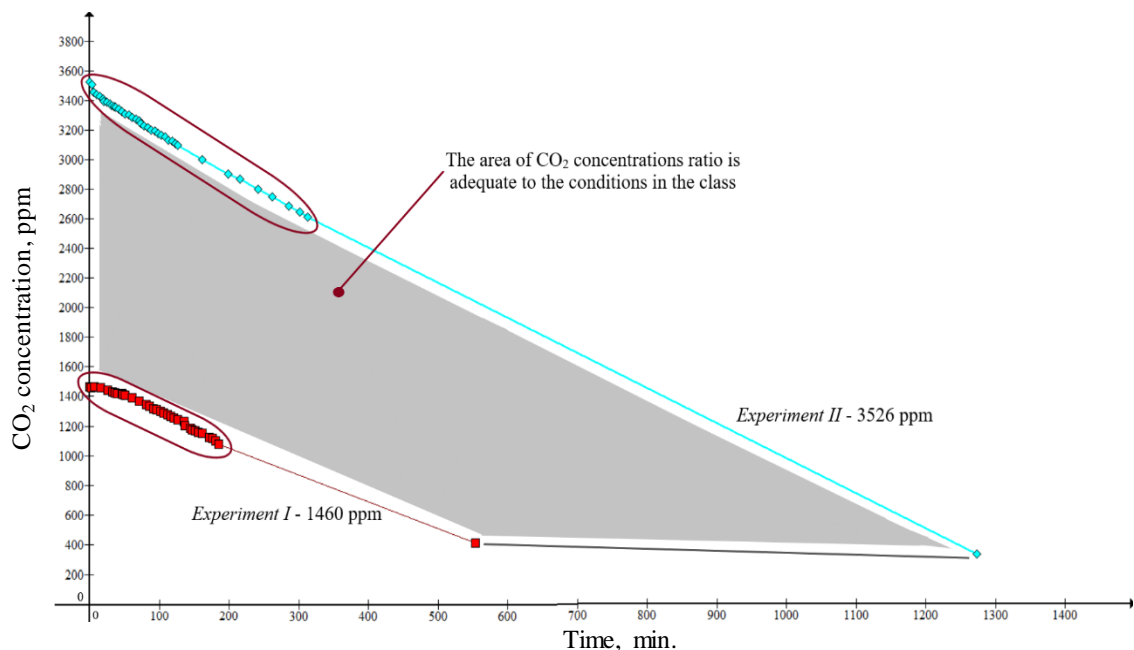


Рис. 1. Вплив величини залпової дози введеного CO_2 на тривалість відновлювальних процесів у досліджуваному повітряному об'ємі рослиною у режимі фотосинтезу (у статичних умовах).

На рис.1 виділена кольорова зона відображає характер еволюційних в часі змін вмісту CO₂ в кімнатному повітрі в діапазоні зафіксованих концентрацій від найбільших до найменших її значень. Нижнє обмеження визначає область часового відновлення значень показника вмісту CO₂ у класному приміщенні до його початкового рівня за I сценарієм - з провітрюванням та з надходженням до 1500 ppm; верхнє обмеження – за II сценарієм (без провітрювання) і надходженнями до 3600 ppm.

Таблиця 1

Активність рослини при денному штучному освітленні

Дослідження I	Дослідження II
Температура 19 °С	
$S_{\Sigma \text{ акт.}} = 3200 \text{ см}^2$	
Початкова концентрація CO ₂ = 1460 ppm	Початкова концентрація CO ₂ = 3526 ppm
$\tau_{\Sigma} = 185 \text{ хв.}$	$\tau_{\Sigma} = 313 \text{ хв.}$
$\Delta\text{CO}_2 = 395 \text{ ppm}$	$\Delta\text{CO}_2 = 911 \text{ ppm}$
$v_{\text{сер.}} = 3,29 \text{ ppm / хв.}$	$v_{\text{сер.}} = 2,91 \text{ ppm / хв.}$
$v_{\text{сер. акт.}} = 1,02 \cdot 10^{-3} \text{ ppm / см}^2 \cdot \text{хв.}$	$v_{\text{сер. акт.}} = 0,91 \cdot 10^{-3} \text{ ppm / см}^2 \cdot \text{хв.}$

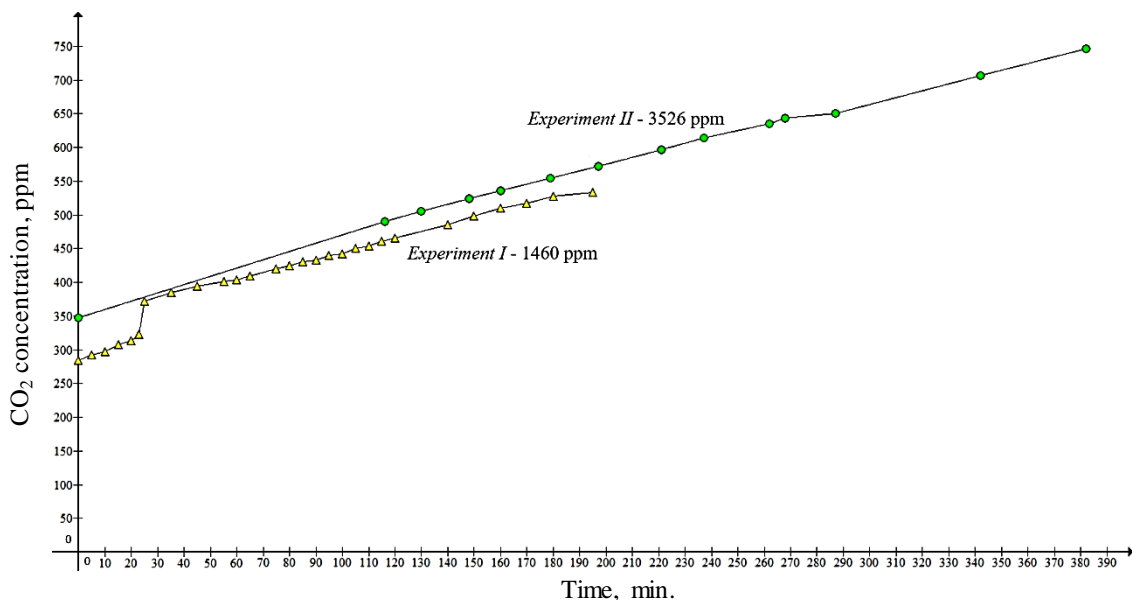


Рис. 2. Виділення CO₂ рослиною у стадії «затемнення» у продовж часу після завершення фотосинтезуючого періоду у досліді I, II (без зміни інших умов)

Таблиця 2

Активність поведження рослини у стадії «затемнення»

Дослідження I	Дослідження II
Температура 19 °С	
$S_{\Sigma \text{ акт.}} = 3200 \text{ см}^2$	
Початкова концентрація $\text{CO}_2 = 1460 \text{ ppm}$	Початкова концентрація $\text{CO}_2 = 3526 \text{ ppm}$
$\tau_{\Sigma} = 194 \text{ хв.}$	$\tau_{\Sigma} = 382 \text{ хв.}$
$\Delta\text{CO}_2 = 249 \text{ ppm}$	$\Delta\text{CO}_2 = 399 \text{ ppm}$
$v_{\text{сер.}} = 1,28 \text{ ppm} / \text{хв.}$	$v_{\text{сер.}} = 1,04 \text{ ppm} / \text{хв.}$
$v_{\text{сер. акт.}} = 0,40 \cdot 10^{-3} \text{ ppm} / \text{см}^2 \cdot \text{хв.}$	$v_{\text{сер. акт.}} = 0,33 \cdot 10^{-3} \text{ ppm} / \text{см}^2 \cdot \text{хв.}$

За даними [2-5] встановлено, що рослини класу *Chlorophytum comosum* найвищу фотосинтезуючу активність виявляють при опромінюванні з довжинами хвиль на ділянках з максимумами 440-445 нм (в синій частині спектра, необхідну для вегетативного розвитку) і 640-660 нм. Жорстке випромінювання (254 нм, потужності 8 Вт) бактерицидної лампи виявило необоротню руйнівну дію на живі клітини рослинного організму.

Впливаючими факторами на внесок CO_2 присутніми рослинами у повітряний об'єм замкнутого приміщення виявилися:

- вид особів рослин,
- їх кількість,
- ступінь розвитку і їх стан,
- застосована система освітлення (її інтенсивність, спектр),
- вміст двоокису вуглецю в оточуючій атмосфері,
- сприятливість умов перебування рослин (зволоженість, якість ґрунту, температура оточуючого середовища, відкритість горщика і кореневої системи, тощо),
- особливості впливу фотометричних факторів,

- величина площі активної фотосинтезуючої поверхні і її стан,
- співвідношення вкладів за рахунок активності на стадіях «фотосинтезу» і «затемнення».

Одержані оригінальні дані потребують детального осмислення і подальшого дослідження з використанням більш тонких методів і прецизійних технічних засобів проведення експериментів.

Висновки:

- Виявлений характер поведінки рослини по відношенню до зменшення вмісту CO_2 в об'ємі боксу в статичних умовах наближається до пропорційного з часом (на це вказує тангенс кута нахилу дотичної до емпіричних концентраційних залежностей від часу). Це дозволяє введення умовних питомих показників поведінки біологічного виду рослини (див. табл. 1, 2), за якими, в деякій мірі, наближено можна оцінити їх активність у досліджуваних процесах за відповідних умов. Наближено визначити проміжок часу необхідний для відновлення рівня вмісту CO_2 до початкових значень та необхідну для цього кількість даного виду рослин. У замкнутому приміщенні концентрація CO_2 (за незмінних інших умов) може стати меншою значення його вмісту у припливному зовнішньому повітрі.

- У дослідах I, II з концентрацією діоксиду вуглецю до 4000 ppm умовний питомий показник і фотосинтезуюча активність рослин класу *Chlorophytum comosum* малозмінні.

- У ході затемнення, за тих же адекватних умов, в присутності тієї ж рослини відбувається зворотний процес виділення CO_2 (див. рис. 2), але значно повільніше (в розглядаємому конкретному випадку в 2,5÷3 рази у порівнянні з активністю у фотосинтезуючій стадії).

- У дослідах I і II (з різними додатково введеними дозами вуглекислого газу у робочий об'єм) виявлено, що з моменту досягнення початкового рівня концентрації CO_2 хід концентраційних залежностей проходить через близькі

проміжні стани, що свідчить про один і той же їх механізм перетворень, їх повторюваність, відтворюваність, а отже деяку стабільність в часі поведінки рослини за певних умов та близькі середні значення умовного показника її активності.

• Одержані дані набувають цінності при використанні властивостей подібних біологічних форм у прикладних інноваційних рішеннях.

Список використаних джерел:

1. Storozhenko D., Dryuchko O., Golik Yu., Kytaihora K., Gornitsky I., Misko A. (2019). Monitoring activity of the CO₂ emission objects system components in formation of the air mass in individual closed premises. *Academic journal. Series: Industrial Machine Building, Civil Engineering*, 2(53), 157-170. <https://doi.org/10.26906/znp.2019.53.1907> 2. Smagin, A.V. (2015). Kinetic assessment of gas exchange between soil and atmosphere using the chamber-static method. *Soil science*.7. 824–831. DOI: 10.7868/S0032180X15070102. 3. Muneer, S., Jeong Kim, E., Suk Park, J. et al. (2014). Influence of Green, Red and Blue Light Emitting Diodes on Multiprotein Complex Proteins and Photosynthetic Activity under Different Light Intensities in Lettuce Leaves (*Lactuca sativa* L.). *Int. J. Mol. Sci.* 15(3): 4657-4670. Doi: 10.3390 / ijms15034657. 4. Kang, J.H., Krishnkumar, S., Sua Atulba, S.L. et al. (2013). Light intensity and photoperiod influence the growth and development of hydroponically grown leaf lettuce in a closed-type plant factory system. *Hort. Environ. Biotechnol.* 54. 501–509. 5. Sun, J.D., Nishio, J.N., Vogelmann, T.C. (1998). Green light drives CO₂ fixation deep withinleaves. *Plant Cell Physiol.* 39. 1020–1026.

ОЦІНКА ДІЇ БІОГЕННИХ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН І РОСЛИНИ-РЕМЕДІАНТА НА ДЕГІДРОГЕНАЗНУ АКТИВНІСТЬ ПОРОДНИХ ВІДВАЛІВ ВУГІЛЬНИХ ШАХТ У ПРОЦЕСІ БІОРЕМЕДІАЦІЇ

Баня А.Р., Корецька Н.І., Покинсьброда Т.Я., Карпенко О.В. (м. Львів)

В наш час однією з актуальних проблем сьогодення є вплив промислових підприємств на навколишнє природне середовище. Так, у процесі вуглевидобутку та збагачення вугілля утворюється значна кількість твердих відходів представлених сумішшю порід: пісковиків, аргілітів, алевролітів, глинистих сланців, вапняків, які зберігаються у вигляді відвалів та териконів [1-3]. Такі відвали вугільних шахт в окремих місцях можуть мати підвищений вміст важких металів, низький рівень рН і є збіднені органічною речовиною, що

сумарно створює негативні умови та є джерелом забруднення атмосферного повітря, поверхневих та ґрунтових вод, ґрунтів та рослин [4-6].

Для підвищення адаптаційної здатності рослин до несприятливих умов і покращення ремедіаційних підходів використовують різноманітні речовини з ріст регульовальними властивостями [7]. До таких речовин належать біогенні поверхнево-активні речовини (біоПАР, біосурфактанти). Завдяки своїм фізико-хімічним і біологічним властивостям (поверхнева, емульгувальна активність, вплив на клітинні мембрани мікроорганізмів і рослин), активності за низьких концентрацій, різних рН, температур, біодеградабельності біоПАР перспективні для екологічно безпечних технологій [8].

Відомо, що на початкових стадіях забруднення ґрунту першою реагує мікробіота [9]. При цьому можуть змінюватися склад, чисельність мікроорганізмів, їх метаболізм, а також активність ґрунтових ферментів. Ґрунтові ферменти можуть бути надійним і чутливим індикатором забруднення ґрунтів, що дозволяє оцінити рівень забруднення та стан ґрунтової екосистеми до, після і в процесі її відновлення, та сприяє розробці ефективних підходів для ремедіації антропогенно порушених територій [9]. Дегідрогеназна активність є важливим критерієм оцінки стану «здоров'я» ґрунту, що вказує на зростання активності ґрунтової біоти. Тому нами було досліджено дегідрогеназну активність субстратів породних відвалів вугільних шахт в процесі біоремедіації [10].

У експерименті використовували червону (перегорілу зі зміненими властивостями) і чорну (неперегорілу) породи відвалів вугільних шахт Центральної збагачувальної фабрики (ЦЗФ) ПАТ “Львівська вугільна компанія” (с. Сілець, Сокальський район, Львівської обл.), які відрізняються за кислотністю та складом [4]. Як рослину-ремедіанта було обрано сорго трав'янисте (*Sorghum bicolor* subsp. *drummondii*) насіння якого попередньо обробляли (3 год.) розчинами біогенних поверхнево-активних речовин:

рамноліпідного біокомплексу штаму *Pseudomonas* sp. PS-17 (РБК, 0,01 г/дм³) та трегалозоліпідних ПАР штаму *Gordonia rubripertincta* УКМ Ас-122 (ТЛ, 0,05 г/дм³), контроль – вода. Дослідні рослини вирощували впродовж 60 діб у 10-л ємностях з підготовленими субстратами. Після цього досліджували активність ґрунтових дегідрогеназ [11]. Виявлено, підвищення дегідрогеназної активності субстратів породних відвалів вугільних шахт: у варіантах з використанням лише рослин у 1,6-1,7 рази, рослин і біоПАР: у варіантах чорна порода+сорго трав'янисте+РБК – у 3,6 рази; чорна порода+сорго трав'янисте+ТЛ – у 3 рази; червона порода+сорго трав'янисте+РБК – 4,1 рази; червона порода+сорго трав'янисте+ТЛ – у 3 рази щодо контролю.

Отримані дані свідчать, що за дії біогенних поверхнево-активних речовин (рамноліпідного біокомплексу і трегалозоліпідних ПАР) та рослини-ремедіанта (сорго трав'янистого), покращуються показники дегідрогеназної активності, що може створювати передумови для їх подальшого використання, як природних агентів у біоремедіаційних підходах відновлення породних відвалів вугільних шахт.

Список використаних джерел:

1. Škuta R., Kučerová R., Pavelek Z., Dirner V. Assessment of mining activities with respect to the environmental protection. *Acta Montanistica Slovaca*, 2017. 22(1), 79-93.
2. Kalisz S., Kibort K., Mioduska J., Lieder M., Małachowska A. Waste management in the mining industry of metals ores, coal, oil and natural gas – A review. *Journal of Environmental Management*, 2022. 304, 114239.
3. Rouhani A., Skousen J., Tack F.M.G. An overview of soil pollution and remediation strategies in coal mining regions. *Minerals*, 2023. 13, 1064.
4. Баранов В.І. Екологічний опис породного відвалу вугільних шахт ЦЗФ «ЗАТ Львівсистеменерго» як об'єкта для озеленення. *Вісн. Львів. ун-ту*, 2008. 46, 172-178.
5. Li F., Li X., Hou L. et al. Impact of the Coal Mining on the Spatial Distribution of Potentially Toxic Metals in Farmland Tillage Soil. *Sci Rep.*, 2018. 8, 14925.
6. Wolkersdorfer C., Mugova E. Effects of Mining on Surface Water *Encyclopedia of Inland Waters (Second Edition)*, 2022. 4, 170-188.
7. Munns R., Millar A.H. Seven plant capacities to adapt to abiotic stress. *Journal of Experimental Botany*, 2023. 74(15), 4308-4323.
8. Silva R.C.F.S., Almeida D.G., Luna J.M., Rufino R.D., Santos V.A., Sarubbo L.A. Applications of biosurfactants in the petroleum industry and the remediation of oil spills. *Int. J. Mol. Sci.*, 2014.15(7), 12523-12542.
9. Lee S.H., Kim M.S., Kim J.G., Kim S.O. Use of Soil Enzymes as Indicators for Contaminated Soil Monitoring and Sustainable Management. *Sustainability*, 2020. 12(19), 8209.
10. Božym M. Assessment of biotoxicity of three types of landfilled foundry waste on the basis of dehydrogenase activity. *Environ Monit Assess*, 2022. 194, 671.
11. Casida L.E., Klein D.A., Santoro T. Soil dehydrogenase activity. *Soil Sci.*, 1964. 98, 319-328.

РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧА ТЕХНОЛОГІЯ ОДЕРЖАННЯ БЕТОНУ З ВИКОРИСТАННЯМ ВІДХОДІВ ГІРСЬКИХ ПОРІД

**Корогодська А.М., Шабанова Г.М., Кривобок Р.В.,
Шумейко В.М., Шабанов Д.М. (м. Харків)**

В успішному вирішенні задач щодо подальшого удосконалення будівельного виробництва важливе місце займають питання хімізації технологічних процесів виробництва конструкцій із збірного бетону. На теперішньому етапі розвитку технології бетону застосування хімічних добавок різноманітного призначення є ефективним технологічним прийомом, що дозволяє скорочувати тривалість технологічних операцій, економити цемент, підвищувати якість бетону в конструкціях та виробках.

Особливістю технології одержання дорожніх виробів є відсутність якісного дрібного заповнювача для бетону, що приводить до необхідності використання спільно з хімічними добавками відходів промисловості. Одним із шляхів одержання якісного дрібного заповнювача для бетону є використання відходів каменедроблення щебіночних заводів. Використання відходів каменедроблення як дрібного заповнювача спільно з хімічними добавками дозволяє істотно поліпшити експлуатаційні властивості бетону та підвищити його довговічність.

Відсівки отримують в результаті дроблення гранітних покладів кар'єрів Запорізької області. Як в'язуче використовували портландцемент ПЦ 1-500Р-Н (СЕМ 1 42,5R) ПрАТ «Івано-ФранківськЦемент». Як хімічні добавки використовували лігносульфонат технічний (ЛСТ) та пластифікатор форміатно-спиртовий (ПФ). Добавки готувались у виді водних розчинів.

Були вивчені рухомість та фізико-механічні характеристики цементно-піщаних зразків 4×4×16 см. Зразки-балочки тверділи у природних умовах, пропарювались при температурі 70 °С. Добавки пластифікаторів вводили з водою затворення.

При виготовленні цементно-піщаного розчину з добавкою пластифікатору визначався розплив цементно-піщаного тіста, міцність зразків-балочек при згині та стиску. Отримані результати представлені у табл. 1.

Таблиця 1

Властивості цементно-піщаного розчину с добавками пластифікаторів при природному твердненні

Вид добавки та її кількість в % від маси цементу	В/Ц	Розплив конусу (мм)	Міцність цементно-піщаного розчину при згині (МПа)		Міцність цементно-піщаного розчину при стиску (МПа)	
			1 доба	28 діб	1 доба	28 діб
			–	0,5	110	1,9
0,25% ЛСТ	0,5	140	1,0	4,2	9,5	22,3
0,25% ЛСТ+0,25%NaOH	0,5	140	1,7	5,2	1,0	27,6
0,8% ПФ	0,5	139	2,0	6,0	12,5	30,0

Отримані дані вказують, що модифікатор ЛСТ, так само як і ПФ мають значний пластифікуючий вплив на цементно-піщаний розчин. У той же час використання пластифікаторів призводить до сповільнення процесів гідратації, про що свідчать дані випробувань на міцність при згині та стиску у віці 1 доби. В більш пізньому віці найбільш висока міцність у зразків з добавкою ПФ.

При тепловій обробці зразків цементно-піщаного тіста з добавками та зниженими витратами води різниця між пластифікаторами стає більш помітною (табл. 2), оскільки при введенні ЛСТ міцність зразків при згині та стиску у віці 1 та 28 діб знижується.

Таблиця 2

Властивості цементно-піщаного розчину с добавками пластифікаторів при тепловій обробці

Вид добавки та її кількість в % від маси цементу	В/Ц	Міцність цементно-піщаного розчину при згині (МПа)		Міцність цементно-піщаного розчину при стиску (МПа)	
		1 доба	28 діб	1 доба	28 діб
–	0,52	4,1	5,2	15,2	21,8
0,25% ЛСТ	0,43	3,8	4,7	8,2	18,8
0,25% ЛСТ+0,25%NaOH	0,43	4,9	5,8	19,6	25,7
0,8% ПФ	0,43	5,2	6,9	22,8	30,7

Обробка ЛСТ лугами, поліпшує властивості зразків та завдяки зниженим на 20% витрат воді, ці зразки мають достатньо високу міцність ц порівнянні з контрольними. У цьому випадку зразки за міцністю на згин та стиск кращі, ніж контрольні та не поступаються зразкам з добавкою ПФ. Використання ЛСТ спільно з NaOH, призводить до підвищення міцності дослідженого розчину. Використання ПФ забезпечує найбільш високі показники за міцністю при згині та стиску.

Проведені дослідження дозволяють рекомендувати добавку ПФ у кількості 0,8% як основної добавки для ресурсозберігаючої технології одержання будівельних виробів.

Приготування бетонних сумішей проводилося ручним перемішуванням, ущільнення бетону здійснювали віброущільненням протягом 2-3 хвилин, а потім зразки піддавали тепловій обробці.

Для вивчення властивостей бетону з добавкою ПФ та дрібним заповнювачем у виді дрібнозернистого піску та гранітного відсіву було

підбрано 5 складів бетонної суміші. У цих складах змінювалось співвідношення піску, гранітного відсіву та пластифікуючої добавки. Осадка конуса бетонної суміші в усіх складах знаходилась у межах 4-5см, кількість залученого повітря складає 5%.

У складі контрольного бетону відсутні відсівни дрібнення гірських порід та пластифікатор ПФ. Вміст пилювато-глейових порід не перевищував 7% від маси дрібного заповнювача. Щебінь фракції 5-20 см не вмщував пилюваті частинки. У перших трьох складах бетону з відсівами дрібнення гірських порід співвідношення піску та гранітного відсіву складало 20% та 80%. Вміст пилювато-глейових частинок складав відповідно 5%, 10%, 15% від маси гранітного відсіву. З підвищенням кількості пилюватих частинок підвищували концентрацію добавки ПФ для отримання потрібної осадки конуса. В останньому складі, що досліджувався, увесь дрібний заповнювач представлений гранітним відсівом з модулем крупності 2,8 та вмістом пилювато-глейових частинок 15% від маси гранітного відсіву.

Необхідно відмітити, що пилюваті частини гранітного відсіву представлені в основному дисперсним гранітом та його складовими – слюда, кварц, ортоклаз, польові шпати. У піску пилюваті частинки представлені в основному глиною, яка у кількості більш 3 % від маси дрібного заповнювача знижує міцнісні характеристики бетону.

Результати випробувань, вказують, що введення добавки ПФ дозволить поліпшити міцнісні показники бетону на дрібному піску з вмістом глейових частин до 10%. При використанні як дрібного заповнювача піску та гранітного відсіву при їх співвідношенні по масі 1:4 та введенні добавки ПФ міцність бетону поліпшується на 28-35%. Оптимальна кількість пилюватих частин у цьому випадку не більше 10% від маси дрібного заповнювача.

Оптимальним був вибраний бетон з вмістом відсівів не більше 20 %, оскільки він мав найкращі міцності характеристики $R_{ct} = 24,3$ МПа.

Дані, що представленні у табл. 2 дозволяють зробити висновок, що використання гранітного відсіву та дрібного піску при співвідношенні по масі 1:1 та введення у склад бетону пластифікатору ПФ забезпечує підвищення міцності бетону на 31-38%, що дозволяє знизити витрати в'язучого на 10%.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВМІСТУ ВІТАМІНУ С У ФРУКТАХ ЙОДОМЕТРИЧНИМ МЕТОДОМ

Копанцева Л.М., Іващенко О.Д., Соломаха В.А. (м. Полтава)

Аскорбінова кислота, або вітамін С, має значний вплив на кров та клітини тканин організму людини через свою антиоксидантну дію:

- *нейтралізація вільних радикалів*: аскорбінова кислота є потужним антиоксидантом, який здатний нейтралізувати вільні радикали. Вільні радикали є нестабільними молекулами, що можуть завдати шкоди клітинам та тканинам, включаючи пошкодження ДНК та інших біомолекул. Аскорбінова кислота здатна перехоплювати ці вільні радикали, запобігаючи їхньому впливу на клітини та тканини.
- *підтримка колагенового синтезу*: аскорбінова кислота є важливим фактором у синтезі колагену, основного білка, що складає структурну основу тканин, таких як шкіра, суглоби, судини та інші. Колаген відіграє ключову роль у збереженні міцності, еластичності та гнучкості тканин. Вважають, що аскорбінова кислота стимулює синтез колагену, який сприяє збереженню здоров'я тканин та органів.
- *захист від окислення ліпідів в крові*: аскорбінова кислота може захищати ліпіди (жири) в крові від окислення, що призводить до утворення шкідливих продуктів, таких як окисдований холестерин, який може сприяти розвитку серцево-судинних захворювань. Антиоксидантна дія аскорбінової кислоти допомагає запобігти цьому окисленню, знижуючи ризик розвитку серцево-судинних проблем.

Ці механізми сприяють збереженню здоров'я та функціонуванню організму в цілому.

Головними природними джерелами аскорбінової кислоти є свіжі фрукти та овочі. Але під час термічної обробки продуктів (тривале кип'ятіння, тушкування), довгого вимочування овочів та фруктів перед вживанням, кількість вітаміну С знижується. Знаючи, найбільший вміст вітаміну С, можна збалансувати власний раціон, для отримання щоденно необхідної кількості вітамінного заряду. Звертаємо Вашу увагу на те що, лікарі радять отримувати вітаміни саме з їжі, а не з пігулок та БАДів. Наразі, провідні експерти вважають, що вітамін С, який запакований в пігулку, є просто вітаміном. А вітамін, який організм отримує з продуктів (шипшини, смородини, полуниці), є не тільки органічною кислотою, але й: клітковиною, поживною речовиною, антиоксидантом.

Зазначимо декілька фруктів та овочів за вмістом вітаміну С:

- шипшина - цікаво, що сухі плоди містять значно більшу кількість речовини, ніж свіжі – близько 1200 мг/100 г замість 470 мг/100 г;
- полуниця - місткість аскорбінової кислоти в 100 г полуниці складає близько 60 мг, тобто, денна норма для людини;
- апельсин - схожий з полуницею за вмістом вітаміну С (60 мг/100 г);
- лимон - у 100 г цитрусу міститься близько 60 мг;
- ківі - якій містить близько 60 мг аскорбінки на 100 г сировини.

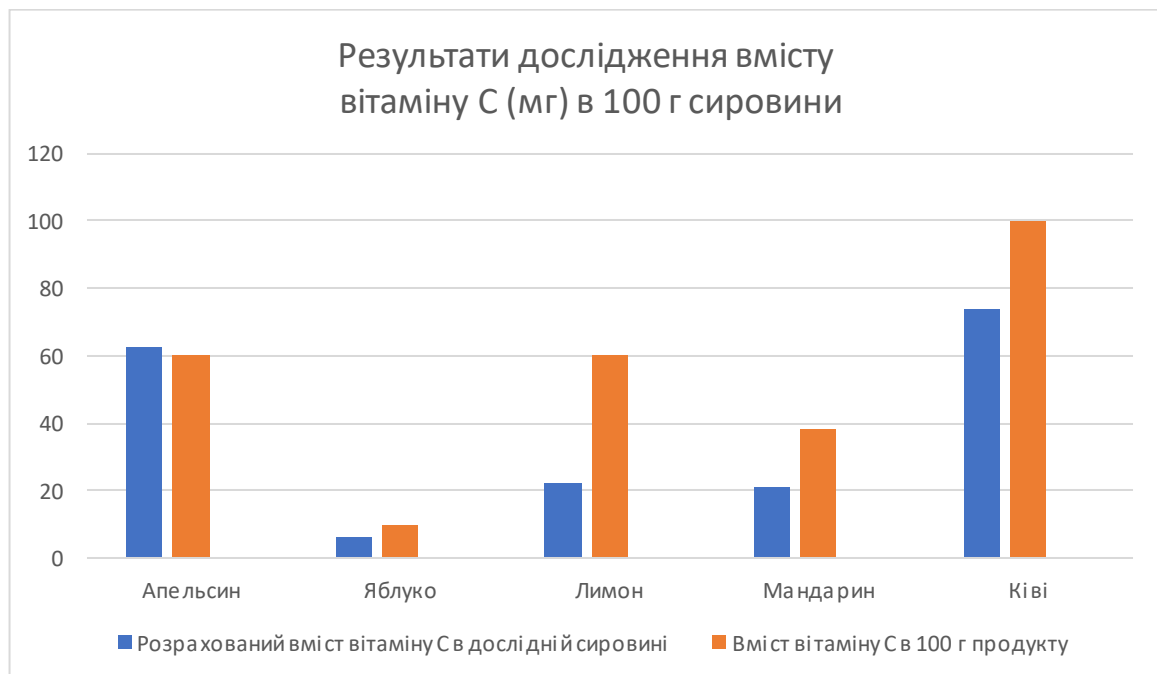
Для експерименту були обрані фрукти, куплені у супермаркетах м. Полтави: апельсин, яблуко, лимон, мандарин та ківі. Дослідження вмісту вітаміну С проводимо за допомогою кількісного йодометричного методу аналізу. Беруть наважку середньої проби 5-10 г на технічних терезах, переносять у фарфорову чашку, розтирають з 1% розчином соляної кислоти (не більше 20 мл) до однорідної маси і переносять у колбу на 100 мл. Розчин доводять до мітки 2% розчином оксалатної кислоти, витримують 10 хв. і

швидко фільтрують у суху колбу. Потім відбирають паралельно три проби по 5-20 мл фільтрату (в залежності від вмісту аскорбінової кислоти) у конічні колби. У дві паралельні проби додають маленький кристалик КІ і 1мл 1% розчину крохмалю та титрують 0,001 М робочим розчином йодоватокислого калію КІО₃ до появи фіолетового забарвлення.

При визначенні аскорбінової кислоти в забарвлених розчинах ставлять третю колбу для порівняння кольору. Навіть у інтенсивно рожевих розчинах явно пробивається фіолетове забарвлення, яке з'являється від однієї краплі йоду з крохмалем. Вміст аскорбінової кислоти розраховується за формулою:

$$X = \frac{100 \cdot V \cdot C \cdot V_1}{m \cdot V_2}, \text{ де}$$

V – кількість 0,001 М розчину КІО₃, витраченого на титрування, мл; C – 0,088 мг аскорбінової кислоти, що відповідає 1 мл 0,001 М розчину КІО₃; V₁ – об'єм екстракту, мл; V₂ – об'єм екстракту, взятого на титрування, мл; m – маса наважки, г.



Список використаних джерел:

1. Аналітична хімія. Навчально-методичний посібник для здобувачів вищої освіти спеціальності 226 «Фармація, промислова фармація» / Іващенко О.Д., Копанцева Л.М. та ін. – Полтава, РВВ ЗВО ПДМУ, 2023. – 162 с. 2. Пилипенко А. Т., П'ятницький І.В. Аналітична хімія. Т.1,2.–К.: 2018. - 845 с. 3. Аналітична хімія: Якісний та кількісний аналіз: навч. Конспект лекцій /В.В.Болотов та ін.; за ред .В.В.Болотов, Вінниця: Нова книга, 2013. 424с.

БІОХІМІЯ КРОВІ ТА ГЕМОСТАЗ

Жалій Б.О., Кутімов А.Я. (м. Полтава)

Кров - це рідка сполучна тканина, яка виконує різні функції, включаючи транспортування кисню, поживних речовин, гормонів та імунний захист. Вона складається з плазми і клітинних елементів, таких як еритроцити, лейкоцити, гранулоцити, лімфоцити, моноцити і тромбоцити. Плазма на 92% складається з води і містить білки, солі та іони. Білки плазми включають альбумін, глобуліни (α -1, α -2, β і γ) і фібриноген, який відіграє важливу роль у згортанні крові.

Еритроцити переносять гемоглобін і кисень до клітин, і вуглекислий газ до легень. Еритроцити не мають ядра і отримують енергію переважно анаеробним шляхом. Тривалість життя еритроцитів становить 100-120 днів, після чого вони замінюються новими, що виробляються в червоному кістковому мозку. Лейкоцити відповідають за імунний захист, тоді як тромбоцити беруть участь у гемостазі та допомагають зупинити кровотечу. [2]

Гемостаз - це процес зупинки кровотечі, який складається з декількох етапів. Судинно-тромбоцитарний гемостаз (первинний) передбачає утворення білого кров'яного згустку в місці пошкодження, який зупиняє кровотечу протягом 5-10 секунд. Коагуляційний гемостаз (вторинний) передбачає утворення червоного кров'яного згустку з фібрину і клітин крові, це повільний процес і може зайняти 2-3 години. [1]

Система гемостазу має фізіологічні та патофізіологічні функції. Фізіологічні функції включають підтримання крові в рідкому стані для живлення і газообміну та сприяння здоров'ю стінок судин. Приблизно 15% тромбоцитів використовуються для трофіки судинного ендотелію, підвищуючи стійкість судинної оболонки до пошкоджень і забезпечуючи антитромботичні властивості. Патофізіологічна функція тромбоцитів полягає у зупинці кровотечі

внаслідок утворення тромбу в місці пошкодження та забезпеченні тромболізу після відновлення судин.

Однак порушення роботи системи гемостазу може призвести до спадкових захворювань, таких як гемофілія, при якій кровотеча триває довше, ніж у нормі. Гемофілія А спричинена дефіцитом фактора згортання крові VIII, гемофілія В (хвороба Крістмаса) - дефіцитом активності фактора згортання крові IX, а гемофілія С - дефіцитом фактора згортання крові XI [1].

Тромбоз - це утворення згустків крові в кровоносних судинах і може бути захисним механізмом або патологічним станом. Захисний тромбоз допомагає зупинити кровотечу. Патологічний тромбоз може ускладнювати перебіг різних захворювань, таких як атеросклероз та інфекції, і може призвести до тромбоемболії, при якій згусток крові блокує кровообіг [3].

Коагуляційні контрастні дослідження допомагають оцінити стан системи згортання крові і використовуються для виявлення порушень гемостазу. Біохімічні препарати, що використовуються для лікування порушень гемостазу, включають антикоагулянти, антитромбоцитарні засоби та тромболітичні препарати. Антикоагулянти пригнічують згортання крові, антитромбоцитарні засоби запобігають агрегації тромбоцитів, а тромболітичні засоби приймають розчиненню згустків крові. [4]

Майбутні дослідження в галузі біохімії крові та гемостазу будуть зосереджені на відкритті нових біомаркерів, розробці інноваційних методів лікування, таких як генна терапія та стовбурові клітини, а також на вивченні генетичних факторів, що впливають на гемостаз. Ці дослідження сприятимуть створенню персоналізованих підходів до лікування, підвищенню точності діагностики та ефективному моніторингу порушень гемостазу. [2]

Список використаних джерел:

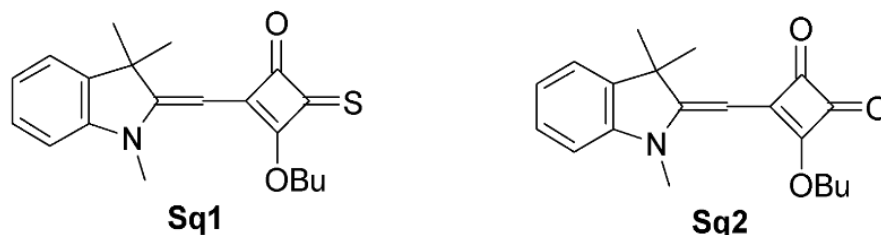
1. Шевчук В. Г., В. М. Мороз, С. М. Бєлан, М. Р. Гжегоцький, М. В. Йолтухівський (2018). Зміст (PDF). Фізіологія (вид. 2, Підручник для ВМНЗ IV р.). Вінниця: Нова Книга. с. 280—285. ISBN 9789663825328. Архів оригіналу (PDF) за 23 січня 2022. <https://reporter.zp.ua/trombocitopatiya-wnq.html>

КОЛОРИМЕТРИЧНИЙ СЕНСОР НА ОСНОВІ СЕМІСКВАРАЇНОВОГО БАРВНИКА ДЛЯ ДЕТЕКЦІЇ КАТІОНІВ РТУТІ (II)

Кулик О. Г., Свояков Р. П., Вакслер Є. О., Татарець А. Л. (м. Харків)

З урахуванням зростаючої загрози від забруднення навколишнього середовища токсичними речовинами, які можуть накопичуватися в харчовому ланцюзі та перетворюватися в ще більш токсичні сполуки, розробка нових методів і вдосконалення існуючих для виявлення цих речовин стає надзвичайно важливим завданням. Один із найбільш перспективних способів детекції іонів важких металів, зокрема ртуті (II), ґрунтується на використанні *оптичних хемосенсорів* – органічних сполук, молекули яких містять рецептор, здатний до селективної взаємодії з катіонами токсичних металів, та хромофорний фрагмент, що змінює свої спектральні властивості при зв'язуванні з іоном металу. Але незважаючи на велику кількість різноманітних хемосенсорів, описаних у літературі, число сенсорів, які одночасно поєднують високу селективність комплексоутворення та значний спектральний відгук у водному або водно-органічному середовищі, зовсім мале.

З огляду на вищесказане, метою нашої роботи став пошук та дослідження нових, чутливих до іонів Hg^{2+} , сенсорів на основі семісквараїнових барвників. Для досягнення поставленої мети ми, перш за все, дослідили власну бібліотеку барвників та обрали два перспективні, на наш погляд, семісквараїнові барвники **Sq1** та **Sq2** для вивчення їхніх хемосенсорних властивостей.



У ході дослідження було виявлено, що при додаванні до розчинів барвників **Sq1** та **Sq2** у суміші MeOH–H₂O (1:1, об./об.) розчину Hg^{2+} ,

стабілізованого 1 М азотною кислотою, лише **Sq1** продемонстрував чутливість до присутності катіонів ртуті (II). Наступні експериментальні дослідження проводилися з барвником **Sq1**, тоді як в теоретичних розрахунках використовували обидва барвники для порівняння.

Для визначення робочого діапазону сенсора ми провели фотометричне титрування розчину барвника **Sq1** розчинами іонів Hg^{2+} з різною концентрацією (Рис. 1). Так, при збільшенні концентрації іонів Hg^{2+} інтенсивність смуги поглинання барвника **Sq1** при 503 нм зменшується, тоді як при 450 нм з'являється та зростає нова смуга, що свідчить про утворення комплексу ліганд-метал **Sq1**– Hg . Варто відзначити, що при додаванні розчину іонів ртуті (II) відбувається швидка зміна кольору розчину барвника з помаранчевого на жовтий.

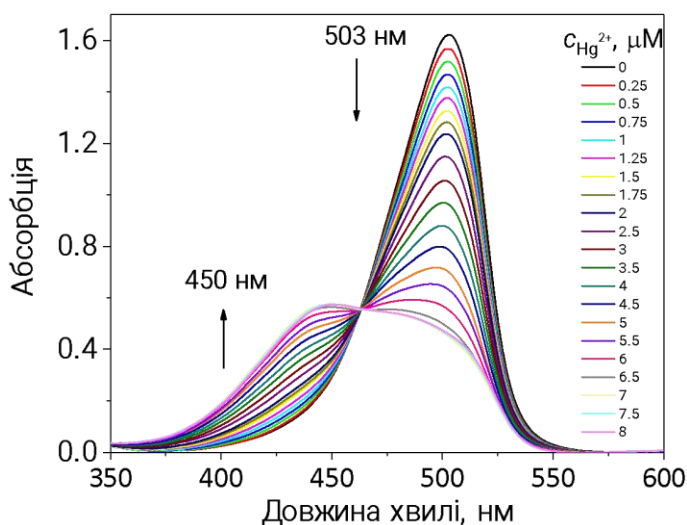


Рис. 1. Спектри поглинання барвника Sq1 у суміші MeOH–H₂O (1:1, об./об.) при додаванні розчинів Hg^{2+} .

Далі ми вивчили чутливість барвника **Sq1** по відношенню до катіонів інших металів (Li^+ , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Ba^{2+} , Al^{3+} , Ni^{2+} , Co^{2+} , Fe^{3+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} , Pb^{2+} та Cd^{2+}). Однак, жодних змін у спектрах поглинання барвника **Sq1** у присутності цих іонів не спостерігалось (Рис. 2а). У той же час, при додаванні іонів Ag^+ відбувалось незначне зниження оптичної густини, що свідчить про деяку спорідненість **Sq1** до катіонів срібла та пояснюється тіюфільною природою Ag^+ .

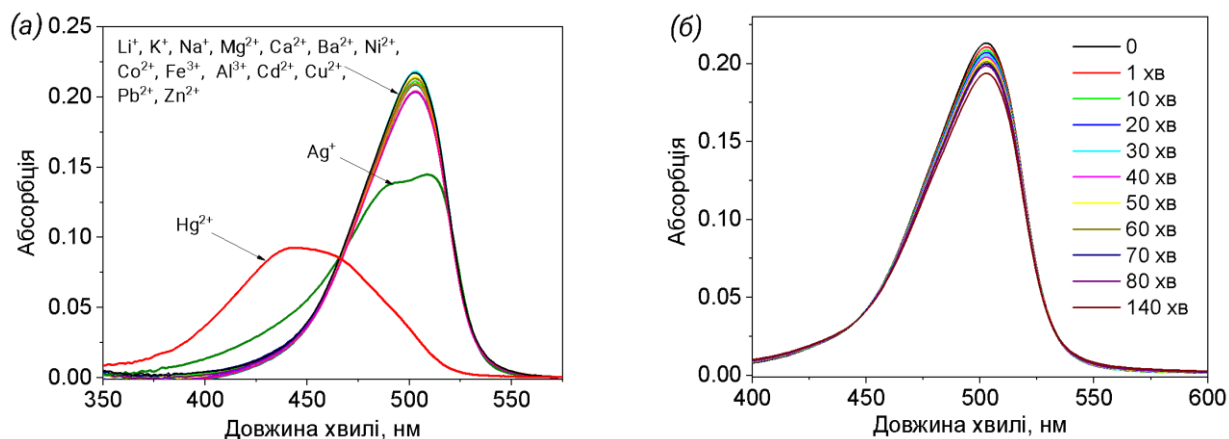


Рис. 2. (а) Спектри поглинання барвника *Sq1* ($c = 2 \text{ мкМ}$) у суміші $\text{MeOH-H}_2\text{O}$ (1:1, об./об.) у присутності іонів різних металів ($c \sim 100 \text{ мкМ}$) та (б) зміни спектрів поглинання впродовж 140 хв у присутності HNO_3 ($c=21 \text{ мМ}$).

Для досліджень ми використовували розчин іонів Hg^{2+} ($c=5 \text{ мМ}$), стабілізований 1 М нітратною кислотою, яка може впливати на чутливість сенсора або, навіть, перешкоджати його роботі. Саме тому ми провели вимірювання спектрів поглинання барвника **Sq1** у присутності максимальної використаної концентрації HNO_3 ($c=21 \text{ мМ}$) і виявили, що після додавання кислоти спектр майже не змінювався протягом більше ніж 1 години (Рис. 2б), що вказує на відсутність впливу HNO_3 на спектральні властивості сенсору.

Для визначення найменшої концентрації іонів Hg^{2+} , яку можна виявити за допомогою **Sq1**, ми побудували графік залежності максимумів поглинання при 503 нм та 440 нм як функцію від концентрації іонів Hg^{2+} . Межа визначення іонів Hg^{2+} була розрахована як 0.0642 мкМ при 503 нм та 0.088 мкМ при 440 нм.

Метод ізомольярних серій або метод Джоба було використано для аналізу стехіометрії комплексоутворення (Рис. 3). За цим методом як при 440 нм (Рис. 3а) так і при 503 нм (Рис. 3б) склад суміші, визначений в абсцисі точки перетину двох дотичних, відповідає комплексу із мольним співвідношенням **Sq1**– Hg^{2+} (0.67:0.33). Отже, барвник **Sq1** у середовищі $\text{MeOH-H}_2\text{O}$ (1:1, об./об.) утворює комплекс з Hg^{2+} у стехіометричному співвідношенні **Sq1**– Hg (2:1).

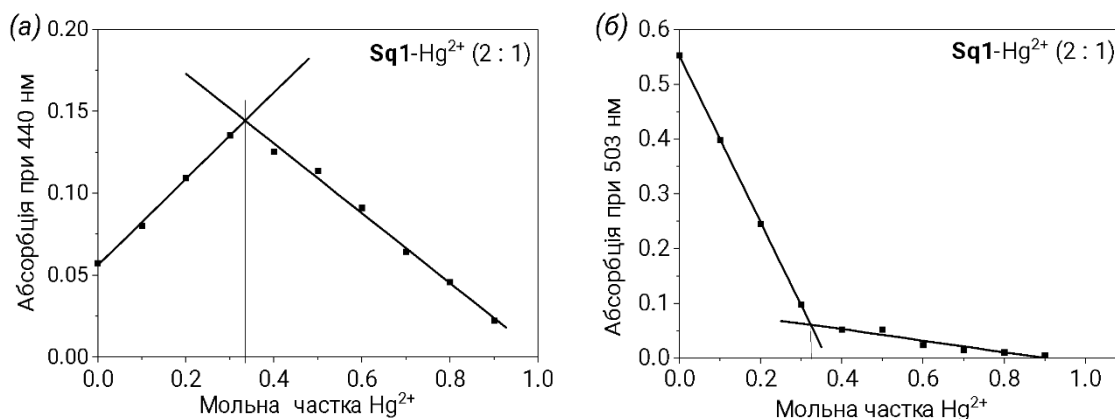


Рис. 3. Графіки Джоба для барвника Sq1 та іонів Hg²⁺ у суміші MeOH–H₂O (1:1, об./об.) при довжинах хвиль 440 (а) та 503 (б) нм.

Для пояснення високої селективності барвника **Sq1** до комплексоутворення з іонами Hg²⁺ і, як наслідок, спектрального та колориметричного відгуку, ми провели теоретичні розрахунки.

Перш за все, конформації барвників, інших реагентів та продуктів реакцій комплексоутворення було побудовано та передоптимізовано з використанням функціоналу PBE0 та базисного набору def2-tzvp. Отримані геометрії молекул було сольватовано молекулами розчинника (еквімолярної суміші метанолу і води) у явному вигляді за рахунок псевдовипадкового алгоритму в пакеті RasMol. Отримані системи було оптимізовано методом ONIOM (нашої власної N-шарової інтегрованої орбітальної і молекулярної механіки для молекул), де високий рівень теорії оброблявся тими ж функціоналом і базисом теорії функціоналу густини, а низький – силовою молекулярно-динамічною моделлю UFF (United Force Field). На завершальному етапі характеристики оптимізованих конформацій було розраховано шляхом їх вилучення з багатошарової моделі та ресольватації з використанням моделі CPCM (Conductor-like Polarizable Continuum Model).

Процес формування комплексної сполуки є більш складним, ніж утворення такої із вільних молекул ліганду і катіонів металу, тому ми спробували приблизно його сформуванню та оцінити енергетичну вигоду

комплексоутворення. Користуючись описаною вище методикою, ми обчислювали вигоду формування комплексної сполуки як різницю між сумами потенційних енергій продуктів та реагентів. Оскільки згідно експериментальних та наших теоретичних даних нітрат-аніони залишаються поруч із розглянутими іонами металів (*Me*) у водно-метанольній суміші, солі розглядалися як цілісні молекули.

Ми розглянули чотири потенційні реакції комплексоутворення (Таблиця 1) із нейтральних та протонованих молекул вихідних лігандів (*L*) **Sq1** та **Sq2** для співвідношень метал-ліганд у комплексі 1:1 та 1:2.

Таблиця 1

Енергетична вигода формування комплексних сполук хемосенсорів Sq1 та Sq2 з іонами важких металів у суміші MeOH:H₂O (1:1)

Реакція формування комплексу	Метал	Енергетична вигода формування комплексу, ккал/моль	
		Sq1	Sq2
$L + Me(NO_3)_2 \leftrightarrow MeL^{2+} + 2NO_3^-$	Cd ²⁺	-14.7	-27.1
	Hg ²⁺	-6.9	-33.1
	Pb ²⁺	-28.8	-42.7
$MeL^{2+}_2 + 2NO_3^-$	Cd ²⁺	5.2	-19.6
	Hg ²⁺	17.5	-21.9
	Pb ²⁺	-1.1	-19.6
$LH^+ + Me(NO_3)_2 \leftrightarrow MeL^{2+} + HNO_3 + NO_3^-$	Cd ²⁺	2.4	-10.4
	Hg ²⁺	10.3	-16.4
	Pb ²⁺	-11.7	-26.0
$2LH^+ + Me(NO_3)_2 \leftrightarrow MeL^{2+}_2 + 2HNO_3$	Cd ²⁺	39.5	13.8
	Hg ²⁺	51.8	11.5
	Pb ²⁺	33.2	13.7

Як видно з таблиці 1, всі варіанти проходження реакцій вказують на більшу ймовірність формування комплексних сполук типу $MeL^{2+}_2MeL22+$. Більш того, при взаємодії нейтральних молекул формування комплексів із співвідношенням метал-ліганд 1:2 є єдиним енергетично вигідним, превалуючи над комплексами зі співвідношенням 1:1 на 20-30 ккал/моль. Важливим є і той факт, що формування комплексів ртуті (II) явно превалює над комплексами кадмію та свинцю, пояснюючи тим самим селективність хемосенсора. Слід

зазначити, що повної селективності ідентифіковано не було і формування принаймні комплексів з іонами Cd^{2+} , може відбуватися при ретельному підборі умов експерименту.

Таким чином, завдяки своїм спектральним, хемосенсорним та фізико-хімічним властивостям барвник **Sq1** має потенційне значення для виявлення та кількісного визначення концентрації іонів Hg^{2+} у різноманітних об'єктах навколишнього середовища, харчових продуктах, фармацевтичних засобах та інших матеріалах. Це відкриває можливості для його використання у сферах екологічного моніторингу, контролю якості продуктів та медикаментів, а також у інших галузях, де важливо виявлення та вимірювання вмісту ртуті для забезпечення безпеки та здоров'я людей.

АНРОПОГЕННИЙ ВПЛИВ АВТОМАГІСТРАЛІ КИЇВ-ЧОП НА ЛОКАЛЬНУ ФАУНУ С. СОЛОНКА НА ЛЬВІВЩИНІ

Паламаренко О.В. (м. Львів)

Загибель тварин на автомобільних дорогах відбувається постійно. Масштаби даного явища залежать від інтенсивності експлуатації дорожнього полотна, швидкості руху, стану покриття та узбіч, наявності огорож, будівель, лісопосадок та низки інших чинників.

До початку масштабної війни між Україною та росією, ділянка автомагістралі міжнародного значення Київ-Чоп в південній околиці Львова завжди інтенсивно експлуатувалася. У наших публікаціях [1-3] здебільшого розкриті питання негативного впливу автотранспорту та батрахо- та герпетофауни. Жаби, ропухи та змії, як правило, через необхідність здійснювати сезонну міграцію, стають жертвами наїзду автотранспорту. Оскільки ці тварини невеликих розмірів та рухаються відносно повільно, уникнути загибелі їм часто не вдається. Безпечних підземних переходів та відповідних дорожніх знаків про міграцію дрібних тварин, на Львівщині досі

немає. Стосується це навіть доріг, які пролягають через заповідні об'єкти (національні природні парки, природний заповідник Розточчя). Сусідні країни, зокрема Польща, мають встановлені у місцях масових наземних міграцій земноводних, підземні переходи і дорожні знаки. Такі знаки дозволяють водіям знизити швидкість і звести до мінімуму загибель амфібій під колесами.

Протягом 2004-2024 років нами зібрано чимало фактів загибелі тварин на дорогах Львівщини, в тому числі видів Червоної книги України (2009, 2021). Для прикладу, в околицях с. Липники та с. Ков'ярі було знайдено мертвим на узбіччі широковуха звичайного (*Barbastella barbastellus*). Цей зразок переданий до зоологічного музею імені Бенедикта Дибовського у Львові.

З початком масштабної війни росії та України рух автомагістралю Київ-Чоп відзначався значною інтенсивністю. Тут проходила евакуація до західних кордонів держави. Частка вантажного та легкового транспорту суттєво зросла. Це, без сумнівів, вплинуло на локальні угруповання та призвело до зростання загибелі тварин на дорогах.

За трупами та рештками встановлено, що у 2022-2024 роках на 1-кілометровій ділянці дороги, що пролягає від с. Ков'ярі до с. Солонка гинули птахи і ссавці таких видів: снігур звичайний (*Pyrrhula pyrrhula*), синиця велика (*Parus major*), синиця блакитна (*Cyanistes caeruleus*), припутень (*Columba palumbus*), куниця кам'яна (*Martes foina*), їжак білочеревий (*Erinaceus roumanicus*), кіт свійський (*Felis catus*), пес свійський (*Canis familiaris*). Мертвими також знайдені декілька особин виду пацюк сірий (*Rattus norvegicus*), жаба трав'яна (*Rana temporaria*), ропуха звичайна (*Bufo bufo*).

Для представників дикої теріофауни неблагополучні умови складаються для їжака білочеревого та куниці кам'яної. В прилеглих дачних масивах та агроценозах вони мешкають постійно. Однак, перетнути автомагістраль вдається не завжди. Підтверджує сумну статистику 2022-2024 років наступний факт: дві загиблі дорослі куниці кам'яні та дев'ять їжаків білочеревих.

Отже, антропогенний вплив автомагістралі Київ-Чоп на локальну фауну с. Солонка та прилеглих населених пунктів проявляється через загибель тварин під колесами автотранспорту та від зіткнень (для крукокрилих і птахів). Для деяких видів тварин засмічені узбіччя дороги є місцем пошуку поживи. Джерелом їжі слугують трупи тварин та сміття, яке викидають водії і пасажирки на узбіччя. Здебільшого це стосується воронових птахів (граки, круки, галки, меншою мірою також сойки) у холодний період року.

Список використаних джерел:

1. Паламаренко О.В. Ризики для земноводних та плазунів на оновлених дорогах Львівщини // Лісівнича освіта і наука: стан, проблеми та перспективи розвитку: Збірник матеріалів учасників міжнародної науково-практичної конференції студентів, магістрів, аспірантів, молодих вчених і викладачів (19 травня 2022 р., м. Малин). – Малин: Вид-во МЛТК, 2022. – С.121-123.
2. Федонюк О.В. Экологические последствия эксплуатации нового участка дороги Киев-Чоп в Львовской области // Біорізноманіття та роль зооценозу в природних і антропогенних екосистемах: Матер. VI Міжнар. наук. конф. Дніпропетровськ, 4-6 жовтня 2011 року. – Д. Вид-во ДНУ, 2011. – С. 38-39.
3. Федонюк О. В. Загибель земноводних та плазунів на дорогах // Наук. вісн. Ужгородського ун-ту: серія біологічна. – 2007. – Вип. 21. – С. 247-248.

ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОД РІЧКИ ДНІПРО ЗА СУХИМ ЗАЛИШКОМ В ЗОНІ ВПЛИВУ СКИДІВ СТОКІВ ПІДЗЕМНИХ ВОД

Петрушина Г.О., Ковальова Л.С. (м. Дніпро)

Максимова Н.М. (м. Запоріжжя)

Забезпечення прісною питною водою населення є актуальною задачею, оскільки запас питної води є обмеженим і її якість за останнє тисячоліття різко погіршилась внаслідок антропогенного впливу [1]. Відчутний вплив діяльності людини на природні водойми спостерігається в районах впливу великих промислових міст. Основними джерелами забруднення поверхневих вод є стічні води (особливо неочищені або недостатньо очищені, зокрема побутових, промислових, сільськогосподарського комплексу тощо), поверхневі стоки (дощові, зливові, талі води) [2]. Стічні води та поверхневий стік додають до вод водойми окрім завислих речовин, також значну кількість органічних сполук, внаслідок чого підвищується кольоровість, каламутність, знижується

прозорість, збільшується окиснюваність і біохімічна потреба у кисні (БПК), зменшується кількість розчиненого кисню, підвищуються концентрації нітрогеновмісних речовин та хлоридів, посилюється бактеріальне забруднення [3].

Метою роботи є оцінка якості поверхневих вод р. Дніпро в місцях скиду стоків підземних вод житлового масиву Перемога-3 міста Дніпро.

Одним з параметрів, який досліджувався, був сухий залишок. Сухий залишок – це загальна маса речовин (у г/дм³), отримана після випарювання попередньо відфільтрованої досліджуваної води з наступним висушуванням осаду за температури 105 °С до постійної маси. Сухий залишок є характеристикою загальної кількості розчинених у воді неорганічних (солей кальцію, магнію, калію, натрію, важких металів) і органічних речовин. Цей параметр зумовлений, насамперед, природними чинниками, зокрема геологічними умовами району походження вод та рівнем розчинності мінералів порід, із якими вони контактують. Величина його у воді, призначеної для питних потреб, не повинна перевищувати 1000 – 1500 мг/л [4].

Проби води відібрано: 1) з колектора стоків підземних вод зі скидом у р. Дніпро в районі житлового масиву Перемога-3 міста Дніпро; 2) у р. Дніпро на 20 м вище виходу колектора. Відбір проб проводили відповідно до ГОСТ 17.1.5.05-85 «Загальні вимоги до відбору проб поверхневих і морських вод, льоду й атмосферних опадів». Визначення сухого залишку проводили за МВВ 081/12-0109-03 «Поверхневі, підземні та зворотні води. Методика визначення масової концентрації сухого залишку (розчинених речовин) гравіметричним методом».

Сухий залишок води з колектора складає 878,6 мг/л. У поверхневих водах р. Дніпро на 20 м вище виходу колектора кількість сухого залишку 398,7 мг/л. Дані аналізу відповідають вимогам, що висуваються за даним показником для вод питного призначення [4].

Вміст розчинених речовин у воді стоків підземних вод є близьким до 1000 мг/л і є більше ніж вдвічі більшим, ніж у воді р. Дніпро. Достатньо великий вміст неорганічних солей є характерним для підземних вод, та не вказує на відхилення від санітарних норм.

Список використаних джерел:

1. Олексієнко О. Ю., Попова В. В. (2021). Оцінка якості питних вод з різних джерел водопостачання. *Технології та інжиніринг*, № 5, 2021. С. 37-47. <https://doi.org/10.30857/2786-5371.2021.5.4>
2. Скок С. В. (2020) Вплив зливових та каналізаційних стічних вод на якість річки Дніпро в зоні дії Херсонської урбосистеми. *Вісник Уманського національного університету садівництва*, № 2, 2020. С. 122-129. <https://doi.org/10.31395/2310-0478-2020-2-122-129>
3. Севальнев А.І., Гребняк М.П., Сушко Ю.Д., Торгун В.П., Кірсанова О.В., Федорченко Р.А., Куцак А.В., Шаравара Л.П., Соколовська І.А., Волкова Ю.В. (2020). *Гігієна та екологія. Навчальний посібник для самостійної роботи студентів. Запоріжжя: ЗДМУ. 73 с.*
4. *Державні санітарні норми та правила «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (ДСанПіН 2.2.4-171-10).* 2010. <URL://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10#Text>

НЕБЕЗПЕКА ВПЛИВУ ХІМІЧНИХ РЕЧОВИН НА ОРГАНІЗМ ЛЮДИНИ

Дрожжана О. У. (м. Полтава)



Багато матеріалів, з якими робітникам доводиться контактувати під час роботи, можуть становити небезпеку здоров'ю. Шкідливі речовини можуть бути в повітрі робочої зони у вигляді пилу, газів або пару, які з повітряним потоком здатні потрапляти всередину організму. Вони можуть бути у вигляді порошків або рідин і контактувати зі слизовою оболонкою очей або шкірним покривом.

У сучасному промисловому виробництві складно знайти таке робоче місце, де робітник не зазнав би впливу хімічних матеріалів. Шкідливий ефект від впливу хімікатів може виявлятися відразу, наприклад, різі в очах або запаморочення, а може розвиватися протягом багатьох років, як, наприклад, захворювання легень. Залежно від характеру впливу на організм людини, шкідливі хімікати можуть поділятися на подразнюючі речовини, токсичні,

сенсibiliзуючі, канцерогенні та інші. Багато речовин мають одночасно декілька шкідливих властивостей і, звичайно, всі вони мають токсичний ефект з різницею тільки в небезпечній для організму людини концентрації [1].

Ступінь небезпеки хімікатів, присутніх на робочих місцях може залежати від багатьох факторів: токсичність хімікатів, фізичні характеристики шкідливих речовин, умови проведення робіт, концентрація шкідливої речовини, сумарна концентрація шкідливих речовин, шляхи потрапляння в організм, чутливість робітників до впливу шкідливих речовин. Важливо розуміти, яким чином ці фактори впливають на загальну робочу ситуацію [2].

Хімікати можуть потрапляти в організм людини через респіраторний тракт, шкірний покрив та травний тракт. На робочих місцях основним способом попадання газів, пари та аерозольних частинок в організм є їх вдихання всередину з наступним абсорбуванням через легені. Однак ряд хімікатів, зокрема рідин, здатні проникати всередину організму при контакті зі шкірним покривом. Попадання шкідливих хімікатів через рот і органи травлення не є дуже поширеним явищем у промисловому виробництві [1].

Респіраторна система людини немає ефективних захисних бар'єрів від проникнення всередину організму шкідливих хімікатів. Із загальною площею легень у дорослої здорової людини близько 90 м² протягом 8-годинного робочого дня при виконанні роботи з помірним фізичним навантаженням всередину організму вдихається понад 8,5 м³ повітря. Під час дихання хімікати, що знаходяться в повітрі у зваженому стані, проникають через рот або ніс, проходять респіраторним трактом і досягають зони газообміну в легенях. Там вони осідають на поверхні легень або проходять у кровоносну систему [3].

Деякі хімічні речовини подразнюють слизову оболонку верхнього респіраторного тракту та дихальні шляхи у легенях. Таке подразнення може бути попередженням про наявність у повітрі хімікатів. Однак більша частина газів і пари не мають такого ефекту, вони непомітно проникають всередину

організму, ушкоджують легені або переносяться в кровоносну систему і разом з кров'ю розносяться по всьому організму.

Проникнення всередину організму частинок пилу залежить від їх розміру та здатності розчинятися. Великі частинки пилу фільтруються волосками в носі або осідають на слизовій оболонці вздовж респіраторного тракту. Частинки пилу діаметром менше 5 мікрон здатні досягати зони газообміну в легенях. Нерозчинні частинки осідають на поверхні легень, а потім виводяться з організму за допомогою механізму очищення легень. Частинки, здатні розчинятися, потрапляють у кров [2].

Іншим шляхом попадання хімікатів усередину організму є їхня абсорбція через шкірний покрив. Хімікати, здатні розчинятися в жирах та ліпоїдах (наприклад, органічні розчинники та фенол), можуть проникати всередину організму та потрапляти в кровоносну систему при контакті зі шкірою. Ушкодження шкіри (порізи, подряпини) сприяють більш швидкому проникненню хімікатів через шкіру.

Попадання шкідливих хімікатів у травний тракт може відбуватися при заковтуванні токсичного пилу, що осів на слизовій оболонці, курінні або їжі безпосередньо під час роботи з хімікатами. Шкідливі речовини, що надійшли через органи травлення, спочатку направляються в печінку, де деякі з них затримуються і знешкоджуються. Після цього вони потрапляють у загальний кровотік і розносяться організмом [1].

Шкода, яку завдають хімікати певним органам організму, залежить від кількості (доз) даних хімікатів, абсорбованих організмом. У разі вдихання шкідливих речовин, величина такої дози залежить від концентрації хімікатів у повітрі робочої зони та часу дії. Короткострокова дія великих концентрацій шкідливих речовин може призвести до гострої інтоксикації (сильного отруєння) організму. У той самий час при нижчих концентраціях, вплив яких, розтягнуто у часі, абсорбується така ж кількість шкідливих речовин, але гострої

інтоксикації немає. Однак у такому разі сумарна кумулятивна доза може бути ще вищою і це може призвести до серйозних хронічних захворювань. Малі кількості шкідливих речовин можуть не надавати будь-якого суттєвого негативного впливу на здоров'я людини. Інформація про певні шкідливі речовини та їх кількості, які при довгостроковій дії не викликають несприятливих наслідків в організмі, покладено в основу гранично допустимих концентрацій, які застосовуються при оцінці умов праці та необхідності застосування засобів індивідуального захисту [2].

Деякі шкідливі речовини мають сенсibilізуючий ефект. Після навіть нетривалої дії на організм може з'явитися підвищена чутливість до таких хімікатів. Подальша дія таких речовин може викликати бурхливу реакцію організму, яка може виявлятися в захворюваннях шкіри (дерматити, екземи), астматичних явищах і здатна навіть спричинити летальний кінець. При припиненні повторних контактів із такими речовинами, зазвичай, симптоми захворювання проходять [3].

Існують гази, здатні викликати кисневе голодування організму. Такі гази надають простий чи хімічний задушливий вплив. Проста задушлива дія відбувається тоді, коли кисень у повітрі замінюється інертним газом, наприклад азотом, вуглекислим газом, етаном, воднем, гелієм. Звичайна концентрація кисню повітря – 21%. Якщо концентрація кисню опускається нижче 17%, тканини організму перестають отримувати достатньо кисню, викликаючи такі симптоми, як запаморочення, нудота, втрата координації рухів. Подальше зниження концентрації кисню у повітрі може призвести до втрати свідомості та смерті. У ситуації з хімічним задушливим впливом гази впливають на здатність організму переносити та поглинати кисень (наприклад, чадний газ). При концентрації чадного газу повітря на рівні 0,05% істотно знижує здатність крові переносити кисень до різних тканин організму. А токсичний ефект ціаністого водню та сірководню проявляється у нездатності клітин організму приймати

кисень із крові [1]. Високі концентрації таких хімікатів, як, наприклад, етиловий або пропіловий спирт, ацетон, метилетилкетон, впливає на центральну нервову систему. Такі хімікати викликають ефект, подібний до сп'яніння. Довготривала дія таких хімікатів може викликати наркотичну залежність.

Нирки є частиною сечової системи. Завдання нирок полягає у видаленні відпрацьованих продуктів, що генеруються організмом, у підтримці балансу води та солей, контролю та підтримки рівня кислотності крові. Такі хімікати, як чотирихлористий вуглець та етиленгліколь, не дають ниркам виводити з організму шкідливі речовини. Інші хімікати, наприклад кадмій, свинець, метанол, толуол, повільно погіршують роботу нирок.

Довготривала дія певних хімікатів може викликати утворення злоякісних пухлин. Ракові утворення можуть з'явитися через багато років після контакту з такими хімікатами. Латентний період може тривати від 4 до 40 років. Миш'як, азбест, хром та нікель можуть викликати рак легень. Хром, нікель, пил дерева або шкіри можуть спричинити рак носової порожнини. Виникнення раку сечового міхура пов'язують із впливом бензидину та шкіряного пилу. Рак шкіри пов'язують з миш'яком, кам'яновугільним дьогтем та нафтопродуктами [1].

Заходи щодо запобігання професійним отруєнням та захворюванням мають бути спрямовані, перш за все, на максимально можливе усунення шкідливих речовин з виробництва шляхом заміни їх нетоксичними або менш токсичними. За наявності декількох видів сировинних матеріалів або технологічних процесів для отримання однієї і тієї ж продукції необхідно віддавати перевагу тим матеріалам, в яких міститься менше токсичних речовин, і тим технологічним процесам, у яких виключається або знижується виділення токсичних матеріалів.

Технологічні процеси з використанням або можливістю утворення токсичних речовин повинні бути по можливості безперервними, щоб усунути

або скоротити до мінімуму виділення шкідливих речовин на проміжних етапах виробництва. Такі технологічні процеси повинні бути максимально механізовані та автоматизовані, щоб унеможливити або мінімізувати необхідність знаходження персоналу в забруднених зонах [2].

При неможливості повного усунення виділення шкідливих речовин повітря робочої зони необхідно вдаватися до таких заходів санітарно-гігієнічного контролю, як вентиляція. Найбільш доцільною і більш ефективною є місцева витяжна вентиляція, що видаляє шкідливі речовини безпосередньо від джерела їх виділення і не допускає їх поширення по приміщенню. Щоб виключити небезпеку комбінованої дії на працюючих кількох токсичних речовин, необхідно максимально ізолювати виробничі ділянки з різними шкідливими чинниками, і навіть від ділянок, де взагалі шкідливих виділень немає [1].

Критерієм ефективності санітарно-гігієнічних заходів у виробничих приміщеннях є зниження концентрацій токсичних речовин у повітрі до їх гранично допустимих величин або нижче. У разі необхідності проведення робіт при концентраціях токсичних речовин, що перевищують їх гранично допустимі величини, таких як, наприклад, ліквідація аварій, проведення ремонту чи демонтажу обладнання, необхідно використовувати відповідні засоби індивідуального захисту.

Отже, дотримання вимог безпеки при роботі з хімікатами, проведення санітарно-гігієнічних заходів у виробничих приміщеннях, впровадження заходів по нормалізації умов праці сприяє зниженню ризику впливу хімікатів на працюючих під час виконання трудового процесу.

Список використаних джерел

1. Кошель В. І., Сав'юк Г. П., Дзундза Б. С. *Основи охорони праці* : навч. посіб. Івано-Франківськ : НАІР, 2020, 182 с. 2. *Хімічні чинники виробничого середовища та профілактика професійних отруєнь*: веб-сайт. URL : <http://surl.li/tnqwo> (дата звернення : 7.05.2024). 3. *Шкідливі речовини та їх небезпека*: веб-сайт. URL : <http://surl.li/tmztz> (дата звернення : 7.05.2024).

ТОКСИЧНІСТЬ ВИСОКИХ КОНЦЕНТРАЦІЙ ДИМЕТИЛСУЛЬФОКСИДУ ЗА РОСТОВИМ ТЕСТОМ З *RAPHANUS* *RAPHANISTRUM* SUBSP. *SATIVUS* (L.) DOMIN.

Ткачук О.В., Ткачук Н.В. (м. Чернігів)

Диметилсульфоксид (ДМСО) широко використовується як промисловий розчинник і для різноманітних медичних цілей [1-3]. Він є дипольярним апротонним розчинником, що виробляється промисловістю, а також зустрічається в природі як частина складного циклу сульфуру на Землі [4]. В природі ДМСО виявлений в морських і прісноводних середовищах, ґрунті, дощовій воді та атмосфері [1, 4]. Крім того, він виявлений і у різноманітних напоях і харчових продуктах [1, 4]. Для визначення токсичності різноманітних сполук використовують біотестування, зокрема, з чутливими рослинами. Наразі такою рослиною є *Raphanus raphanistrum* subsp. *sativus* (L.) Domin. [5]. Метою даної роботи було дослідження токсичності високих концентрацій ДМСО за ростовим тестом з *R. raphanistrum* subsp. *sativus*.

Як тест-рослину використано редьку посівну *Raphanus raphanistrum* subsp. *sativus* (L.) Domin. сорту Французький сніданок, насіння якої у кількості 10 штук розміщували у чашці Петрі на фільтрувальному папері, змоченому дистильованою водою (контроль) або відповідним водним розчином ДМСО (дослід). У дослідженні використано 45%, 25%, 10% водні розчини ДМСО. Дослідження здійснювали у потрійній повторності 5-діб, протягом яких на 3-ю добу визначали енергію проростання насіння (%), на 5-у добу – схожість насіння (%) та біометрико-морфометричні показники проростків тест-рослини (довжину коріння та надземної частини, мм). Розраховували фітотоксичні індекси – індекс схожості насіння та індекс довжини коріння [6]. При обробці результатів дослідження використали методи статистичної обробки даних.

Встановлено, що ДМСО у концентрації 45% є екстремально токсичним – насіння тест-рослини не проросло. Так само екстремально токсичними

виявилися й інші досліджувані водні розчини ДМСО - 25% та 10%. Дослідження фітотоксичності ДМСО у концентрації 25% показало, що енергія проростання насіння становить 3,3%, схожість насіння - 10%, довжина коріння проростків – 1 мм, що у 110 разів менше, ніж у контролі. ДМСО у концентрації 10% також вплинув на всі досліджувані тест-функції *R. raphanistrum* subsp. *sativus*. При цьому енергія проростання та схожість насіння становили 10%, довжина коріння – 1,3 мм, що у 85 разів менше, ніж у контролі. Надземна частина проростків при дії всіх досліджуваних розчинів ДМСО не розвинулася.

Таким чином, досліджувані водні розчини ДМСО (45%, 25%, 10%) є екстремально токсичними за ростовим тестом з *R. raphanistrum* subsp. *sativus*. У подальшому слід дослідити токсичність низьких концентрацій ДМСО.

Список використаних джерел:

1. Hatton A. D., Malin G., McEwan A. G., Liss P. S. Determination of dimethyl sulfoxide in aqueous solution by an enzyme-linked method. *Analytical Chemistry*. 1994. Vol. 66, No 22. P. 4093-4096.
2. Макашова О. Є., Зубова О. Л., Зубов П. М., Мігунова Р. К., Бабійчук Л. О. Кріоконсервування гемопоетичних прогеніторних клітин кордової крові в кріозахисних середовищах, що містять різні концентрації ДМСО та антиоксидантів. *Український журнал медицини, біології та спорту*. 2017. №2. С. 234-238.
3. Volkova N., Yukhta M., Chernyschenko L., Stepaniuk L., Sokil L., Goltsev A. The effectiveness of biopolymers application for cryopreservation of the fragments of convoluted seminiferous tubules of prepubertal rat's testis. *Cell and Organ Transplantology*. 2019. Vol. 7, No 1. P. 12-17. DOI: 4.
4. Gaylord Chemical Company, L.L.C. 2007. Dimethyl Sulfoxide (DMSO). Health and Safety Information. *Bulletin 106*. P. 1-16.
5. Підкопайло С.Ф., Корж О.П. Порівняльний аналіз чутливості різних тест-об'єктів до дії розчинів $K_2Cr_2O_7$. *Вісник Запорізького національного університету*. Серія: Біологічні науки. 2009. № 1. С. 116-122.
6. Tkachuk N., Zelena L. An onion (*Allium cepa* L.) as a test plant. *BHT: Biota. Human. Technology*. 2022. Issue 3. P. 50–59.

ЗАСТОСУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ПРИНЦИПІВ У ОЗЕЛЕНЕННІ МІСТ

Якуба М. С. (м. Дніпро)

Сучасне озеленення міст являє собою дедалі складніший та надзвичайно проблематичний і багатозадачний процес (Кучерявий та ін., 2020). За даними досліджень, до 2022 року в Україні на одного місцевого мешканця в середньому доводилося менше 17 м² зелених насаджень, у той час як за міжнародними нормами озеленення міст мінімальне значення цього показника

повинно становити не менше 20 м² на одного міського мешканця. Нажаль, військові дії та складні суспільно-політичні процеси, що відбуваються в країні в останні роки, значно посилюють екологічні негаразди держави, в тому числі нестачу та недосконалість створення та функціонування зелених насаджень різного призначення у країні в цілому та на території українських міст, зокрема.

Існування рослин в екстремальних умовах міського середовища, де відмічається посилений вплив техногенно-трансформованого довкілля, зумовлює необхідність пошуку та підбору нових дієвих заходів і підходів до вирішення питань з озеленення.

Роль рослин у складі урбоєкосистем важко переоцінити, оскільки саме їм належить основна функція оптимізації умов проживання містян та вдалого існування живої складової населених місць. Рослини міст комфортизують умови міського життя, формують цілісні урбаністичні комплекси, сприяють вдалій організації міського простору, створюють у містах своєрідний унікальний та неповторний настрій і колорит (Верещагіна та ін., 2015). До рослин, що висаджуються у містах висувається низка жорстких вимог, що передбачає виконання ними важливих функцій таких як містобудівна, екологічна, оздоровча, естетична, соціальна, історико-культурна та інші, при чому, при створенні зелених насаджень часто нівелюються базові потреби самих рослин у певних умовах для їх нормального існування (Мажула та ін., 2014).

Більшість міських рослин зростають в умовах порушеного режиму водозабезпечення, нестачі поживних речовин та підвищеної кількості токсичних сполук у ґрунті, воді та повітрі. Значна частина сучасних урбоземів трансформована та істотно ущільнена, ці ґрунти характеризується несприятливими для рослин фізико-механічними і трофічними властивостями. В умовах мегаполісів з високим ступенем пішохідного навантаження, щільною автотранспортною мережею та розвиненою промисловістю часто відмічається

згубний вплив на рослинні організми хімічного, теплового, вібраційного, радіоактивного, електромагнітного, санітарного та інших видів забруднення. Мають місце в умовах урбосистем часті механічні впливи на рослини, що пов'язані з близьким розташуванням до насаджень комунікаційних мереж, роботи авто- та електротранспорту, активних вібраційних процесів техногенного походження і зниження стійкості зелених насаджень до ураження хворобами та шкідниками.

З метою оптимізації умов зростання рослин у міському середовищі актуальним та вкрай необхідним є застосування екологічних принципів при озелененні міського середовища. При створенні та догляді за зеленими насадженнями у містах дуже важливо в кожному конкретному випадку правильно оцінити міські екологічні фактори на рахунок їх впливу на ріст, розвиток і функціонування рослин, підібрати такі породи дерев і чагарників, види і сорти трав'янистих рослин, які в даних умовах будуть максимально використовувати сприятливі фактори оточуючого середовища, відрізнятися оптимальними ростовими показниками, стійкістю, гарними естетичними характеристиками, довговічністю і своїм пертинентним впливом покращувати і підсилювати позитивний вплив довкілля на живі організми в межах міст.

Варто враховувати, що міське озеленення не є простим процесом насичення міста максимальною кількістю рослинності, у вирішенні цього завдання надважливим заходом є підбір такого видового складу штучно створених зелених угруповань, що відповідає параметрам даного екологічного середовища і максимально точно співпадає з екологічним потенціалом відведеної під озеленення території. Крім того, обрані для створення зелених насаджень у містах рослинні види повинні бути найбільш ефективними за ступенем позитивного впливу на міське середовище. У цих випадках слід враховувати різні властивості рослин, серед яких їх розмір, швидкість росту, декоративність, архітектоніка крони, особливості розвитку та функціонування

кореневої системи, стійкість до шкідників і хвороб, особливості будови листя та його здатність затримувати полутанти з повітря, фітонцидність тощо.

У промислових містах при підборі асортименту рослин фахівці рекомендують орієнтуватися на ті деревно-чагарникові породи, які є газостійкими і водночас володіють вітро-, пиле-, шумо- і сонцезахисними властивостями, при чому необхідно пам'ятати, що виконання рослинами покладених на них функцій у максимальній мірі можливе лише за умов відповідності рослин екологічним умовам даної території. Так, наприклад, для озеленення посушливих ділянок можна використовувати ялівець звичайний, робінію псевдоакацію, клен татарський, сосну звичайну та чорну, модрина сибірську, лох сріблястий, граб звичайний, різні види троянд, карагану, дейцію, бірючину тощо. При цьому варто звертати увагу не лише на умови зволоження озеленюваної ділянки, а й на ступінь освітлення території її ґрунтові властивості (механічний склад, щільність, кислотність або засоленість ґрунту, наявність та кількість у ґрунті макро- і мікроелементів тощо), ступінь антропогенного впливу та техногенного тиску на дану територію і її рослинний покрив, рослинні взаємовідносини та враховувати вплив на рослинне середовище рослин попередників, що зростали на озеленюваній ділянці.

Відомо, що існує низка рослин здатних добре зростати на засолених, кислих або лужних ґрунтах тощо, але вимоги цих рослин до інших факторів довкілля можуть не співпадати. Тому, при доборі асортименту рослин для конкретних місцезростань необхідно враховувати максимальну кількість факторів, що зумовлюють екологічну відповідність рослин цим умовам. Лише за наявності такої екологічної відповідності рослини добре розвиваються і утворюють композиції, що гармонійно поєднуються з оточуючим ландшафтом і виконують широкий спектр середовищепокращуючих та захисних функцій в умовах міського середовища.

Список використаних джерел:

1. Кучерявий В. П., Кучерявий В. С. Озеленення населених місць: підручник для студентів вищих навчальних закладів. Львів: Вид-во «Новий Світ-2000», 2020. 666 с.
2. Верещакіна П. М., Коваленко О. А., Чепак О. І. Технологія озеленення населених місць: курс лекцій. Миколаїв: МНАУ, 2015. 104 с.
3. Мажула О. С., Мікуліна І. М., Гордіяченко А.Ю. Озеленення населених місць:практикум. Харків: ХНАУ ім. В.В. Докучаєва,2014. 76 с.

СЕКЦІЯ ІІІ
ПРОБЛЕМИ ФАХОВОЇ ТА МЕТОДИЧНОЇ ПІДГОТОВКИ З
ХІМІЇ ТА БІОТЕХНОЛОГІЇ У ВНЗ

**THE ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN LEARNING FOREIGN
LANGUAGES**

Kompaniets I.V. (Kharkiv, Ukraine)

In order to support students' interest in learning a foreign language, it is necessary to organise the pedagogical process taking into account the conditions of the innovative environment of the educational institution, thus stimulating the development of their creativity based on their own desire and readiness for new experiences [1]. The introduction of AI technologies helps students to develop independence, the ability to solve problems and meet the challenges they will face in the workplace, and encourages them to pursue lifelong learning [2].

As a result of the scientific and technological revolution, there is a need for continuous education: knowledge is becoming outdated so quickly that we have to constantly relearn. Accordingly, the ability to learn is becoming one of the most important skills. And these skills are fostered in the process of learning a foreign language using ICT technologies [3].

Educators consider AI systems to be automation tools that help to increase the productivity of human mental labour. They help to organise a 'partnership' between the student and AI, in which the human factor is given priority. The use of artificial intelligence helps to reduce the number of errors in the process of completing tasks. The use of ICTs for presenting and processing educational material, case studies, and game modelling in foreign language learning is effective [4].

A virtual assistant, chatbot software meets the needs of users in communication between chatters, i.e., a person and a chatbot endowed with artificial intelligence.

Automatic communication using a chatbot is conducted via text or voice message. Chatbots are part of virtual assistants, such as Google Assistant, and are available through many organisations' apps, websites and instant messaging platforms. Some of the most popular messengers that support chatbot apps are instant messengers: E-mail, SMS, Telegram, and Viber, which are quite effectively implemented in the educational process of higher education institutions to assess the performance of the entire group of students.

One of the priority areas is the Duolingo app, which was one of the first to use bots for learning a foreign language, and in this regard, several characters were developed to speak in a foreign language. Users of the app noted in discussions and thematic forums that the chatbot often failed to imitate a 'natural' conversation and sometimes hindered the correct learning of a foreign language. Chatbots can imitate "live communication", but it does not meet educational goals. Nevertheless, chatbots can prove to be effective assistants in the work of a teacher or methodologist and can be used as an assistant or translator of lecture and practical material for a wide audience. And what chatbots can definitely do is teach vocabulary and grammar. In addition, they can help to consolidate knowledge during online learning.

In the process of learning vocabulary, new words can be divided into two categories: new words (specific terms, words related to a certain topic) and derivatives (new words, but formed from previously known words). Therefore, when teaching vocabulary using a chatbot, the language-creative aspect should be taken into account. Thus, a chatbot will develop not only lexical but also compensatory competence in students through learning the ways of language creation.

Artificial intelligence innovations are affecting various areas of life, as well as some aspects of the education sector, especially during the pandemic. Let's focus on some aspects of AI in education [6]: adaptive learning (allows tracking the individual process of each pupil, student and alerting the teacher to difficulties in understanding the educational material); personalised learning (AI allows everyone to choose the

speed of learning, choose the level and gradualness of tasks, taking into account the interests and preferences of each); automatic assessment (AI allows analysing the answer, providing individual feedback, and providing individual feedback based on automatic assessment).

Let's take a look at some AI technologies used in online learning. One of them is Duolingo, which is currently the most prominent example of AI in online language learning. The research is based on the use of a chatbot for language learning. Given the huge number of users (more than 300 million), an individual approach to learning may seem like a difficult task, as machine learning algorithms are constantly working on preparing learning materials, adapting their complexity to the level of training of each user. In Duolingo chatbot, each user can talk to the robot. Such communication allows you to master the language faster, train your vocabulary, and check the correctness of grammatical structures at different levels of difficulty.

Among the tasks that multimedia learning technologies can solve are personalisation in service delivery and the use of mathematical models in the management of the educational process in higher education institutions. The principle of this flexible pedagogical technology is to organise the learning process based on the development of foreign language competence by activating modular learning blocks during language learning according to an individual educational trajectory (e.g., conducting practices, webinars, didactic games, implementing educational programme projects).

Game elements are used for students to apply game practices and mechanisms in a non-game context to engage students in problem solving. Collaborative actions to achieve their own goals, virtuality and countdown (completing a task in a limited time) are elements of the gamified process.

It is proved that the priority use in the technological component of the methodological system of active and interactive methods of forming foreign language competence in students with the help of modern teaching tools creates conditions for

the growth of personal activity and experience in solving translation and information tasks of future specialists' professional activity.

The peculiarity of using artificial intelligence in the process of studying a foreign language in higher education institutions is the ability of learning platforms to correctly interpret external data in accordance with the set goal, learn from such data and use learning outcomes to achieve the set goals, including the collection and use of new data, by interacting with the environment, which corresponds to the profile of each speciality. This feature of the educational process and the increase in the levels of foreign language competence of students by means of AI technologies contributes to its development through algorithms and methods, the operation of which is possible thanks to equipment for computing and collecting and using data, communicating with other platforms, interacting and influencing the world around them.

References:

1. Beine M., Nodi R., Ragot, L. *Determinants of the international mobility of students. Economics of Education Review*. 2014. 41, 40-54. 2. Morandini S., Fraboni F., De Angelis M., Puzzo, G., Giusino D., Pietrantonio L. *The impact of artificial intelligence on workers' skills: Upskilling and reskilling in organisations. Informing Science: The International Journal of an Emerging Transdiscipline*. 2023. 26, 39-68. 3. Allmann K., Blank G. (). *Rethinking digital skills in the era of compulsory computing: Methods, measurement, policy and theory. Information, Communication & Society*. 2021. 24(5), 633-648. 4. Hassan Khosravi, Paul Denny, Steven Moore, John Stamper. *Learnersourcing in the age of AI: Student, educator and machine partnerships for content creation. Computers and Education: Artificial Intelligence*. 2023. V.5, 100151.

РЕЙТИНГИ IQ У РІЗНИХ КРАЇНАХ СВІТУ ТА НЕГАТИВНИЙ ЕФЕКТ ФЛІННА

Лобурець А.Т., Заїка С.О. (м. Полтава)

Ефект Флінна - статистичний феномен, що виражається в поступовому підвищенні показників коефіцієнта інтелекту (IQ) з плином років як в окремих країнах, так і в цілому світі. Флінн показав, що з 1934 до 1978 середній IQ жителів США зріс на 15 пунктів - приблизно на 3 пункти за кожне десятиліття. Аналогічні дослідження в інших країнах дали схожі результати, які все ж

відрізняються. Дослідження, проведені після 2000 року показали спочатку зупинку росту, потім спад ефекту Флінна. На початку нашого століття зростання IQ припинилося, потім показники почали падати такими темпами, що за наступні сто років людство ризикує втратити всі пункти зростання у минулому сторіччі. З тим, що «негативний ефект Флінна» існує, погоджується багато дослідників. Але чіткого пояснення причин до цього часу ще немає. Існують різні гіпотези, але найбільш ймовірними є зменшення об'єму мозку та вплив інформаційних технологій. За останні 14000 років він зменшився приблизно на 15%. Процес зменшення черепа та мозку розпочався ще раніше. Можливо, обидві названі причини можна об'єднати. Адже вижити в суворих умовах льодовикового періоду більше шансів мали люди з дуже хорошою оперативною пам'яттю. В міру диференціації первісного суспільства оперативна пам'ять ставала колективною. Зараз же не потрібно пам'ятати майже нічого. Адже є інтернет. Людство стало рабом електронних носіїв інформації. І якщо якась глобальна катастрофа знищить всі системи генерації електроенергії, то далі загибель людини як виду стане невідворотною. Тому що в подібній ситуації люди стануть абсолютно беззахисними. Стануть затребуваними якраз ті знання та навички, які колись мали люди кам'яного віку.

У зв'язку з негативними процесами, які спостерігаються в системі освіти і які з кожним роком поглиблюються, нами здійснено спробу ознайомитися з результатами досліджень фахівцями (ми такими не є) еволюції показників коефіцієнта інтелекту (IQ) у різних країнах та здійснити власний аналіз тих результатів. В першу чергу звертаємо увагу на питання про відтворюваність результатів різних авторів. Наприклад, на сайті [1] подається інформація про результати тестувань у 2022 та 2023 роках. Вказано кількість учасників (кожного року різних), які проходили один і той самий IQ-тест. Виявилось, що у 80% країн показники IQ є схожими з показниками попереднього року (різниця < 2 балів). У таблиці це перші п'ять колонок. Цю

інформацію було взято за основу. Шоста колонка заповнена результатами тестування 2002 року, які ми запозичили на сайті [2]. Вони належать Майклу Вудлі. Сьома колонка взята із [3]. Значення IQ в Україні у цій колонці випадають із загального ряду (90), але рейтингова позиція є рівною 57. В той же час рейтинг за [1] при IQ = 94,26 виявився рівним 81. Відмітимо, що за даними [1] зниження відбулося зниження на Ми зацікавилися цією ситуацією і знайшли інформацію про рейтинги по областях України 2020 року. Наводимо ці результати, почерпнуті з [4], які нанесено на карту (рис. 1). Дані одержано за результатами тестування ЗНО, а не спеціальними тестами для IQ-тестування.

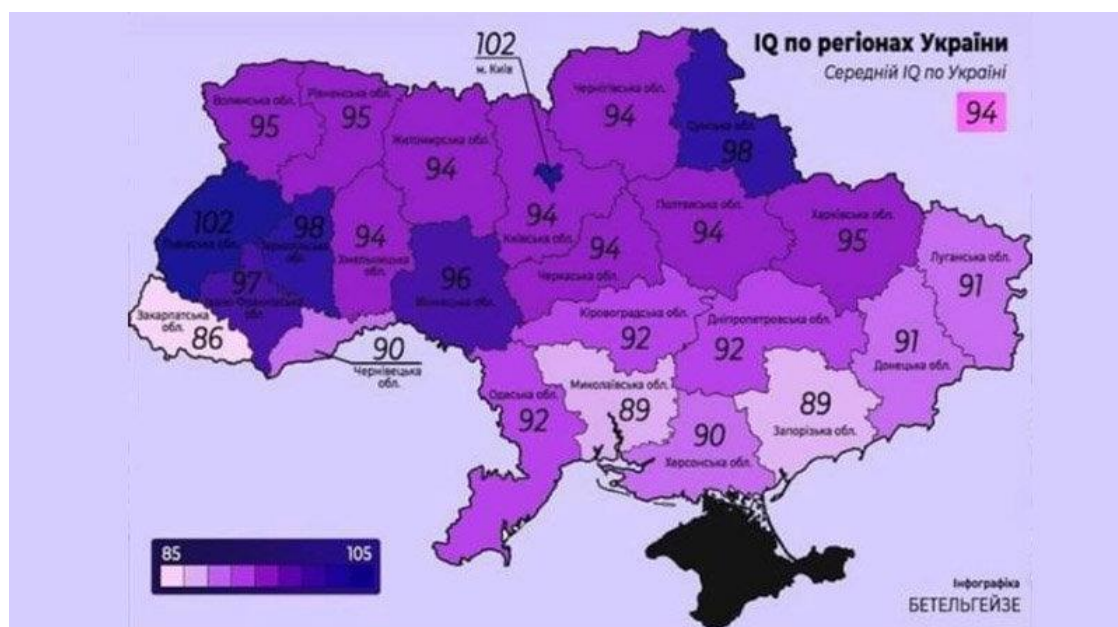


Рис. 1. Значення IQ по областям України. Причини сильних відмінностей (86 - 102) у тексті сайту не аналізуються

Таблиця 1

Рейтинг	Країна	IQ 2023 [1]	Учасники	Попередній, 2022 рік	IQ 2002 [2]	2022 [3]
1.	Південна Корея	107.54	23616	107 (104316)	106	102.35
2.	Китай	106.99	244532	106.59 (190255)	100	104.1
3.	Іран	106.84	2959	106.52 (1657)	84	80
4.	Японія	106.18	179992	108.14 (155534)	105	106.5
5.	Сінгапур	106.18	4576	104.75 (5975)	103	105.9
6.	Австрія	102.71	4712	100.33 (6137)	102	98.38
7.	Канада	102.6	9579	99.26 (14271)	97	99.52

ПДАУ 2024

8.	Німеччина	102.36	33086	101.06 (32531)	102	100.74
9.	Словенія	102.31	3212	101.05 (2743)	95	98.6
10.	Монголія	102.3	3126	102.5 (1393)	-	91
11.	Ізраїль	102.18	4955	96.9 (3744)	94	92.43
12.	Шрі-Ланка	102.16	1955	100.47 (3306)	-	86
13.	Італія	102.11	34032	99.46 (39018)	-	94.2
14.	Іспанія	102.01	20347	98.96 (31733)	97	94
15.	Нова Зеландія	101.76	3300	99.35 (2289)		
16.	Болгарія	101.71	1758	100.21 (375)		91
17.	Австралія	101.7	12680	101.96 (6574)	98	99.2
18.	Швейцарія	101.58	5924	100.74 (7527)		99.2
19.	Бельгія	101.45	4984	100.03 (7759)	100	97.5
20.	В'єтнам	101.45	20707	101.14 (10288)	-	89.5
21.	Грузія	101.36	3084	98.96 (1112)	-	
22.	Франція	101.28	14012	97.46 (28767)	98	96.7
23.	Білорусь	100.78	12813	99.67 (20059)	97	101.6
24.	Нідерланди	100.66	18563	99.7 (18541)	102	100.72
25.	Сербія	100.66	4449	99.74 (6055)	-	89.6
26.	Росія	100.64	92769	99.95 (68494)	96	96.29
29.	Люксембург	100.35	707	99.66 (960)	101	99.2
30.	Чеська республіка	100.17	13746	99.32 (10471)	97	94.2
31.	Ірландія	100.11	1724	96.25 (1621)	93	95.13
32.	Фінляндія	99.92	12651	99.83 (17589)	97	101.2
33.	Польща	99.87	28232	98.66 (15154)	99	96.35
34.	Вірменія	99.87	875	98.62 (1010)	93	
35.	Великобританія	99.82	16648	99.05 (13237)	99.82	99.12
40.	Угорщина	99.38	13514	98.21 (26383)	99	99.24
42.	Індія	99.31	71045	99.3 (16883)	81	76.24
43.	Естонія	99.29	3554	96.97 (3667)	99	100.72
44.	Португалія	99.27	8539	99.2 (9627)	95	93
46.	США	98.99	52666	99.9 (26465)	98	97.43
48.	Єгипет	98.86	4217	98.67 (2516)	83	76.3
50.	Латвія	98.77	4137	97.07 (2900)	98	94.8
51.	Норвегія	98.74	8199	97.41 (13591)	98	97.1
53.	Таїланд	98.46	25366	98.32 (23074)	91	88.9
56.	Литва	97.94	8294	95.73 (6673)	98	95.9
59.	Греція	97.51	20383	96.83 (14489)	93	90.8
62.	Данія	97.32	9952	96.81 (10830)	98	97.8
66.	Молдова	97.06	2104	95.34 (1989)	96	90
81.	Україна	94.26	117375	94.78 (74246)	97	90.07

Середнє значення IQ по Україні виявилось рівним 94. Воно відноситься до 2020 року. Відмітимо, що в багатьох тестуваннях Україна взагалі не представлена, наприклад [5]. В той же час дивує високе місце Ірану на сайті [1]

(третє місце і $IQ_{23} = 106.84$) при досить скромній кількості учасників тестування (1657). До цього - 119 місце у рейтингу і $IQ_{23} = 80$ [3]. Непал взагалі з останнього місця [3] перемістився на 54 місце $IQ_{23} = 98.43$ при всього лиш 519 учасниках у рейтингу [1]. Це викликає недовіру до задекларованих результатів і наводить на думку про те, що в тестуванні приймали участь призначені люди із завідомо високим IQ. На противагу, в Україні у 2023 учасників було 117375 [1].

Потрібно відмітити, що повне уявлення про середній рівень інтелекту жителів якоїсь країни можна скласти враховувавши якість освіти та досягнення її громадян. Тести на IQ бувають різними, складають їх різні організації та люди. Наприклад, одним із поширених стандартизованих тестів на IQ є тест Векслера.

Дослідження впливу інтелекту на економіку країни показують, що на кожен бал до середнього IQ рівень ВВП на людину збільшується на \$229. А при подальшому підвищенні рівня інтелекту - взагалі на \$468, рис. 2 [6]. Ті держави, які є привабливими для дослідників, науковців, успішних підприємців та управлінців, мають зараз найвищі економічні показники.

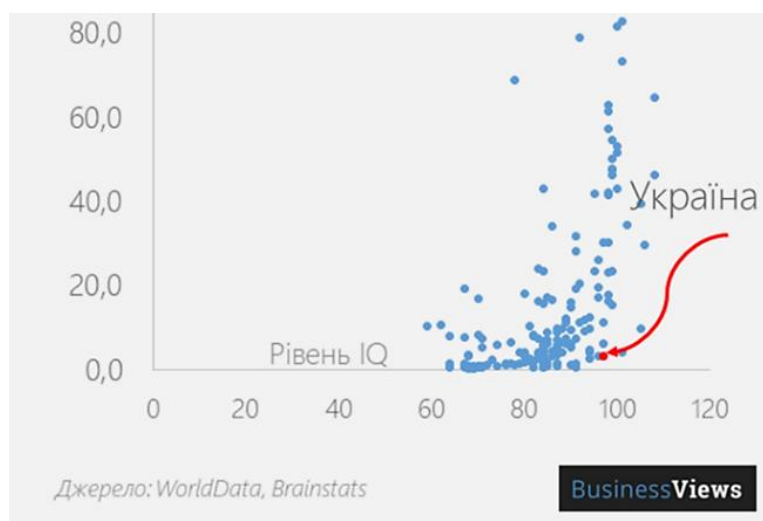


Рис. 2. Рівень розвитку економіки країни (по вертикалі) залежить від середнього значення IQ (по горизонталі). На графіку показано місце України [6]

Очевидно, що тести на IQ створювалися не лише для суперечок про те, жителі якої країни розумніші. У сфері освіти тести на рівень інтелекту допомагають визначити необхідність спеціальної програми для дитини. Якщо вона вундеркінд або, навпаки, відстає. Дуже поширене застосування тестів у збройних силах та поліції при відборі потенційних кандидатів. Причому відбираються люди з нижчим IQ, тому що дуже розумним така робота просто швидко набридне. У США, навіть встановлюється максимальний рівень IQ.

Упущення в дитячій освіті драматично знижують рівень інтелекту. Коли в Норвегії збільшили кількість обов'язкових років у школі з 7 до 9, IQ дітей почав стійко зростати. Причому це вплинуло на інтелект у старшому віці. А діти в Південній Африці та США, які починають ходити до школи пізніше, втрачають аж 5 балів за кожен рік відстрочки. У Швеції діти, які покинули школу, втратили по 1,8 бала за кожен пропущений рік.

Такі улюблені дітьми літні канікули, до речі, теж знижують IQ. Дослідження показали, що до канікул він вищий, ніж після. Також спостерігається різниця IQ між тими, хто щось вчив влітку, і тими, хто все літо лазив по деревах.

Ніхто не досліджував вплив жорстокої і страшної десятирічної війни на інтелект її населення. Очевидно, що це значно сильніше впливає на розвиток інтелекту молодої людини, ніж факти зафіксовані у попередніх двох абзацах іншими авторами. Діти і студенти втрачають мотивацію до навчання. Ще гірше те, що переважна більшість не привчена до самостійної роботи. А як же болонський процес, де 2/3 навчального часу відводиться на самостійну роботу, плюс зірвані заняття під час оголошення повітряної тривоги? Треба чесно визнати, що в умовах війни болонський процес в українському виконанні перетворився в благі наміри, які ведуть країну до руйнації освіти і науки. Бажаючи можуть кидати в нас каміння. Але від цього в країні стане ще гірше...

Список використаних джерел:

1. https://international-iq-test.com/uk/test/IQ_by_country.
2. <https://brainapps.ru/iq/rating>.
3. <https://rua.gr/wom/others/50662-v-kakoj-strane-samyj-vysokij-iq-v-mire-pozitsiya-gretsii-rossii-i-ukrainy.html>.
4. <https://www.0382.ua/news/2965203/stav-vidomij-serednij-riven-iq-ukrainciv-na-akomu-misci-hmelnicina>.
5. <https://it.quora.com/Quali-paesi-hanno-il-QI-pi%C3%B9-alto-e-quali-hanno-il-pi%C3%B9-basso>.
6. <https://businessviews.com.ua/ru/studies/id/karta-dnja-v-jakih-krajinah-najbilshij-riven-iq-ta-vid-chogo-vin-zalezhit-2100/>.

ХІМІЧНІ ПРИГОДИ:

ВІДКРИТТЯ ІНТЕРАКТИВНИХ РОБОЧИХ АРКУШІВ

Лут О.А., Лахасєв В.Т. (м. Черкаси)

Останнім часом інтерактивні технології навчання стрімко розповсюджуються серед українських педагогів в освітній діяльності, як в загально-освітніх закладах, так і у вищих під час навчальних занять, як «Нові педагогічні технології», Віртуальне навчальне середовище». Накопичений в Україні та за кордоном досвід свідчить про те, що інтерактивні методи сприяють алгоритмізації та оптимізації навчального процесу. Одна з головних вимог до застосування інтерактивних методів базується на власному досвіді педагога щодо інтерактивних методик [1-2].

Робочі аркуші з хімії (РА) - це потужний інструмент, який допомагає учням і студентам закріплювати знання, розвивати навички та проводити експерименти у відкритій формі, тим самим створюють можливість для інтерактивного навчання. Це може включати в себе використання питань-відповідей, заповнення прогалін, групові дискусії тощо.

Тому нами були застосовані інтерактивні робочі аркуші на платформах *Wizer* та *ClassKick* під час курсу «Нові педагогічні технології» для студентів 4 курсу спеціальності Середня освіта (Хімія). Нами було виявлено деякі цікаві аспекти: РА сприяють активному навчанню, оскільки вони часто містять завдання для самостійної роботи. Студенти активно працюють з матеріалом, вирішуючи завдання, а не лише є слухачами лекції. Вагомим є те, що застосування РА сприяє візуалізації, а саме використання графічних схем,

діаграм та ілюстрацій на РА допомагає уявити хімічні концепції та процеси, що полегшує їх розуміння.

Впроваджуємо активно у викладацьку практику віртуальні лабораторії, які можуть міститись в складі РА. Це дозволяє студентам виконувати експерименти безпечно та ефективно, розуміти хімічні процеси завдяки вбудованою інтерактивною графікою та симуляції. Окрім того, завдяки онлайн формату, вчителі та викладачі можуть легко відстежувати прогрес студентів, надавати зворотний зв'язок та навіть налаштовувати завдання під індивідуальні потреби кожного суб'єкта. Це дозволяє студентам, як майбутнім вчителям самостійно вивчати хімічні явища, спостерігати за реакціями та вивчати їхні закономірності.

Відмічаємо як позитивну сторону РА - сприяння колективній роботі. Студенти працюють разом над вирішенням завдань, що сприяє розвитку комунікативних навичок та співпраці [3].

Під час завершення курсу, РА чудово можна використати для повторення та закріплення вивченого матеріалу. Вони дозволяють студентам систематизувати свої знання та виявити слабкі місця.

Тому, завдяки різноманітним форматам завдань, РА у вищих учбових закладах, таких як університети, використовуються для глибшого вивчення спеціалізованих тем та проведення наукових досліджень. Вони можуть стати важливим інструментом для підготовки студентів до практичної роботи в галузі хімії, розвивати їхні аналітичні та дослідницькі навички.

Але, не зважаючи на достатню кількість переваг у застосуванні РА, хочемо зазначити деякі недоліки, які не дають можливість активно впроваджувати їх на заняттях з хімії: необхідність доступу до швидкого інтернету. В разі змішаного навчання, це створює проблеми для здобувачів освіти з обмеженим доступом до інтернету або в районах, областях, вдалених куточках міста із незадовільною інфраструктурою. Наступним недоліком

можна назвати технічну проблему, оскільки онлайн платформи можуть мати збої в мережі, проблеми зі сумісністю програмного забезпечення, що і значною мірою перешкоджають навчанню.

Не можемо не відмітити і надійність безпеки даних, оскільки зберігання особистої інформації суб'єктів навчання на онлайн сервісах може викликати проблеми з її безпекою, особливо якщо не дотримуються відповідні стандарти захисту персональних даних.

Здобувачі освіти можуть мати різний рівень доступу до технологій та навичок використання комп'ютерів. Це може призвести до нерівності в досвіді навчання та результатів, а отже називаємо це як неуніфікованість досвіду.

Після завершення відповідних курсів було проведене анкетування студентів про якість використання РА на різних етапах уроку. Значний відсоток студентів вказав на необхідність їх використання, оскільки вони допомагають краще засвоювати матеріал, є зручними для вивчення та розвитку фахових та предметних компетентностей.

Загалом, РА в онлайн формі відкривають безмежні можливості для інноваційного та захоплюючого навчання при вивченні хімічних дисциплін.

РА можуть перетворити навчання хімії в захопливу подорож, яка відбувається прямо на екрані. Вони не лише дозволяють створювати вправи та завдання для суб'єктів навчання, але і можуть містити інтерактивні елементи, відео та аудіо-матеріали, що полегшують засвоєння складних концепцій [4].

Список використаних джерел:

1. Мельниченко Л. І. Використання інтерактивних технологій на уроках хімії / Л. І. Мельниченко. Харків: Хімія: наук.-метод. журн., 2010. С. 5-12.
2. О. Нетрибійчук. Використання інформаційно-комунікаційних технологій у навчанні Хімії. «Біологія і хімія в рідній школі». 2018. № 3. С. 30-38.
3. Пометун О., Пироженко Л. Інтерактивні технології навчання: теорія, практика, досвід. Київ, 2011. 135 с.
4. Лут О.А. Лук'яненко А. Ю. Використання інтернет-сервісів та smart-технологій на уроках з хімії. Хімія, біотехнологія, екологія та освіта: Збірник матеріалів VII Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції (м. Полтава, 17-18 травня 2023 року). Полтава, 2023. С. 240-244.

РЕАЛІЗАЦІЯ ПРАКТИКО-ОРІЄНТОВАНОГО ПІДХОДУ В ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ХІМІЇ У ЗАКЛАДАХ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Стрижак Д.О. (м. Полтава)

2022 року на всесвітньому економічному форумі, що проходить щорічно у Давосі, було визначено 10 ключових навичок, які будуть широко популярні серед роботодавців як мінімум до 2025 року. Після успішної роботи цього форуму у 2024 році за звітними матеріалами можемо зробити висновок, що серед студентів та випускників закладів вищої освіти по всьому світу підвищився рівень таких критеріїв як:

- Розвиток Soft-skills, а саме: креативності, аналітичного мислення та навичок вирішення проблем;
- Покращення навичок, пов'язаних з технологіями, особливо тих, що стосуються використання штучного інтелекту;
- Підвищення у випускників рівня стійкості, гнучкості та адаптивності до професійної діяльності.

Такі зміни свідчать про застосування нових методів та підходів до підготовки майбутніх фахівців, зокрема вказують на впровадження практико-орієнтованого підходу. Проаналізувавши праці дослідників [1, 2, 3], доходимо висновку, що практико-орієнтований підхід можна розглядати як технологію, що реалізує набуті теоретичні знання під час вирішення практичних завдань, що покликані для формування професійних компетентностей майбутнього фахівця, в тому числі вчителя хімії.

На прикладі європейських країн спостерігаємо, що реалізація практико-орієнтованого підходу освітньому процесі може різнитись за формами організації та тривалістю. Однак найпоширенішою залишається організація та проходження практики студентами, що готує їх до професійної діяльності. Порівнюючи характеристики педагогічної освіти провідних країн світу,

доходимо висновку, що кількість кредитів, виділених на проходження студентами практики, є динамічно-змінною складовою.

Таблиця 1

Порівняння кількості кредитів ЄКТС у країнах Європи

Країна	Кількість кредитів ЄКТС виділених на практику
Австрія	24 кредити ЄКТС
Велика Британія	90 кредитів ЄКТС
Данія	30 кредитів ЄКТС
Кіпр	22 кредити ЄКТС

Таким чином, маючи загальну кількість кредитів для підготовки вчителя-бакалавра у 240 ЄКТС, європейські країни в середньому виділяють для практики від 10% до 40%.

Важливою формою реалізації практико-орієнтованого підходу у підготовці майбутніх вчителів, в тому числі хімії, є впровадження дуальної освіти. Дуальна освіта як специфічна форма організації освітнього процесу покликана поєднати теоретичні знання, набуті в освітньому середовищі закладу вищої освіти, та практичні вміння та навички, що формуються та вдосконалюються за рахунок перебування в освітньому середовищі школи безпосередньо у ролі асистента вчителя та/або вчителя. Завдяки такому поєднанню студенти отримують можливість набути практичних знань, які можуть бути не передбачені освітніми компонентами освітніх програм. До прикладу, студенти отримують теоретичні та практичні знання заповнення академічних журналів вчителя-предметника, планування та складання план-конспектів уроків хімії, практично оцінюють умови та можливість проведення практичних/лабораторних/демонстраційних робіт, складають їх план.

Доцільно зауважити, що готовність майбутнього вчителя хімії до професійної діяльності у школі, після навчання за практико-орієнтованим підходом, що ґрунтується на активній участі здобувачів освіти, є переважно вищою, ніж після навчання за традиційною лекційно-семінарською моделлю, яка не передбачає використання новітніх технологій та практико-розвивальних методів навчання.

Таким чином, варто зауважити, що впровадження практико-орієнтованого підходу у професійну підготовку майбутніх учителів хімії сприяє підвищенню якості підготовки педагогічних фахівців та наближає систему української освіти за практичними характеристиками до європейської.

Список використаних джерел:

1. Горбенко Г.В. Практико-орієнтоване навчання у підготовці бакалаврів реклами і зв'язків з громадськістю. *Неперервна професійна освіта: теорія і практика*. 2015. Вип. 4 (45). С. 64-69.
2. Давиденко І.В. к.е.н., доцент, завідувачка кафедри туристичного та готельно-ресторанного бізнесу Одеського національного економічного університету ПРАКТИКО-ОРИЄНТОВАНЕ НАВЧАННЯ ЯК НЕОБХІДНА УМОВА СУЧАСНОЇ ПІДГОТОВКИ ЗДОБУВАЧІВ ОСВІТИ;
3. Петренко Л.М. Практико-орієнтований підхід до формування змісту підвищення кваліфікації педагогів за дистанційною формою. *Методичні засади підвищення кваліфікації педагогічних працівників системи професійної освіти* : збірник матеріалів Всеукраїнської Інтернет-конференції. Хмельницький. 2016. С. 465-469.

РОЗВИТОК КРИТИЧНОГО МИСЛЕННЯ У ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ ХІМІЧНИХ ТА БІОТЕХНОЛОГІЧНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ

Благодарь К.С. (м. Полтава)

У сучасному світі, що швидко змінюється, критичне мислення стає однією з найважливіших навичок для успішної кар'єри в науці та технологіях. Особливо це стосується студентів хімічних та біотехнологічних спеціальностей, де постійне вдосконалення методів досліджень і технологій вимагає високого рівня аналізу та прийняття обґрунтованих рішень.

Серед методів розвитку критичного мислення у здобувачів вищої освіти слід виділити такі:

1. Дискусійні методи. Дискусії та дебати є ефективним засобом розвитку критичного мислення. Вони стимулюють студентів аналізувати різні точки зору, формулювати аргументи та захищати свої позиції. Викладачі можуть організовувати обговорення наукових статей, актуальних проблем у галузі хімії та біотехнології або результатів лабораторних робіт.

2. Аналіз кейсів. Метод кейсів передбачає розгляд реальних або змодельованих ситуацій, що вимагають аналізу та прийняття рішень. Це може бути аналіз випадків з промисловості, екологічних катастроф або успішних наукових відкриттів.

3. Самостійні дослідницькі проекти. Залучення студентів до самостійних дослідницьких проектів сприяє розвитку їхнього критичного мислення. Вони навчаються ставити дослідницькі запитання, планувати експерименти, аналізувати результати та робити висновки.

4. Використання проблемно-орієнтованого навчання. Проблемно-орієнтоване навчання передбачає навчання через розв'язання конкретних проблем, що стимулює студентів до активного пошуку знань та їх застосування на практиці. Це може бути розробка нових методів аналізу, створення екологічно чистих технологій або вирішення конкретних наукових задач [1].

Критичне мислення має значний вплив на якість наукових досліджень і дозволяє студентам:

- Критично оцінювати джерела інформації: відрізнити надійні джерела від ненадійних, що є важливим для побудови наукових гіпотез та планування досліджень.
- Аналізувати дані: робити обґрунтовані висновки на основі отриманих результатів, що підвищує достовірність наукових досліджень.
- Виявляти слабкі місця у своїх та чужих роботах: це дозволяє покращувати методологію та підвищувати якість наукових публікацій.

- Творчо підходити до вирішення наукових проблем: знаходити нові підходи та методи для розв'язання наукових задач, що сприяє інноваційності у дослідженнях.

Для розвитку критичного мислення студентів виділяють такі практичні вправи та завдання:

- Аналіз наукових статей. Завдання: Обрати наукову статтю та проаналізувати її структуру, методологію, результати та висновки. Оцініть, наскільки обґрунтовані висновки авторів та які можуть бути альтернативні пояснення.

Мета: Розвиток навичок критичного читання та оцінки наукових робіт.

- Розробка експериментального дизайну. Завдання: На основі певної гіпотези розробити детальний план експерименту, враховуючи всі можливі змінні та методи аналізу результатів.

Мета: Формування навичок планування та критичного оцінювання експериментальних методів.

- Дебати на наукову тему. Завдання: Провести дебати на тему, пов'язану з актуальною проблемою у хімії або біотехнології.

Мета: Розвиток навичок аргументації та критичного мислення в усній формі.

- Розв'язання комплексних задач. Завдання: Пропонування та обґрунтування рішень для комплексних задач, що включають кілька дисциплін. Наприклад, розробка екологічно безпечної технології утилізації відходів.

Мета: Розвиток навичок міждисциплінарного підходу та критичного мислення у вирішенні складних проблем [2].

Розвиток критичного мислення у студентів хімічних та біотехнологічних спеціальностей є ключовим фактором їхнього професійного зростання. Використання дискусій, аналізу кейсів, самостійних дослідницьких проєктів та проблемно-орієнтованого навчання сприяє формуванню навичок, необхідних для успішної наукової діяльності. Практичні вправи та завдання, що розвивають критичне мислення, допомагають студентам краще засвоювати матеріал, розвивати аналітичні навички та творчо підходити до вирішення наукових проблем.

Список використаних джерел:

1. Ennis R. H. *Critical Thinking: Reflection and Perspective Part I // Inquiry: Critical Thinking Across the Disciplines*. 2011. Vol. 26, № 1. – P. 4-18.
2. Tsui L. *Fostering Critical Thinking through Effective Pedagogy // The Journal of Higher Education*. 2002. – Vol. 73, № 6. – P. 740-763.

СЕКЦІЯ IV

СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ

THE EFFECT OF MINERAL FERTILIZERS AND PLANT GROWTH BIOSTIMULANT ON PRODUCTIVITY OF PEAS

Yeremko L.S. (Pulawy, Poland)

Hanhur V.V. (Poltava, Ukraine)

In the strategy of preserving the country's food security, the production of pulses as an important protein raw material is taking on increasing importance. Peas occupy a leading position in the group of legumes due to their adaptability to the soil and climatic conditions of most growing regions, their versatile use and high productivity potential. Its grain is a source of protein, balanced in amino acid composition, vitamins, minerals and biologically active compounds, which play a significant role in improving human health. Due to its ability to symbiotically interact with gram-negative bacteria of the *Rhizobium* genus, its plants can fix sufficient amount of atmospheric nitrogen for their development under favorable conditions. This, in turn, helps to reduce production costs by decreasing the amount of mineral nitrogen fertilizers [1].

One of the most important factors determining the size of the pea grain yield is mineral nutrition. Nitrogen (N), as a component of amino acids and proteins, plays a key role in the development of the vegetative part of plants. The assimilation of N by pea plants occurs due to both symbiotic fixation of atmospheric nitrogen in root nodules and assimilation of nitrates from the soil by the roots [2]. Air nitrogen fixation is enhanced by sufficient supply of phosphorus (P) to plants, which is a source of metabolic energy for the nitrogen fixation process and plays a key role in the physiological processes of nucleic acid synthesis, respiration, and photosynthesis [3]. Potassium (K) plays an important role in the absorption of N and P by plants,

stimulating vegetative growth and increasing the efficiency of photosynthesis. This is reflected in an increase in the proportion of solar energy absorbed by plants and a relevant increase in the intensity of assimilate formation in the process of photosynthesis [4]. An innovative practice in agriculture is the use of plant growth biostimulants, which ensures control and stimulation of plant life processes, increasing their resistance to unfavorable environmental factors [5].

The aim of the study was to determine the effect of different doses of mineral fertilizers and plant growth biostimulant on the yield of pea grain.

The field research was conducted in the experimental field of the State Enterprise research farm "Stepne" of the Institute of pig breeding and agricultural production NAAS of Ukraine during 2020-2022 years. The studied factors were: the application of $N_0P_0K_0$, $N_{20}P_{30}K_{40}$, $N_{40}P_{60}K_{80}$, foliar application in the phase of pea budding (BBCH 55) with plant growth stimulator Humate K+B (1.5 l ha^{-1}) and their combination.

The results of the research showed a positive effect of mineral fertilization, foliar application with biostimulant and their combination on the intensity of the aboveground pea plants' part growth. It was most significant in the variant $N_{40}P_{60}K_{80}$ +Humate K+B, where plant height and leaf area exceeded the control variant by 36.2% and 30.2%, respectively. The improvements in the conditions of the leaf surface formation and preservation in an active state for a long period of time enabled plants to absorb the maximum amount of photosynthetically active radiation and convert it into chemical bonds of organic compounds in the process of photosynthesis. The last ones were used by plants in the process of forming vegetative mass and reproductive organs [2].

On average, over 3 years of research, a significant positive effect of the studied factors and their interaction on the yield of pea seeds was observed. Foliar application of plants with Humate K+B provided an increase in this parameter by 9.4% compared to the control. The effect of mineral fertilization was more significant. This

is reflected by an increase in the level of seed yield compared to the control by 18.8-38.4%. In the variants of interaction of the studied factors, the value of seed yield increased by 26.4-46.5% compared to the control. On average, over 3 years of research, the highest values of seed yield of pea were obtained in the variant N₄₀P₆₀K₈₀+Humate K+B.

Referenses:

1. Szpunar-Krok, E. *Physiological Response of Pea (Pisum sativum L.) Plants to Foliar Application of Biostimulants*. *Agronomy* 2022. 12. 3189. [https:// doi.org/10.3390/agronomy12123189](https://doi.org/10.3390/agronomy12123189). 2. Yeremko L.S., Hanhur V.V. *The effect of cultivation technology elements on the productivity of peas in the conditions of the left-bank forest-steppe of Ukraine*. *Bulletin of the Institute of Agriculture of the Steppe Zone of NAAS of Ukraine*. 2015. 9.19-23. 3. Husain J., Kashyap P., Prusty A.K., Dutta D., Sharma S.S., Panwar A.S., Kumar S. *Effect of phosphorus fertilisation on growth, yield and quality of pea (Pisum sativum)*. *Indian Journal of Agricultural Sciences*. 2019. 89(8). 1303-7. 4. Hanhur V.V., Yeremko L.S., Sayenko V.O. *Dynamics of leaf surface formation of sowing chicory and productivity of its photosynthetic activity depending on the level of mineral nutrition*. *Ahrarni inovatsii*. 2021. 8. 23-28. 5 Popco M., Machalak I., Wilk R., Gramza M., Choinacka K., Górecki H. *Effect of the new plant growth biostimulants based on amino acids on yield and grain quality of winter wheat*. *Molecules*. 2018. 23. 470. <https://doi.org/10.3390/molecules23020470>

THE EFFECT OF MINERAL FERTILIZATION AND SEED INOCULATION ON SEED YIELD OF SOYBEAN

Yeremko L.S. (Pulawy, Poland), Hanhur V.V. (Poltava, Ukraine)

In solving the problem of protein and micronutrient deficiencies, which is the main cause of the so-called hidden hunger, soybeans are considered a strategic legume crop in the world. Its cultivation provides millions of people with food and raw materials for hundreds of products in various industries [1]. The nutritional value of soybeans is due to the high content of protein (37%-48%), oil (16%-21%), vitamins, minerals and biologically active compounds [2]. The size and quality of the yield of soybeans is largely determined by varietal characteristics, soil and climatic conditions of the region of cultivation, and the applied agronomic practices, among which the availability of nutrients during the growing season plays a crucial role. As a legume, soybeans, through symbiotic interaction with the bacteria *Bradyrhizobium japonicum*, can provide about 100 kg ha⁻¹ of biologically fixed nitrogen to the soil,

contributing to a significant reduction in the cost of material resources for the application of mineral fertilizers. In turn, the effectiveness of legume-rhizobial symbiosis is determined by the sufficient supply of plants with trace elements Mo and B [3]. Mo, which is a cofactor of the nitrate reductase enzyme, has a direct impact on the process of symbiotic fixation of molecular nitrogen by soybean plants. It is also required by *Rhizobium* bacteria for the proper functioning of the nitrogenase enzyme involved in nitrogen fixation. B is essential for fruit formation and development. Its deficiency results in plant sterility due to impaired development of reproductive tissues. At the same time, low availability of B induces significant changes in N₂ fixation in soybean plants, which is reflected in a decrease in the frequency of rhizobia infection of plant host cells and an increase in morphological abnormalities in the development of infectious threads [4]. Mg plays a key role in a wide range of fundamental physiological and biochemical processes of plant functioning, including chlorophyll and protein synthesis, production, transport and utilization of photoassimilates, and enzyme activity [5].

The aim of the study was to evaluate the effect of different doses of mineral fertilizers, seed inoculation, and the synergistic effect of these factors on soybean seed yield.

The field research was conducted in the experimental field of the of the State Enterprise research farm "Stepne" of the Institute of pig breeding and agricultural production NAAS of Ukraine during 2021-2022. The factors studied in the research were different levels of mineral fertilization (no fertilizer, P₆₀K₆₀, N₂₀P₆₀K₆₀), the use of microbiological preparation Bio-Mineralis (1.5 l t⁻¹) based on nitrogen-fixing microorganisms *Rhizobium japonicum* activated by nanocarboxylates of Co, Mo, Mg in pre-sowing seed treatment. The results of the research showed a significant positive effect of the studied factors and their interaction on the biometric parameters of soybean plants. It should be noted that the effect of mineral fertilization was more evident compared to seed inoculation. In the variants with seed inoculation, plant

height, weight and leaf surface area in the flowering phase (BBCH 65) exceeded the control variant by 3.3%, 3.0% and 3.9%, respectively. On the mineral fertilizer conditions, the values of these parameters exceeded the control variant by 9.0-18.5%, 9.6-16.8% and 9.0-18.3%, respectively. In the variants of combination of seed inoculation and mineral fertilization, the intensity of growth processes of soybean plants increased, and their height, weight and leaf area thus increased compared to the control by 15.6-22.7%, 13.0-24.6 and 11.6-23.4%, respectively. The values of these parameters were the highest in the variant Biomineralis+N₂₀P₆₀K₆₀. Accordingly, seed inoculation provided an increase in soybean seed yield by 0.12 t ha⁻¹ compared to the control. In the variants of mineral fertilizers application, the yield of soybean seeds increased by 0.27-0.40 t ha⁻¹ compared to the control. The interaction of the research factors contributed to an increase in this indicator by 0.32-0.55 t ha⁻¹ compared to the control.

In general, during the years of research, the most effective was the combination of seed inoculation and the application of N₂₀P₆₀K₆₀, where the seed yield was higher than the control variant by 25.9%.

Referenses:

1. Aanchal. *Nutritional and health benefits of soybean and soybean developed food. The Pharma Innovation Journal.* 2023. 12(6). 4991-4999.
2. Hanhur V., Marenych M., Yermko L., Yurchenko S., Hordieieva O., Korotkova I. *The effect of soil tillage on symbiotic activity of soybean crops. Bulgarian Journal of Agricultural Science.* 2020. 26(2). 365-374.
3. Serafin-Andrzejewska M., Jama-Rodzeńska A., Helios W. *Influence of nitrogen fertilization, seed inoculation and the synergistic effect of these treatments on soybean yields under conditions in south-western Poland. Sci Rep.* 2024. 14. 6672.
4. Ishfaq M., Wang Y., Yan M., Wang Z., Wu L., Li C., Li X. (2022) *Physiological Essence of Magnesium in Plants and Its Widespread Deficiency in the Farming System of China. Front. Plant Sci.* 2022. 13. 802274.

FORMATION OF SUNFLOWER LEAF APPARATUS AND EFFICIENCY OF ITS FUNCTIONING DEPENDS ON GROWTH FACTORS

Shakalii S. M., Baryshnikov D. O. (Poltava, Ukraine)

The formation of plant productivity largely depends on the size and photosynthetic activity of their leaf surface. There is a tight the relationship between

the level of productivity, photosynthetic activity and the coefficient of solar energy use. Crop productivity, consumption and accumulation of solar radiation are related to the size of the assimilation surface and the duration of its operation [1].

Plants with a well-developed leaf surface are able to accumulate a larger amount of dry matter. The weak development of the leaf surface is a significant limiting factor in the formation of plant productivity. An important issue is also the creation of conditions for growth and development under which the leaf apparatus will function with the greatest efficiency. So, for example, when crops are thickened, the lower layer of leaves is shaded, which leads to their dying, and when crops are excessively thinned, the leaf surface will be well lit, but the efficiency of photosynthesis will remain low.

The following features of the formation of different tiers of leaves should be noted, for example, in the phase of 2-3 pairs of true leaves, sunflower plants have leaves of three types: cotyledons, germinal leaves and leaves of the lower tier. The first 2-3 pairs of leaves differ from the main mass by their opposite location, oval shape and solid edge, and sizes 4 times smaller than the leaves of the middle fraction, the intensity of growth of these leaves is the lowest [3].

When the plant enters the generative phase, in addition to the embryonic ones, 3-4 pairs of leaves of the lower tier are developed, the other leaves complete the growth phase. Sunflower plants have an average of 28 to 32 leaves. At the beginning of the growing season, the leaves make up $\frac{3}{4}$ of the total above-ground mass of the plant. The main part of the leaves, starting from the bottom, increases until flowering, after this phase of vegetation, the area of only the upper leaves increases. During ripening, part of the nitrogen from the leaves is redistributed to the formation of protein in the seeds. The leaves of the middle and upper layers are of key importance in providing nutrients to the formed seeds [2].

Premature drying of leaves due to drought, or other harmful or adverse factors negatively affect the fullness of seeds. The formation of the leaf apparatus is

influenced by many factors, one of the most important is the background of plant nutrition, as well as their moisture supply. The number of green leaves in the phase of budding, the beginning and the middle of flowering on sunflower plants according to the options of foliar fertilization, depending on their influence, timing, etc., fluctuated.

The leafiness of plants and the term of preservation of leaf apparatus in treated plants in all variants of foliar treatments with biopreparations were higher, compared to the control variant for the treatment of sowing sunflower plants with water. The greatest deviation in the number of leaves was observed in years with optimal moisture, and the smallest effect of foliar fertilization on the formation and preservation of the leaf apparatus was determined in years with less favorable moisture [1].

The formation of the leaf apparatus continued until the beginning of flowering, after which its partial loss occurred due to the physiological processes of plants. The accumulation of the leaf apparatus was the smallest in the control variant for treating plants with water, and it reached the highest values in the variants with a combination of drugs in different rates in the phase of 3-4 pairs of leaves. The mass of the leaf apparatus differed significantly both in the years of research and in the variants of foliar fertilizing with biological preparations, to a large extent this was related to the provision of moisture [3].

The largest mass of sunflower leaves in the budding phase was determined in the options for sowing with drugs, which is related to the fungicidal effect of the drug. At the beginning of flowering, the mass of the leaf apparatus is determined to be the largest in variants with two-time processing of sunflower plants. At the end of flowering, the mass of the leaf apparatus decreased proportionally. The accumulation of the mass of the leaf apparatus continued until the beginning of flowering, after which, due to the loss of the leaf apparatus by sunflower plants, its mass gradually decreased proportionally in all variants of the experiment. It was determined that the

least amount of mass of the leaf apparatus was accumulated in the control variant, when the plants were treated with water at all stages of the measurements, the highest values of this indicator were recorded in the budding phase in the variants with processing in the phase of 3-4 pairs of leaves, at the beginning of flowering in the variants with two-time processing .

The leaf apparatus of plants is an important component in the formation of a crop. The accumulation of organic matter in the crop as a result of the photosynthetic activity of plants on crops is primarily determined by the size of photosynthetic organs, mainly leaves. The larger it is, the more solar radiation will be absorbed by the crops and the greater will be the total yield formed by the plants. The leaves with the largest area are located in the middle part of the stem and make up 80% of the assimilation surface of the entire plant and retain their activity for a long period even after flowering.

A well-developed leaf apparatus is the key to the formation of a maximum harvest, it shades the surface of the soil and does not leave light to weeds, prevents overheating of the soil, excessive evaporation of moisture from the open surface and protects plants from overheating and drought [2]. The area of the leaf surface of the sowing of sunflower plants increased before the beginning of flowering, after which, due to the partial loss of the leaf apparatus by sunflower plants, due to drying out, the specified indicator decreased.

References:

1. Shakaliy S.M. & Sashko I.V. (2023). *The effect of biological preparations and methods of their use on the sunflower crop. Productivity and quality of crop production under modern cultivation technologies, dedicated to the 90th anniversary of the birth of Professor H. P. Zhemela: materials of the International science and practice Internet Conf. (September 30, 2023). Poltava, . 156–157.*
2. Pasternak O.(2011). *Prospects of the rapeseed and sunflower market. Bulletin of the Khmelnytskyi National University.* 3. 40–44.
3. Shakaliy S.M., Yurchenko S.O., Bagan A.V., Shevchenko V.V. & Zaroza A.O. (2022). *Peculiarities of sunflower growth and development depending on biological preparations. PDAA Bulletin.* 3. 11–17.
4. Adamenko T. (2005). *Prospects of sunflower production in Ukraine in the conditions of climate change. Agronomist.* 1. 12-14.

СПІН ОРБІТАЛЬНА ВЗАЄМОДІЯ В СУПЕРОКСИДІ ТА ПРОБЛЕМА УРОЖАЙНОСТІ ЗЕРНОВИХ

Мінаєв Б. П., Панченко О. О., (м. Черкаси)

У світі сучасної науки та сільського господарства ключовими є питання, пов'язані зі зростанням врожайності культурних рослин та розумінням їхньої фізіології на молекулярному рівні. Особливої уваги потребують питання фотосинтезу, дихання рослин та сигнальні функції активних форм кисню. Супероксид радикал є одним із різновидів активного кисню, який утворюється під час біохімічних процесів в рослинах [1,2]. Він може мати як позитивний, так і негативний вплив на фізіологію рослин. Наприклад, низькі концентрації супероксиду можуть стимулювати ріст та розвиток рослин, в той час як високі концентрації можуть призводити до стресу та пошкоджень клітин. Спін-орбітальна взаємодія (COV) в супероксиді може впливати на його реакційну активність та здатність взаємодіяти з іншими молекулами, такими як ферменти, що впливає на біохімічні процеси у рослинах. Проте, не зважаючи на те, що окисно-відновна роль супероксиду добре відома в біохімії, але його магнітна роль, відкрита в 2002 році при дослідженні глюкозооксидази, досі не є загальноприйнятою у ферментативному каталізі [3].

Молекула кисню має два неспарених електрони в основному стані, який є триплетним бірадикалом ($^3\Sigma_g^-$). Таким чином, O_2 відрізняється від більшості стабільних сполук, включаючи майже всі органічні речовини, які мають спіни електронів, спарені у своєму синглетному основному стані. Тому додавання кисню до органічних субстратів є реакцією, забороненою спіном. Більшість окиснювальних ферментів, оксидаз, пероксидаз і оксигеназ можуть подолати цю заборону за спіном (кінетичний спіновий бар'єр) шляхом залучення кофактора, такого як відновлений флавінаденіндинуклеотид ($FADH^-$), який допомагає організувати перенесення електрона до молекули O_2 в активному центрі ферменту. Двадцять років тому було показано [3], що сильна COV у

супероксидному радикалі з відкритою оболонкою відповідає за ефективний міжсистемний перехресний перехід триплет-синглет (T-S) у радикальній парі $FADH...O_2^- \cdot (^2P_g)$, який повністю визначається магнітним моментом у відкритій оболонці супероксиду $...(\pi_g)^3$. Така специфічна внутрішньо-молекулярна COB не залежить від кофактора-радикала, пояснюючи той факт, що багато ферментів можуть активувати кисень без будь-якого кофактора.

Якщо органічний субстрат сам здатний організувати перенесення електрона до молекули O_2 в активному центрі ферменту, кофактор не потрібний. Багато з таких вільних від кофакторів ферментів були відкриті протягом останніх двох десятиліть [4,5]. Фіксація вуглекислого газу шляхом фотосинтезу, який забезпечує глобальну циклізацію Карбону в усій біосфері, каталізується найпоширенішим ферментом на Землі, рибулозо-1,5-бісфосфат (RuBP) карбоксилазою/оксигеназою (Рубіско) [1,2,4]. Рубіско є діоксигеназою і карбоксилазою, яка каталізує фіксацію O_2 і CO_2 в атмосфері. Як перша відома вільна від кофактора діоксигеназа Рубіско представляла давню таємницю активації O_2 , яка зараз розкрита етапом перенесення електрона до молекули O_2 [2] і механізмом COB, індукованим супероксидом [4]. Хлоропласти зеленого листя заповнені ферментом **Рубіско**, який містить майже половину їх білкової маси. Це робить **Рубіско** найпоширенішим ферментом у біосфері Землі. Рибулозо-1,5-бісфосфат (RuBP) є найважливішим ферментом, який відповідає за зв'язування рослинами атмосферного CO_2 [1-3]. Він каталізує фіксацію приблизно $1,2 \times 10^{11}$ тонн Карбону (10 петамоль) з вуглекислого газу в атмосфері Землі на рік [2]. Насправді, каталізована ферментом RuBP карбоксиляція є первинним етапом автотрофного метаболізму у величезній більшості хемо- та фото-синтезуючих організмів. Каталіз приєднання CO_2 до енолізованого RuBP дає дві молекули 3-фосфогліцерату (ФГА), які пізніше перетворюються на глюкозу та цукри [2]. Фермент **Рубіско** вивчали як карбоксилазу (білок I фракції) до його нової реінкарнації в 1971 році, коли Огрен і Боуз вразили все

біохімічне співтовариство повідомленням про те, що рибулозо-1,5-бісфосфат карбоксилаза, що спрямована на фіксацію CO_2 у фотосинтезі, крім того також відповідає за фотореспіраторний метаболізм рослин [1]. Тобто **Рубіско** може додатково каталізувати конкурентне приєднання кисню щоб утворити 2-фосфогліцерат (Рис. 1). Наземна рослинність поглинає 100 гігатон O_2 кожен рік. Оксигенація рослин, що каталізуються Рубіско приводить до втрати енергії і Карбону для вирощування врожаю; її придушення могло б збільшити врожайність до 55 % [1,3]. Хоча це припущення є досить спрощеним, оскільки фотодихання рослин потрібно для азотного метаболізму, асиміляції сірки і боротьби з патогенами, все ж бажано зменшити окиснювальну функцію Рубіско, щоб покращити фотосинтез.

На Рис. 1 наведено спрощену схему первинних стадій каталізу ферментом **Рубіско** перед процесами розщеплення зв'язків C_2 - C_3 біфосфо-гліцерату. На рис. 1 видокремлені два шляхи дії ферменту як карбоксилази (карбоксилювання і приєднання води) та як діоксигенази. Іони Mg^{2+} взагалі не показані на Рис. 1 для спрощення схеми. На цьому рисунку припускається, що додавання газу та гідратація є узгодженими процесами та супроводжуються ретрансляцією протонів від RuBP до амінокислотного залишку Лізину (Lys 175) через карбамільований залишок Lys 201^(c) [1,2,4].

Цей рисунок являє собою спрощений опис хімічних подій і не відображає всі амінокислотні залишки активного центру та проміжні етапи під час розщеплення (наприклад, ймовірно утворення дикетону під час обробки пероксиду). Енолізація представлена як цикл, щоб вказати на протонний обмін і, зрештою, втрату протона від атома C_3 у розчинній воді під час регенерації рибулозо-1,5-бісфосфату (RuBP). Також показано можливу втрату протона атома O_3 (і, отже, можливість того, що протони C_3 і O_3 обмінялися з розчинником-водою), хоча це відбувається в меншій мірі, ніж для протона атома C_3 .

Теорія Б.П. Мінаєва [3] пояснює механізм приєднання кисню до біфосфату за рахунок перенесення електрону на молекулу O_2 , що є універсальним атрибутом теорії всіх діоксигеназ вільних від кофактору.

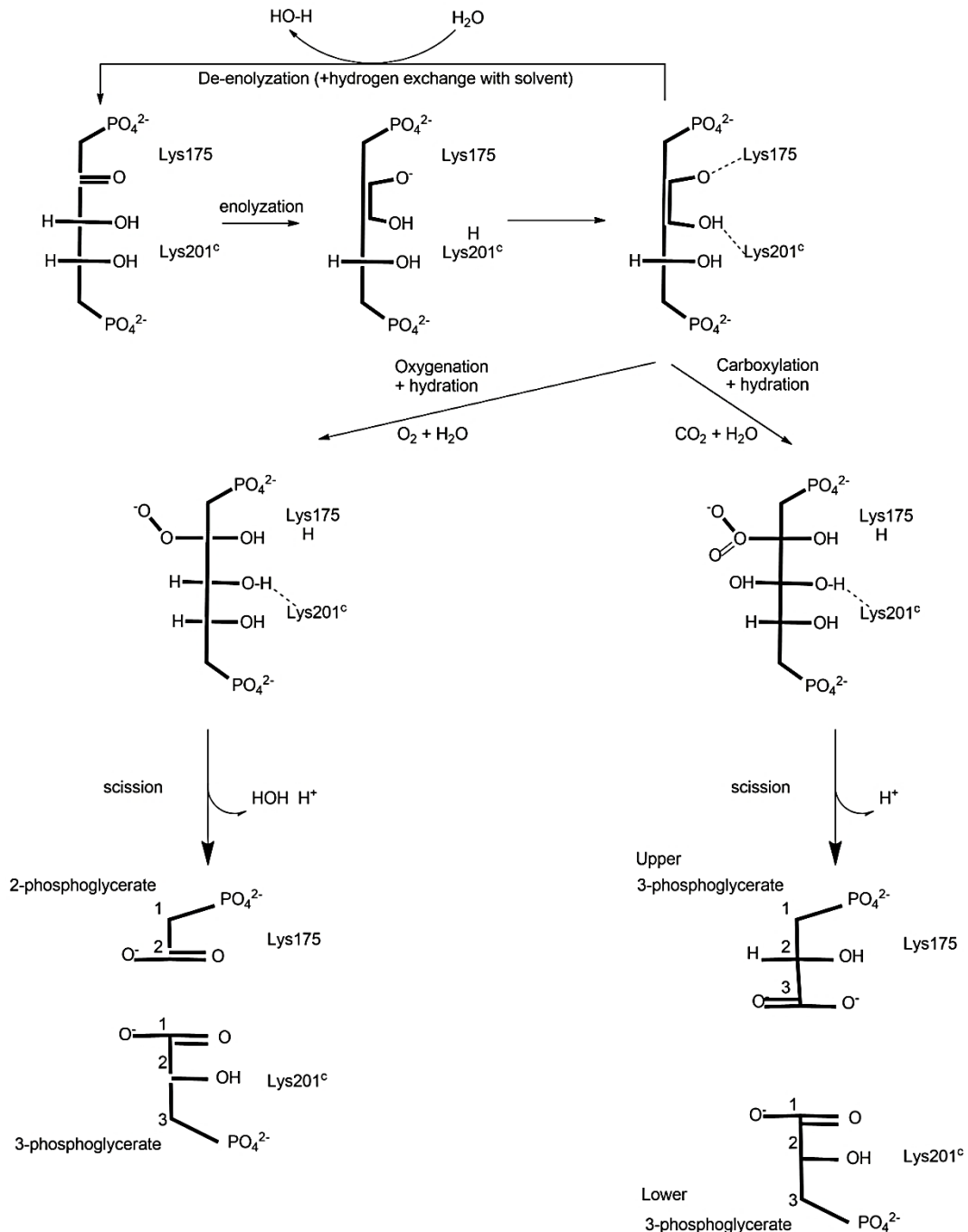


Рис. 1. Спрощені первинні стадії каталізу Рубіско перед процесами розщеплення зв'язку C_2-C_3 . На шляху карбоксилювання, розщеплення приводить до двох видів 3-фосфо-D-гліцерату (ФГА), тоді як у циклі ФГА та одного 2-фосфогліколяту [1].

Магнітна С-О взаємодія в супероксиді індукує триплет-синглетний квантовий перехід в радикальній парі, утвореній між іонами супероксиду та рибулозо-1,5-бісфосфату в активному центрі ферменту Рубіско [3,4]. Синглетна радикальна пара $^1(\text{RuBP}^+ \dots \text{O}_2^-)$ вже без заборони за спіном легко приєднує кисень, утворюючи пероксидний аддукт (після довгої стрілки на стадії оксигенації на Рис. 1). Отже, супероксид-аніон $\text{O}_2^- \cdot (^2\Pi_g)$, як спін-активна магнітна частинка, є однією із найважливіших активних форм кисню (АФК) і носіїв заряду в біологічних системах окиснювальних ферментів [3]. Детальні дослідження ізотопних ефектів ($^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$, ^{13}C) в окиснювальному циклі Рубіско однозначно підтверджують стадію перенесення електрона до O_2 та генерацію супероксиду. Спін-орбітальна взаємодія все ще залишається складним явищем, яке вимагає додаткових досліджень для повного розуміння його впливу на фізіологію рослин. Розуміння цього процесу може допомогти розробці нових технологій для підвищення урожайності зернових культур та забезпечення продовольства для наших майбутніх поколінь.

Список використаних джерел:

1. Ribulose 1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase activates O_2 by electron transfer / C. Bathellier et al. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2020. Vol. 117, no. 39. P. 24234–24242.
2. Lorimer G. H., Andrews T. J. Plant Photorespiration—An Inevitable Consequence of the Existence of Atmospheric Oxygen. *Nature*. 1973. Vol. 243, no. 5406. P. 359–360.
3. Minaev B. F. Spin effects in reductive activation of O_2 by oxidase enzymes. *RIKEN Review*. Tokyo. 2002. Vol. 44. P. 147–149.
4. Tcherkez G. How atmospheric oxygen is captured by RuBisCo. *Nature Reviews Molecular Cell Biology*. 2021. Vol. 22, no. 5. P. 304.
5. Same Substrate, Many Reactions: Oxygen Activation in Flavoenzymes / E. Romero et al. *Chemical Reviews*. 2018. Vol. 118, no. 4. P. 1742–1769.
6. Minaev B. F. How cofactor-free oxygenases can overcome spin prohibition in substrates oxygenation by dioxygen. *Chemical Physics*. 2019. Vol. 521. P. 61–68.

СПАДКОВА МІНЛИВІСТЬ У ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗА ДІЇ ТРИТОН-305Х

Бейко В.С., Назаренко М.М. (м. Дніпро)

Епімутагенна дія з наступним успадкуванням змін представляє інтерес через більш високий ступень специфічності для вихідного матеріалу, можливої наявності полігенних малих мутацій, перш за все біохімічного характеру. Відкривається декілька принципово нових можливостей для генетичного

поліпшення пшениці, менш притаманних іншим методам. Епімутагенна дія з наступним успадкуванням змін представляє інтерес через більш високий ступень специфічності для вихідного матеріалу, можливої наявності полігенних малих мутацій, перш за все біохімічного характеру. Відкривається декілька принципово нових можливостей для генетичного поліпшення пшениці, менш притаманних іншим методам.

Досліди проводили в умовах дослідно-польової станції Науково-навчального центру Дніпровського державного аграрно-економічного університету протягом 2022–2023 рр. Насіння пшениці озимої (по 1000 зерен на кожену концентрацію) обробили Т-305Х (Тритон Х-305) у концентраціях 0,001 %, 0,005 %, 0,1 %, 0,5 % у водному розчині. Експозиція 24 години. Концентрації були тривіальними для цього типу епімутагену. Контроль замочували у воді. Насіннєвий матеріал висівали за 20 варіантами (всього) (2-рядки для другої генерації, 5-рядки для третьої генерації та 10-рядки для наступних генерацій, вихідний сорт як контроль, міжряддя 0,15 м, довжина 1,5 м). рядок). Використовували чотири сорти Співанка та Подолянка (Україна), Altigo та Flamenko (французької селекції). Посів проводили вручну, наприкінці вересня, на глибину 4-5 см і з нормою 100 життєздатних насінин на рядок, 2 рядки на ділянку, в якості контролю – вихідні сортозразки. У поколіннях M_2 – M_3 мутації були ідентифіковані шляхом візуальної оцінки та біометричного аналізу структури врожайності. Рівень мінливості розраховували як $P_v = \alpha * \gamma$, де P_v – рівень мінливості варіанту; α – кількість мутацій для загальної кількості родин у варіанті; γ – кількість типових змінених ознак на варіанті. Статистичну обробку даних проводили за допомогою ANOVA-аналізу, дискримінантного та кластерного аналізу.

Всього досліджено 9450 родин у другому поколінні та 373 мутантні лінії у третьому поколінні. В усіх сортів спостерігалася значно нижча частота, ніж для дії супермутагенів, але вплив концентрації був статистично, сорту – ні,

генотип-сортова взаємодія значима. У досліджених сортів спостерігались наступні показники частоти мутацій: Співанка (загальна частота до 8,0 %), Altigo (до 6,4 %), Подолянка (до 7,5 %), Flamenko (до 9,7 %). Дія епімутагену значно слабша за дію супермутагенів в індукції видимих мутацій. Загалом, частота мутацій підвищувалася з зростанням концентрації, але відсутня статистично достовірна різниця для сорту Altigo між третьою та четвертою концентраціями, Подолянка між другою та третьою, Flamenko між першою та другою. Лише для сорту Співанка різниця присутня завжди.

Ключовою є така характеристика, як наявність ознак, що були змінені при дії епімутагену. Підвищення частоти не завжди відповідає підсиленню мутаційного процесу, що може проходити через збільшення кількості параметрів за котрими проходять зміни. Для цього обрахували рівень мінливості. В усіх сортів спостерігалася низький та менш значимий рівень мінливості, ніж для частоти, але вплив концентрації був статистично достовірним, сорту – ні, генотип-сортова взаємодія незначима. В цілому кількість змінених ознак зростала при підвищенні концентрації, крім сорту Співанка. За підвищенням зі зростанням концентрації параметр підвищувався значно менш вірогідно. Так, для сорту Співанка відсутня різниця між контролем та першою, другою та третьою концентраціями, для Altigo відсутня різниця між контролем та першою, другою та третьою, третьою та четвертою концентраціями, для Подолянки між контролем та першою, першою та другою, другою та третьою, третьою та четвертою концентраціями, для сорту Flamenko Подолянки між контролем та першою, першою та другою концентраціями.

За спектром отриманих змін ознаки можна поділити на 6 груп за загальноприйнятою для практики екологічної генетики класифікацією. Класифікація була вірогідна за концентраціями. Вагома диференціація за сортами відсутня, крім деяких відмінностей у сорту Flamenko. Першу групу становили мутації будовою пагону. До цієї групи належали такі ознаки, як

товсте, тонке, високе та коротке стебло, напівкарликові форми, рослини з інтенсивним, слабким та наявністю або відсутністю воскової поволоки. Ймовірність виникнення мутацій середня, переважно високорослі та низькорослі форми, зміни за інтенсивністю воскової поволоки. Напівкарлики виникають лише при дії останньої концентрації. Другу групу складають мутанти за розміром і формою зерна. Мутації рідкі та немодельні. Третю групу складають мутації за структурою колосу. Більшість цих змін є вищою за частотою при підвищенні концентрації. Група модельна, мутації середньочастотні. Четверту групу складають мутантні форми зі змінами фізіології росту і розвитку рослин: стерильність (характерна лише для останньої концентрації), ранньостиглість, пізньостиглість (середньочастотні), стійкість до хвороб. Модельна група. П'ята – група системних мутацій. Фактично відсутні, крім невеликої кількості переважно спельтоїдних форм при високих концентраціях. Група немодельна. До шостої групи належать господарсько-цінні форми з високою врожайністю зерна або здатністю до кущення. Цей тип мутацій доволі рідкий. Група немодельна.

Досліджуваний епімутаген прогнозовано показав невисоку активність у індукції мутацій, причому дія його зосереджена на користь менш масштабних змін. Переважно дія цього чинника проявляється у виникненні таких змін, деякі мутації, менш різкі по фенотипу за структурою колосу, індукція невеликої кількості господарсько-цінних форм. Доволі високою є опосередкованість у дії генотип-мутагенною компонентою при відсутності різниці у дії за сортами, але можлива низька толерантність у окремих генотипів, що й є основним проявом цієї взаємодії.

Список використаних джерел:

1. Ariraman, M., Dhanavel, D., Seetharaman, N., Murugan, S., & Ramkumar, R. Gamma radiation influences on growth, biochemical and yield characters of *Cajanus Cajan* (L.) MILLSP. *Journal of Plant Stress Physiology*. 2018. 4. P. 38–40.
2. Hassine M., Baraket M., Marzougui N. Slim-Amara H. Screening of the effect of mutation breeding on biotic stress tolerance and quality traits of durum wheat. *Gesunde Pflanzen*. 2023. 75. P. 837–846.
3. Lal R., Chanotiya C., Gupta P. Induced mutation breeding for qualitative and quantitative traits and varietal development in medicinal and

aromatic crops at CSIR-CIMAP, Lucknow (India): past and recent accomplishment. International Journal of Radiation Biology. 2020. 96(12). P. 1513–1527 4. *le Roux M., Burger N., Vlok M., Kunert K., Cullis C., Botha A. (2021). EMS Derived Wheat Mutant BIG8-1 (Triticum aestivum L.) - A New Drought Tolerant Mutant Wheat Line. International Journal of Molecular Sciences, 22, 5314* 5. *Shimelis H., Olaolorun B., Mathew I., Laing M. Optimising the dosage of ethyl methanesulphonate mutagenesis in selected wheat genotypes. South African Journal of Plant and Soil. 2019. 36(5). P. 357–366*

ФОРМУВАННЯ ВИСОТИ РОСЛИН І ПРИКРІПЛЕННЯ КАЧАНА У РОСЛИН КУКУРУДЗИ ПІД ВПЛИВОМ МАКРО- І МІКРОДОБРІВ

Вахній С.П., Засуха А.А., Павліченко К.В., Німенко С.С. (м. Біла Церква)

Морфологічні ознаки якісно відображають вплив чинників навколишнього середовища та елементів технології на продуктивність. Такі морфологічні ознаки, як висота рослин та кріплення качанів взагалі визначають можливість застосування механізованого вирощування та збирання [1–2].

Кукурудза росте дуже повільно на ранніх стадіях і рослини використовують в цей період органічну речовину насіння як джерело поживних речовин і починають поглинати поживні речовини з ґрунту лише тоді, коли з'являються три-чотири листки. Після цього швидкість росту рослин кукурудзи збільшується і досягає максимуму у фазу цвітіння волоті. За сприятливих умов навколишнього середовища ріст рослини в цей період становить 10-12 см на добу [3].

Застосування добрив має важливе значення при вирощуванні кукурудзи. Вони задовольняють потреби в поживних речовинах, захищають рослини від несприятливих погодних факторів, активізують і сприяють фотосинтезу та азотфіксації, підвищують ефективність макродобрив, створюють антистресовий ефект від застосування пестицидів, а також збільшують кількість та якість врожаю [4–6]. Застосування азотних добрив та позакореневих підживлень є ефективним елементом поліпшення лінійних розмірів рослин та оптимізації оптимальних параметрів архітекtonіки посіву кукурудзи [7].

Сприятливий вплив мікроелементів на рослини частково зумовлений їхньою участю в окисно-відновних процесах вуглеводів у навколишньому середовищі. Під впливом мікроелементів у листках збільшується вміст хлорофілу, покращується фотосинтез та підвищується асиміляція [8–10].

Метою досліджень було встановлення впливу макро- і мікродобрив на висоту рослин та прикріплення качанів кукурудзи.

Дослідження проводили в 2023 р. в ПСП Агрофірма «Світанок» Білоцерківського району Київської області за наступною схемою: Фактор А. Мінеральні добрива (кг/га д. р.) 1. Без добрив; 2. $N_{50}P_{30}K_{30}$; 3. $N_{70}P_{50}K_{50}$; 4. $N_{90}P_{70}K_{70}$ Фактор В. Позакореневе підживлення 1. Без застосування; 2. Нутривант Універсальний (2 кг/га) у фазі 3-5 листків кукурудзи; 3. Нутривант плюс Зерновий (2 кг/га) у фазі 3-5 листків кукурудзи + Атланте (0,5 л/га) у фазі 7-8 листків кукурудзи; 4. Ікар Біго Рутс (0,5 л/га) у фазі 3-4 листків кукурудзи + Ікар Фосто (0,5 л/га) у фазі 4-5 листків кукурудзи + Ікар Зінто (0,5 л/га) у фазі 7-8 листків кукурудзи. Вирощували гібрид кукурудзи СИ Октеон (ФАО 380). Площа облікової ділянки – 294 м². Повторність – триразова.

Вплив рівня мінерального живлення на прояв морфологічних ознак у гібридів кукурудзи відмічено багатьма вченими, що і підтверджено нашими дослідженнями [3, 7, 9, 11–15].

Встановлено, що на варіантах із використанням добрив висота кукурудзи мала максимальні показники у фазу воскової стиглості зерна. Найвищі значення отримано на ділянках із внесенням мінеральних добрив $N_{90}P_{70}K_{70}$ та позакореневим застосуванням Ікар Біго Рутс (0,5 л/га) + Ікар Фосто (0,5 л/га) + Ікар Зінто (0,5 л/га) – 242,6 см. При проведенні листового підживлення Нутривант Універсальний (2 кг/га) висота рослин становила 235,7 см, а Нутривант плюс Зерновий (2 кг/га) + Атланте (0,5 л/га) – 239,2 см.

При внесенні $N_{50}P_{30}K_{30}$ висота прикріплення качана становила 97,3–98,7 см, а $N_{70}P_{50}K_{50}$ – 98,5–99,8 см, що на 4,6–8,9 см більше за контрольний варіант.

При внесенні $N_{90}P_{70}K_{70}$ висота прикріплення качанів становила 103,4-106,7 см, а приріст відносно контролю 11,2–11,9 см. Не виявлено впливу позакореневого підживленнями мікродобривами на зміну висоти прикріплення качанів.

Таким чином, використання макро- і мікродобрив добрив сприяє оптимізації ростових процесів, що в кінцевому підсумку впливає на висоту рослин та прикріплення качана кукурудзи.

Список використаних джерел:

1. Паламарчук В.Д. Вплив позакорневих підживлень на прояв лінійних розмірів рослин кукурудзи. *Науковий вісник НУБіП України*. 2018. № 286. С. 231-244.
2. Kelly J., Crain J. L., Raun W. R. *By-plant prediction of corn (Zea mays L.) grain yield using height and stalk diameter. Communications in soil science and plant analysis*. 2015. Т. 46. №. 5. Р. 564-575.
3. Marchenko T. Y., Lavrinenko Y. O., Mykhaylenko I. V., Khomenko T. M. *Biometric indicators of maize hybrids of different FAO groups depending on micronutrient treatment under irrigation conditions. Plant Var. Stud. Prot.* 2019. №15(1). Р. 71-79.
4. Грабовський М. Б., Федорук Ю. В., Правдива Л. А., Грабовська Т.О. Вплив рівня мінерального живлення на ріст, розвиток та водоспоживання рослин сорго цукрового та кукурудзи в одновидових та сумісних посівах. *Таврійський науковий вісник*, 2018. Вип. 103. С.27–35.
5. Marchenko T., Vozhegova R., Lavrynenko Y., Zabara P. *Biometric indicators of lines-parents of maize hybrids of different FAO groups depending on biological treatment on irrigation. Селекція і насінництво*. 2021. №119. С. 135-146. 13-15.
6. Грабовський М.Б. Удобрення кукурудзи: на часі економія. *The Ukrainian Farmer*, січень 2015. С. 56–57.
7. Степаненко М. В., Грабовський М. Б. Вплив системи удобрення на лінійні розміри рослин кукурудзи. *Аграрні інновації*. 2023. № 21. С. 104–109.
8. Furukawa F., Maruyama K., Saito Y. K., Kaneko M. *Corn height estimation using UAV for yield prediction and crop monitoring. Unmanned Aerial Vehicle: Applications in Agriculture and Environment*. 2020. Р. 51-69.
9. Грабовський М.Б., Грабовська Т.О., Городецький О.С., Курило В.Л. Формування продуктивності кукурудзи на силос залежно від фону мінерального живлення. *Зрошуване землеробство*. 2019. Вип. 71. С. 37–40.
10. Грабовський М. Б. Ефективність застосування мінеральних добрив у одновидових та сумісних посівах сорго цукрового та кукурудзи. *Техніка і технології АПК*, 2018. № 8–9 (107). С. 21–24.
11. Паламарчук В. Д., Колісник О. М. *Сучасна технологія вирощування кукурудзи для енергоефективного та екологобезпечного розвитку сільських територій: монографія*. Вінниця: ТОВ Друк, 2022. 372 с.
12. Liu K., Wiatrak P. *Corn (Zea mays L.) plant characteristics and grain yield response to N fertilization programs in no-tillage system. American Journal of Agricultural and Biological Sciences*. 2011. №6(1). Р. 172-179.
13. Spitzer T., Miša P., Bilovský J., Kazda J. (). *Management of maize stand height using growth regulators. Plant Protection Science*. 2015. №51(4). Р. 32-36.
14. Павліченко К.В., Грабовський М.Б. Формування біометричних показників та накопичення сировинної надземної маси гібридами кукурудзи під впливом макро- і мікродобрив. *Таврійський науковий вісник*. 2022. №123. С. 98–111.
15. Gyenes-Hegyı Z., Pok I., Kizmus L. *Plant height and height of the main ear in maize (Zea mays L.) at different locations and different plant densities. Acta agronomica hungarica*. 2002. №50(1). Р. 75-84.

РОЗШИРЕННЯ ГЕНОФОНДУ ВІТЧИЗНЯНИХ СОРТІВ І ЛІНІЙ САЛАТУ ПОСІВНОГО МЕТОДОМ ІНДУКОВАНОГО МУТАГЕНЕЗУ В КОНТЕКСТІ СТВОРЕННЯ СЕЛЕКЦІЙНИХ ІННОВАЦІЙ ДЛЯ ОРГАНІЧНОГО ОВОЧІВНИЦТВА

Кондратенко С.І. (сел. Селекційне, Харківська обл.)

Позняк О.В., Чабан Л.В. (сел. Крути, Чернігівська обл.)

Успішний процес євроінтеграції України до світового економічного співтовариства неможливий без координації зусиль з виробництва якісної та безпечної овочевої продукції. З метою гармонізації потреб агровиробництва і завдань охорони навколишнього середовища, у світі були розроблені правила органічного сільського господарства. Враховуючи, що останніми роками інтенсивність хімічного, радіаційного та інших видів шкідливого антропогенного впливу на довкілля продовжує зростати, питання виробництва екологічно чистої продукції овочівництва набуває підвищеної актуальності. У часі зазначена тенденція збігається з актуалізацією “зеленої революції” приблизно з другої половини ХХ ст. В основу Європейської зеленої угоди в аграрній сфері покладено презентовану Єврокомісією у травні 2020 р. стратегію “Від лану до столу”, спрямовану на справедливу, здорову та екологічно чисту систему харчування [1]. Загалом ця стратегія має на меті прискорити перехід до сталої системи харчування, що повинна: мати нейтральний або позитивний вплив на навколишнє середовище; сприяти пом’якшенню зміни клімату та адаптації до її наслідків; уникнути втрати біорізноманіття; забезпечити продовольчу безпеку, харчування та здоров’я населення, гарантувати кожному доступ до достатньої, безпечної, поживної, стійкої їжі; зберегти доступність продуктів харчування, одночасно забезпечуючи справедливішу економічну віддачу, сприяючи конкурентоспроможності сектору постачання ЄС та чесній торгівлі. Для підтримки впровадження стратегії та розвитку політики сталого харчування

Європейською Комісією висунуто пропозицію щодо розробки законодавчої бази для стабільних харчових систем.

Європейський зелений курс (European Green Deal, ЄЗК), офіційно представлений Європейською Комісією у Європарламенті 11 грудня 2019 р., є комплексом заходів, спрямованих на перетворення Європи на кліматично нейтральний континент до 2050 року [2]. Як один із пріоритетів політики України у контексті Європейського зеленого курсу у сільському господарстві передбачено збільшення частки органічного виробництва та підвищення вимог до аграрних технологій. Загальний обсяг інвестицій в озеленення сільського господарства має скласти не менше 6 млрд. євро. І в цьому контексті створення нових селекційних інновацій та селекційна робота з зеленими овочевими культурами має одне із пріоритетних завдань галузі овочівництва для забезпечення здорового харчування населення України та підвищення експортного потенціалу держави відносно екологічно-чистої продукції аграрного виробництва.

Останніми роками зріс попит на зелені овочеві культури не тільки в Україні і країнах-членах ЄС, а й в усьому світі. До таких культур належить салат посівний (*Lactuca sativa* L.), який є цінним джерелом для дієтичного харчування людини на протязі всього року, завдяки вмісту лікувально-профілактичних, антиоксидантних речовин та здатністю формувати свіжу вітамінну продукцію протягом 25–35 діб як за умов вирощування у відкритому, так і захищеному ґрунті. У своєму біохімічному складі салат містить до 1,5 % білка, незамінних амінокислот – 485 мг/кг, у тому числі валіну, ізолейцину, лейцину, лізину, метіоніну, треоніну, триптофану і фенілаланіну. Енергетична калорійність салату становить 14 ккал у 100 г свіжого продукту [3].

Річне споживання салату європейцями становить 10 кг на людину, а в Україні цей показник не перевищує 0,2–0,3 кг. Аналіз останніх досліджень свідчить, що в Україні салат є однією з основних зелених культур, яку вирощують у відкритому і захищеному ґрунті. Річна норма споживання салату

на одну людину повинна становити 4,9 кг, проте в середньому один українець споживає на рік лише до 1 кг салату [4]. Тому забезпечення населення таким цінним дієтичним продуктом харчування потребує більшої уваги та впровадження нових високопродуктивних та високоадаптивних сортів, здатних формувати якісну зелену продукцію незалежно від екстремальних погодних умов, що склалися останніми десятиліттями внаслідок глобальних змін клімату на планеті. Вирішення цього актуального питання пов'язано з розробкою нових та удосконаленням існуючих селекційних методів створення ліній і сортів різних видів салату посівного.

Одним із ефективних методів розширення генетичного різноманіття малопоширених видів овочевих рослин є індукований мутагенез, зумовлений спрямованою дією різних фізичних або хімічних чинників для одержання корисних для селекції мутацій. Індукований мутагенез залежить від дози і концентрації чинника (мутагену), тривалості його дії, наявності систем репарації пошкоджень у генетичному матеріалі (ДНК), а також відповідності мутацій конкретним умовам середовища (адаптивні мутації). Завдяки дії мутагенного фактору можна досить швидко покращити сорт за окремими ознаками, оскільки індукований мутагенез – унікальна селекційна технологія для тих ситуацій, коли необхідно покращити тільки одну або декілька ознак, залишаючи основний геном незмінним. В Україні досліджень з індукованого мутагенезу салату проведено вкрай недостатньо, а корисний потенціал мутаційної мінливості до кінця не визначено і не досліджено. За останні десятиліття селекціонерами Дослідної станції “Маяк” Інституту овочівництва і багтанництва НААН створено 10 сортів салату посівного різновидів головчастий, листковий, ромен та стебловий. В установі проводилась науково-дослідна робота з вивчення мутантних форм салату посівного, зокрема проведена порівняльна оцінка особливостей спадкування фенотипових ознак мутантних генотипів за комплексом біометричних, морфологічних та фенологічних показників у порівнянні з вихідними формами і

сортами-стандартами. В результаті проведених досліджень в агрокліматичній зоні Північного Лісостепу України (сел. Крути Чернігівської обл.) створено 9 перспективних мутантних ліній для проведення сортової селекції салату листового, які мали високий адаптивний потенціал за проявом ознаки “урожайність” та перевищили сорт-стандарт Шар малиновий за рівнем прояву даної ознаки на 42–94 %, а вихідну форму, сорт Жнич, на 34–86 %. Згідно одержаних результатів виділилося 6 мутантних ліній з низькою реакцією на стресові фактори навколишнього середовища. Урожайність листової маси у даної вибірки мутантних ліній варіювала в межах 8,90–15,20 т/га. Відібрані лінії є цінним вихідним матеріалом для створення екологічно-пластичних сортів [5]. У процесі виконання досліджень підтверджено високу ефективність препаратів мутагенної дії вітчизняного виробництва Д₃МУ і ДМУ-10А, використання яких дозволило створити 7 мутантних ліній (50 % від загального числа) з високими адаптивними властивостями. За результатами проведених досліджень методом хімічного мутагенезу створено 2 сорти салату листового Вишиванка і Лель (первинна обробка повітряно-сухого насіння сорту Жнич водним розчином хімічного мутагену ДМС (диметилсульфат) у концентрації 0,05 % та наступним індивідуально-родинним доббором за показниками продуктивності). Сорти салату посівного листового Вишиванка та Лель вирізняються урожайністю на рівні 14,0 т/га та 18,1 т/га, що вище за сорт-стандарт Шар малиновий на 2,6 т/га і 6,7 т/га, відповідно. Період господарської придатності у сортів Вишиванка і Лель подовжений на 7–9 діб порівняно із сортом-стандартом [6, 7].

Протягом 2021–2023 років виділено дві мутантні перспективні форми покоління М₄ (γ-обробка повітряно-сухого насіння дозою 20 кР) салату посівного головчастого (лінія – к-380) та стеблового (лінія – к-394) різновидів, які відмінні від вихідних форм за морфолого-ідентифікаційними ознаками, біометричними показниками. Середня маса однієї товарної рослини лінії к-380 коливається від 496 г до 512 г, що на 99–115 г переважає сорт-стандарт Скарб та

форми к-394 на початку стеблоутворення коливається від 542 г до 561 г, що на 198–217 г переважає сорт-стандарт Лелека. Дослідження з мутаційної селекції салату посівного є перспективними і будуть продовжені й надалі [8].

Список використаних джерел:

1. Європейський зелений курс і кліматична політики України. Київ, 2022. URL: https://organicinfo.ua/wp-content/uploads/2020/08/EU_-Farm-to-Fork-Strategy-UA_fin.pdf (дата звернення: 09.05.2024)
2. The European Green Deal. Striving to be the first climate-neutral continent. An official website of the European Union. 2024. URL: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en (дата звернення: 09.05.2024)
3. Leschuk N. V., dydiv O. Y., Khareba O. V. Feature of forming a conveyor of commodity product of lettuce, *Lactuca sativa* L., varieties in the western Forest-Steppe of Ukraine. *Plant Varieties studying and Protection*. 2019. Vol. 15. No 3. P. 273-278.
4. Хареба В. В., Хареба О. В., Лецюк Н. В., Мельник С. І., Ткачик С. О., Києнко З. Б., Дидів О. Й., Позняк О. В. салат посівний: морфологія, біологія, технологія. Монографія. Вінниця: ТОВ “Твори”, 2021. 126 с.
5. Кондратенко С. І., Крутько Р. В., Чабан Л. В., Позняк О. В. Оцінка потенціалу урожайності мутантних ліній салату посівного листкового за різних кліматичних умов вирощування. № 2 (84), 2020 Наукові доповіді НУБіП України. 2020. № 2(84). <http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2020.02.005>
6. Інформаційно-довідкова система “Сорт”. Офіційні показники сортів рослин та показники придатності. URL: <http://sort.sops.gov.ua/cultivar/view/14960/14889> (дата звернення: 09.05.2024)
7. Інформаційно-довідкова система “Сорт”. Офіційні показники сортів рослин та показники придатності. URL: <http://sort.sops.gov.ua/cultivar/view/14962/14891> (дата звернення: 09.05.2024)
8. Позняк О. В., Касян О. І., Чабан Л. В., Кондратенко С. І. Малопоширені різновиди салату посівного як об’єкт селекції на дослідній станції «МАЯК» ІОБ НААН. Матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції «Стан і перспективи розробки та впровадження ресурсощадних, енергозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур» (м. Дніпро, 16–17 листопада 2022 р.). Дніпро: ДДАЕУ, 2022. С. 86–88.

ВІДТВОРЮВАЛЬНІ ЯКОСТІ

СВИНОМАТОК ВЕЛИКОЇ БІЛОЇ ПОРОДИ ФРАНЦУЗЬКОЇ СЕЛЕКЦІЇ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ЇХ ОЦІНКИ ЗА ДЕЯКИМИ ПОЛІКОМПОНЕНТНИМИ СЕЛЕКЦІЙНИМИ ІНДЕКСАМИ

Халак В. І., Хмельова О. В (м. Дніпро), Прудніков В. Г., Данілова Т. М. (м. Харків), Бордун О. М. (с. Сад, Сумська обл.), Ільченко М. О. (м. Полтава)

Теоретичною основою для виконання даної роботи є результати дослідження вітчизняних і зарубіжних вчених [1-6]. Мета роботи – дослідити

відтворювальні якості свиноматок великої білої породи французької селекції та провести їх оцінку за деякими полікомпонентними селекційними індексами.

Дослідження проведено в дослідному господарстві та лабораторії тваринництва і кормовиробництва Інституту сільського господарства Північного Сходу НААН, а також лабораторії тваринництва Державної установи Інститут зернових культур НААН. Роботу виконано згідно програми наукових досліджень НААН №31 «Генетичне поліпшення сільськогосподарських тварин, їх відтворення та збереження біорозмаїття (Генетика, збереження та відтворення біоресурсів у тваринництві)».

Оцінку свиноматок великої білої породи французької селекції за показниками відтворювальних якостей проводили з урахуванням наступних кількісних ознак: багатоплідність, гол.; великоплідність, кг.; кількість поросят на час відлучення у віці 28 днів, гол; маса гнізда на час відлучення у віці 28 днів, кг; збереженість поросят до відлучення у віці 28 днів, %. Комплексну оцінку тварин зазначеної виробничої групи проводили за селекційним індексом відтворювальних якостей свиноматки (СІВЯС) (1) та індексом М. Д. Березовського (2):

$$СІВЯС = (6,0 \times X_1) + [9,34 \times (X_2 / X_3)] \quad (1)$$

де: СІВЯС – селекційний індекс відтворювальних якостей свиноматки, бала; X_1 – багатоплідність, гол.; X_2 – маса гнізда поросят на час відлучення, кг; X_3 – вік на час відлучення, днів [7];

$$I = B + (2 \times W) + (35 \times G), \quad (2)$$

де: I – індекс Березовського, бала; B – кількість поросят при народженні, гол; W – кількість відлучених поросят, гол; G – середньодобовий приріст поросят до відлучення, кг [8].

Біометричну обробку одержаних даних проводили за загальноприйнятими методиками [9].

Результати дослідження. Аналіз даних свідчить, що багатоплідність свиноматок підконтрольної популяції ($n=132$) становить $11,7 \pm 0,09$ гол ($Cv=9,18\%$); великоплідність – $1,33 \pm 0,006$ кг ($Cv=5,81\%$); кількість поросят на час відлучення у віці 28 днів – $9,9 \pm 0,07$ гол ($Cv=8,76\%$); маса гнізда на час

відлучення у віці 28 діб – $75,9 \pm 0,81$ кг ($Cv=12,33$ %); маса гнізда на час відлучення у віці 60 діб – 207,0 кг (розрахунково згідно додатку 10 Інструкції з бонітування свиней); збереженість поросят до відлучення у віці 28 діб – $84,1 \pm 0,46$ %. Селекційний індекс відтворювальних якостей свиноматки (СІВЯС) коливається у межах від 61,85 до 113,99 балів; індекс Березовського М. Д. дорівнює $39,55 \pm 0,275$ бала ($Cv=8,02$ %).

Результати комплексної оцінки свиноматок за індексом М. Д. Березовського.

Таблиця 1

Абсолютні та інтегровані показники відтворювальних якостей свиноматок великої білої породи різної внутріпородної диференціації за індексом СІВЯС та індексом Березовського М. Д.

Абсолютні та інтегровані показники відтворювальних якостей свиноматок	Біометричні показники	Індекс Березовського М. Д. , бала		Селекційний індекс відтворювальних якостей свиноматки (СІВЯС), бала	
		39,58-56,23	27,94-39,53	82,43-113,99	61,85-84,70
		група			
		I	II	I	II
1	n	71	61	57	75
	$X \pm S_x$	$12,3 \pm 0,10$	$11,0 \pm 0,11$	$12,6 \pm 0,10$	$11,1 \pm 0,09$
	$Cv \pm Sc_v$	$7,37 \pm 0,618$	$7,54 \pm 0,682$	$6,23 \pm 0,583$	$7,11 \pm 0,580$
2	$X \pm S_x$	$1,33 \pm 0,008$	$1,42 \pm 0,010$	$1,34 \pm 0,010$	$1,39 \pm 0,009$
	$Cv \pm Sc_v$	$5,45 \pm 0,457$	$6,23 \pm 0,564$	$5,60 \pm 0,524$	$5,96 \pm 0,486$
3	$X \pm S_x$	$11,0 \pm 0,06$	$9,9 \pm 0,09$	$11,0 \pm 0,07$	$9,9 \pm 0,08$
	$Cv \pm Sc_v$	$5,34 \pm 0,448$	$7,88 \pm 0,713$	$5,59 \pm 0,523$	$8,15 \pm 1,503$
4	$X \pm S_x$	$79,9 \pm 1,17$	$71,2 \pm 0,75$	$81,5 \pm 0,64$	$71,6 \pm 1,11$
	$Cv \pm Sc_v$	$12,43 \pm 1,043$	$8,30 \pm 0,751$	$5,99 \pm 0,561$	$13,50 \pm 1,102$
5	$X \pm S_x$	$89,4 \pm 0,47$	$90,0 \pm 0,83$	$87,3 \pm 3,90$	$89,2 \pm 0,71$
6	$X \pm S_x$	-	-	$41,86 \pm 0,306$	$37,79 \pm 0,294$
	$Cv \pm Sc_v$	-	-	$5,52 \pm 0,517$	$6,74 \pm 0,550$
7	$X \pm S_x$	$86,01 \pm 0,655$	$78,24 \pm 0,654$	-	-
	$Cv \pm Sc_v$	$6,42 \pm 0,539$	$6,54 \pm 0,592$	-	-

Примітка: 1 – багатоплідність, гол.; 2 – великоплідність, кг; 3 – кількість поросят на час відлучення у віці 28 днів, гол.; 4 – маса гнізда на час відлучення у віці 28 днів, кг; 5 – збереженість поросят до відлучення у віці 28 днів, %; 6 – Індекс Березовського М. Д., бала; 7 – селекційний індекс відтворювальних якостей свиноматки (СІВЯС), бала

Аналіз даних свідчить, що свиноматки I групи переважали ровесниць II групи за багатоплідністю на 1,3 гол ($td=9,28$, $P<0,001$), кількістю поросят на час відлучення у віці 28 днів – 1,1 гол ($td=11,00$, $P<0,001$), масою гнізда на час відлучення у віці 28 днів – 8,7 кг ($td=6,30$, $P<0,001$), селекційним індексом відтворювальних якостей свиноматки (СІВЯС) – 7,77 бала ($td=8,44$, $P<0,001$) (табл. 1).

Різниця між свиноматками II і I груп за великоплідністю становить 0,09 кг ($td=7,5$; $P<0,001$), збереженістю поросят до відлучення у віці 28 днів – 0,6 % ($td=0,63$; $P>0,05$).

Результати комплексної оцінки свиноматок за селекційним індексом відтворювальних якостей свиноматки (СІВЯС). Установлено, що різниця між свиноматками I і II піддослідних груп за багатоплідністю становить 1,5 гол ($td=11,53$, $P<0,001$), кількістю поросят на час відлучення у віці 28 днів – 1,1 гол ($td=11,00$, $P<0,001$), масою гнізда на час відлучення у віці 28 днів – 9,9 кг ($td=7,79$, $P<0,001$), індексом М. Д. Березовського – 4,07 бала ($td=9,69$, $P<0,001$). Дослідження показали, що максимальними показниками великоплідності ($1,39\pm 0,009$ кг) та збереженості поросят до відлучення у віці 28 днів ($89,2\pm 0,71$ %) характеризувалися свиноматки II піддослідної групи.

Результати розрахунку коефіцієнтів парної кореляції між полікомпонентними математичними моделями селекційних індексів та відтворювальними якостями свиноматок великої білої породи свідчать, що вони коливаються у межах від +0,121 ($tr=1,40$, $P>0,05$) до +0,993 ($tr=814,27$, $P<0,001$) (табл. 2).

Таблиця 2

Коефіцієнти парної кореляції між полікомпонентними математичними моделями селекційних індексів та ознаками відтворювальних якостей свиноматок великої білої породи французької селекції

Ознака		Біометричні показники	
<i>x</i>	<i>y</i>	<i>r</i> ± <i>Sr</i>	<i>tr</i>
Індекс Березовського М. Д., бала	1	+0,858±0,0231***	37,20
	2	+0,342±0,0772***	4,43
	3	+0,936±0,0108***	86,42
	4	+0,682±0,0468***	14,59
	5	+0,361±0,0760***	4,75
Селекційний індекс відтворювальних якостей свиноматки (СІВЯС), бала	1	+0,993±0,0012***	814,27
	2	+0,273±0,0809***	3,37
	3	+0,809±0,0302***	26,79
	4	+0,661±0,0492***	13,43
	5	+0,121±0,0861	1,40

Примітка: 1 – багатоплідність, гол; 2 – великоплідність, кг; 3 – кількість поросят на час відлучення у віці 28 днів, гол; 4 – маса гнізда на час відлучення у віці 28,0 днів, кг; 5 – збереженість поросят до відлучення, %; *** - $P < 0,001$

Достовірні коефіцієнти кореляції встановлено між наступними парами ознак: індекс Березовського М. Д. – багатоплідність (+0,858; $tr=37,20$, $P < 0,001$), індекс Березовського М. Д. – великоплідність (+0,342; $tr=4,43$, $P < 0,001$); індекс Березовського М. Д. – кількість поросят на час відлучення у віці 28 днів (+0,936; $tr=86,42$, $P < 0,001$); індекс Березовського М. Д. – маса гнізда на час відлучення у віці 28 днів – (+0,682; $tr=14,59$, $P < 0,001$); індекс Березовського М. Д. – збереженість поросят до відлучення (+0,361; $tr=4,75$, $P < 0,001$); селекційний індекс відтворювальних якостей свиноматки (СІВЯС) – багатоплідність (+0,993; $tr=814,27$, $P < 0,001$), селекційний індекс відтворювальних якостей свиноматки (СІВЯС) – великоплідність (+0,273; $tr=3,37$, $P < 0,001$), селекційний індекс відтворювальних якостей свиноматки (СІВЯС) – кількість поросят на час

відлучення у віці 28 діб ($+0,809$; $tr=26,79$, $P<0,001$); селекційний індекс відтворювальних якостей свиноматки (СІВЯС) – маса гнізда на час відлучення у віці 28 діб – ($+0,661$; $tr=13,43$, $P<0,001$).

Висновки:

1. Установлено, що свиноматки підконтрольної популяції за багатоплідністю ($11,7\pm 0,09$ гол) та масою гнізда на час відлучення у 60-добовому віці ($207,0$ кг) належать до класу еліта. Селекційний індекс відтворювальних якостей свиноматки (СІВЯС) коливається у межах від $61,85$ до $113,99$ балів; індекс Березовського М. Д. дорівнює $39,55\pm 0,275$ бала ($Cv=8,02\%$).

2. З урахуванням внутріпородної диференціації тварин за селекційним індексом відтворювальних якостей свиноматки (СІВЯС) та індексом М. Д. Березовського встановлено, що свиноматки I піддослідної групи достовірно переважають ровесниць II піддослідної групи за багатоплідністю на $1,3-1,5$ гол, кількістю поросят на час відлучення у віці 28 діб – $1,1-1,1$ гол, масою гнізда на час відлучення у віці 28 діб – $8,7-9,9$ кг. Максимальними показниками великоплідності та збереженості поросят до відлучення у віці 28 діб характеризуються свиноматки II піддослідної групи.

3. Кількість достовірних коефіцієнтів парної кореляції між індексом М. Д. Березовського, селекційним індексом відтворювальних якостей свиноматки (СІВЯС) та відтворювальними якостями свиноматок великої білої породи французької селекції становить $90,0\%$.

4. Критеріями відбору високопродуктивних тварин для даної підконтрольної популяції за індексом М. Д. Березовського та селекційним індексом відтворювальних якостей свиноматки (СІВЯС) є наступні показники: $39,58-56,23$ та $82,43-113,99$ балів відповідно.

Список використаних джерел:

1. Крамаренко С. С., Крамаренко О. С., Луговий С. І., Лихач А. В., Лихач В. Я. Аналіз головних компонент (РСА) ознак відтворення свиноматок великої білої породи. Вісник

аграрної науки Причорномор'я : наук. журн. / Миколаїв. нац. аграр. ун-т. Миколаїв, 2019. Вип. 2. С. 75–81. 2. Hanenberg E. H. A. T., Knol E. F., Merks J. W. M. Estimates of genetic parameters for reproduction traits at different parities in Dutch Landrace pigs. *Livestock Production Science*, 2001. № 69(2). P. 179–186. 3. Пересацько Л. В., Березовський М. Д., Луценко М. М., Ващенко П. А., Манюненко С. А. Селекційна робота із заводським типом «Багачанський» у великій білій породі свиней. Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва. Біла Церква, 2021. Вип. 2. С. 32–40. <https://doi.org/10.33245/2310-9289-2021-166-2-32-40> 4. Цибенко В. Г., Гришина Л. П., Перетяцько Л. Г. Аналіз відтворювальних якостей помісних свиноматок та визначення ефекту поєднання за схрещування. *Свинарство*. 2021. №75-76. С. 19-31. <https://doi.org/10.37143/0371-4365-2021-75-76-02> 5. Herrero-Medrano J. M., Mathur P. K., Napel J., Rashidi H., Alexandri P., Knol E. F., Mulder H. A. Estimation of genetic parameters and breeding values across challenged environments to select for robust pigs1. *Journal of Animal Science*. 2015. № 93(4). P. 1494–1502. <https://doi.org/10.2527/jas.2014-8583> 6. Khalak, V., Gutyj, B., Bordun, O., Horchanok, A., Pichenko, M., Smyslov, S., Kuzmenko, O., Lytvyshchenko, L. Development and reproductive qualities of sows of different breeds: innovative and traditional methods of assessment. *Ukrainian Journal of Ecology*, 2020. 10(2), 356–360. https://doi.org/10.15421/2020_109 7. Церенюк О. М., Хватов Ф. І., Стрижак Т. А. Ефективність селекційних і оціночних індексів материнської продуктивності свиней. *Наук. техн. бюллетень НААН, Інститут тваринництва*. Харків, 2010. № 102. С. 173–183 8. Ващенко П. А. Прогнозування племінної цінності свиней на основі лінійних моделей селекційних індексів та ДНК-маркерів: автореф. дис.. на здобуття наук ступеня д-ра с.-г. наук : спец. 06.02.01 «Розведення та селекція тварин». Миколаїв, 2019. 43 с. 9. Коваленко В. П., Халак В. І., Нежлукченко Т. І., Папакіна Н. С. Біометричний аналіз мінливості ознак сільськогосподарських тварин і птиці. *Навчальний посібник з генетики сільськогосподарських тварин*. Херсон: Олді, 2010. 160 с.

ВІДГОДІВЕЛЬНІ І М'ЯСНІ ЯКОСТІ МОЛОДНЯКУ СВИНЕЙ РІЗНИХ ГЕНОТИПІВ ТА ЇХ ЗВ'ЯЗОК З ДЕЯКИМИ ПОКАЗНИКАМИ ІНТЕР'ЄРУ

Халак В. І. (м. Дніпро)

Актуальним питанням щодо інтенсифікації селекційного процесу у галузі свинарства є пошук та впровадження ефективних методів оцінки та відбору високопродуктивних тварин. До таких методів належать: оцінка та відбір за селекційними та оціночними індексами, за індексом BLUP, за біохімічними показниками сироватки крові, а також відбір за ДНК-маркерами, асоційованими з показниками продуктивності свиней [1-5].

Мета роботи – дослідити відгодівельні і м'ясні якості молодняку свиней різних генотипів за геном MC4R, біохімічні показники сироватки крові, а також

розрахувати рівень кореляційних зв'язків між основними кількісними ознаками.

Дослідження проведено в СТОВ «Дружба-Казначейка» Дніпропетровської області, м'ясокомбінаті «Джаз», Науково-дослідному центрі біобезпеки та екологічного контролю ресурсів АПК Дніпровського державного аграрно-економічного університету, лабораторії генетики Інституту свинарства і АПВ НААН та лабораторії тваринництва ДУ Інститут зернових культур НААН. Роботу виконано згідно програми наукових досліджень Національної академії аграрних наук України №30. Інноваційні технології племінного, промислового та органічного виробництва продукції свинарства» («Свинарство»).

ДНК-типуювання молодняку свиней за геном рецептора меланокортину MC4R проводили в лабораторії генетики Інституту свинарства і АПВ НААН за методиками K. S. Kim et al. [6].

Відгодівельні і м'ясні якості молодняку свиней великої білої породи досліджували з урахуванням наступних кількісних ознак: середньодобовий приріст живої маси, г; вік досягнення живої маси 100 кг, діб, товщина шпику на рівні 6-7 грудних хребців, мм, довжина охолодженої туші, см; довжина беконної половини охолодженої туші [7, 8].

У сироватці крові молодняку свиней великої білої породи досліджували вміст сечовини (ммоль/л), вміст азоту сечовини (мг%) та вміст креатинину (мкмоль/л) [9, 10]. Біометричну обробку результатів досліджень здійснювали за методиками Коваленка В. П. та ін. [11] з використанням програмованого модуля «Аналіз даних» в Microsoft Excel.

Результати досліджень. Дані лабораторних досліджень свідчать, що біохімічні показники сироватки крові молодняку свиней піддослідної групи (n=13) відповідають фізіологічній нормі клінічно здорових тварин. Так, вміст сечовини у тварин 5-місячного віку становить $5,15 \pm 0,258$ ммоль/л ($Cv=18,06$

); вміст азоту сечовини – $10,14 \pm 0,422$ мг/% ($C_v=15,00$ %), вміст креатинину – $215,76 \pm 5,181$ мкмоль/л ($C_v=8,67$ %). Фізіологічною нормою для клінічно здорових тварин є наступні показники: вміст сечовини – $3,57-10,70$ ммоль/л, вміст азоту сечовини – $7,6-19,1$ мг%, вмісту креатинину – $140-240$ мкмоль/л [3, 4]. Установлено, що вік досягнення живої маси 100 кг у молодняку свиней загальної вибірки ($n=32$) становить $179,2 \pm 0,80$ доби ($C_v=2,53$ %), середньодобовий приріст живої маси – $769,4 \pm 5,80$ г ($C_v=4,27$ %), товщина шпику на рівні 6-7 грудних хребців – $21,1 \pm 0,34$ мм ($C_v=9,22$ %), довжина охолодженої туші – $96,6 \pm 0,38$ см ($C_v=1,84$ %), довжина беконної половини охолодженої туші – $85,3 \pm 0,57$ см ($C_v=3,06$ %).

Результати дослідження біохімічних показників сироватки крові, відгодівельних і м'ясних якостей молодняку свиней різних генотипів за геном рецептора меланокортину MC4R наведено у таблиці.

Установлено, що більшими показниками вмісту сечовини (на $0,19$ ммоль/л; $td=0,35$; $P>0,05$), азоту сечовини (на $0,06$ мг%; $td=0,07$; $P>0,05$) та креатинину (на $12,57$ мкмоль/л; $td=1,19$; $P>0,05$) характеризувалися свиноматки II піддослідної групи (MC4R^{AA}). Коефіцієнт варіації ($C_v, \%$) біохімічних показників сироватки крові у молодняку свиней піддослідних груп коливається у межах від $6,23$ до $19,60$ %.

Результати контрольної відгодівлі молодняку свиней різних генотипів за геном рецептора меланокортину MC4R показали, що тварини I піддослідної групи (MC4R^{AG}) переважали ровесників II піддослідної групи (MC4R^{AA}) за середньодобовим приростом живої маси на $44,8$ г ($td=5,23$; $P<0,001$), віком досягнення живої маси 100 кг – $3,3$ доби ($td=2,18$; $P<0,05$), товщиною шпику на рівні 6-7 грудних хребців – $2,6$ мм ($td=5,30$; $P<0,001$), довжиною охолодженої туші – $2,1$ см ($td=3,50$; $P<0,01$), довжина беконної половини охолодженої туші – $2,9$ см ($td=3,11$; $P<0,01$).

Біохімічні показники сироватки крові, відгодівельні і м'ясні якості молодняка свиней різних генотипів за геном рецептора меланокортину MC4R

Показники	Біометричні показники	Генотип	
		MC4R ^{AG}	MC4R ^{AA}
		група	
		I	II
<i>біохімічні показники сироватки крові</i>			
вміст сечовини, ммоль/л	<i>n</i>	<i>б</i>	<i>7</i>
	$X \pm S_x$	5,05±0,362	5,24±0,388
	$C_v \pm S_{C_v}, \%$	17,57±5,078	19,60±5,240
вміст азоту сечовини, мг%	$X \pm S_x$	10,11±0,429	10,17±0,728
	$C_v \pm S_{C_v}, \%$	10,39±3,002	18,94±5,064
	$X \pm S_x$	209,00±9,190	221,57±5,218
вміст креатинину, мкмоль/л	$C_v \pm S_{C_v}, \%$	10,77±3,112	6,23±1,665
	<i>відгодівельні і м'ясні якості</i>		
середньодобовий приріст живої маси, г	<i>n</i>	<i>15</i>	<i>17</i>
	$X \pm S_x$	793,2±6,37	748,4±5,73
	$C_v \pm S_{C_v}, \%$	3,11±0,568	3,16±0,542
вік досягнення живої маси 100 кг, діб	$X \pm S_x$	177,4±1,096	180,7±1,05
	$C_v \pm S_{C_v}, \%$	2,39±0,436	2,40±0,411
товщина шпику на рівні 6-7 грудних хребців, мм	$X \pm S_x$	19,7±0,35	22,3±0,36
	$C_v \pm S_{C_v}, \%$	7,03±1,285	6,70±1,149
довжина охолодженої туші, см	$X \pm S_x$	97,6±0,50	95,5±0,34
	$C_v \pm S_{C_v}, \%$	1,73±0,316	1,13±0,193
довжина беконної половини охолодженої туші, см	$X \pm S_x$	86,7±0,72	83,8±0,61
	$C_v \pm S_{C_v}, \%$	2,78±0,508	2,31±0,396

Коефіцієнт варіації ($C_v, \%$) відгодівельних і м'ясних якостей молодняка свиней різних генотипів за геном рецептора меланокортину MC4R коливається у межах від 1,13 до 7,03 %.

Результати розрахунку коефіцієнтів парної кореляції між біохімічними показниками сироватки крові, відгодівельними і м'ясними якостями молодняку свиней різних генотипів за геном рецептора меланокортину MC4R свідчать, що даний біометричний показник коливається у межах від $-0,638 \pm 0,1049$ (довжина охолодженої туші \times вміст креатинину у сироватці крові; $t_r=6,08$; $P<0,001$) до $+0,368 \pm 0,1530$ (вік досягнення живої маси 100 кг \times вміст креатинину у сироватці крові; $t_r=2,40$; $P<0,05$).

Висновки:

1. Біохімічні показники сироватки крові (вміст сечовини, ммоль/л; вміст азоту сечовини, мг%; вміст креатинину, мкмоль/л) у молодняку свиней загальної вибірки відповідає фізіологічній нормі клінічно здорових тварин. Різниця за даними показниками між тваринами різних генотипів за геном рецептора меланокортину MC4R становить 2,99 % і є статистично недостовірною.

2. Установлено, що за віком досягнення живої маси 100 кг, товщиною шпику на рівні 6-7 грудних хребців та довжиною охолодженої туші молодняк свиней піддослідної групи переважає вимоги класу еліта в середньому на 13,77 %.

3. Різниця між тваринами різних генотипів за геном рецептора меланокортину MC4R (MC4R^{AG} – MC4R^{AA}) за середньодобовим приростом живої маси становить 44,8 г, віком досягнення живої маси 100 кг – 3,3 доби, товщиною шпику на рівні 6-7 грудних хребців – 2,6 мм, довжиною охолодженої туші – 2,1 см, довжиною беконної половини охолодженої туші – 2,9 см і є статично достовірною.

4. Коефіцієнт парної кореляції між біохімічними показниками сироватки крові, відгодівельними і м'ясними якостями молодняку свиней великої білої породи коливається у межах від $-0,638 \pm 0,1049$ (довжина охолодженої туші \times вміст креатинину у сироватці крові; $t_r=6,08$; $P<0,001$) до

+0,368 ±0,1530 (вік досягнення живої маси 100 кг × вміст креатинину у сироватці крові; $t_r=2,40$; $P<0,05$). Наявність достовірних кореляційних зв'язків між зазначеними ознаками свідчить про можливість використання показників інтер'єру як маркерів раннього прогнозування кількісних ознак у молодняку свиней великої білої породи.

Подяка. Автор висловлює офіційну подяку головному технологу СТОВ «Дружба-Казначейка» Дніпропетровської області Шепель Н. О., директору Науково-дослідного центру біобезпеки та екологічного контролю ресурсів АПК Дніпровського державного аграрно-економічного університету, доктору ветеринарних наук, професору Масюку Д. М., завідувачу лабораторією клінічної біохімії, кандидату ветеринарних наук, доценту Єфімову В. Г., молодшому науковому співробітнику відділу фізіології, токсикології та біохімії Богомаз А. А. та завідувачу лабораторією генетики Інституту свинарства і АПВ НААН, кандидату с.-г. наук Саєнку А. М. за надану практичну допомогу у проведенні експериментальної частини досліджень.

Список використаних джерел:

1. Zhukorskyi O. M., Tsereniuk O. M., Vashchenko P. A., Khokhlov, A. M., Chereuta, Y. V., Akimov O. V., & Kryhina, N. V. (2022). The effect of the ryanodine receptor gene on the reproductive traits of Welsh sows . *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 13(4), 367-372. <https://doi.org/10.15421/022248>
2. Sukhno, V. V., Vashchenko, P. A., Saenko, A. M., Zhukorskyi, O. M., Tserenyuk, O. M., & Kryhina, N. V. (2022). Association of *Fut1* and *Slc11a1* gene polymorphisms with productivity traits of Large White pigs . *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 13(3), 225–230. Retrieved from. <https://doi.org/10.15421/022229>
3. Matiuk V. V., Saienko A. M., Usenko S. O., Khalak V. I. Polymorphism of *RYRI*, *ESR*, *MC4R* and *LEP* genes in pig micro-population of large white breed of ukrainian selection. *Вісник ПДАА*. 2020. № 4. С.150–156. <https://doi.org/10.31210/visnyk2020.04.18>
4. Халак В. І. Мінливість та рівень кореляційних зв'язків фізико-хімічних властивостей м'язової тканини та деяких біохімічних показників сироватки крові молодняку свиней великої білої породи. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Тваринництво»*. 2020. Вип. 3 (42), С. 77-81. <https://doi.org/10.32845/bsnau.lvst.2020.3.13>
5. Khalak V. I., Bordun O. M., Chehorka P. T. BLUP index: criteria of selection of high roductivity sows and economic evaluation of their use. *Interdisciplinary research: scientific horizons and perspectives: collection of scientific papers «SCIENTIA» with Proceedings of the V International Scientific and Theoretical Conference, April 21, 2023. Vilnius, Republic of Lithuania: European Scientific Platform. 2023. 42-47.* <https://doi.org/10.36074/scientia-21.04.2023>
6. Kim K., Larsen N., Short T. et al. A missense variant of the porcine melanocortin 4 receptor (*MC4R*) gene is associated with fatness, growth, and feed intake traits/ *Mammalian Genome*. 2000. Vol. 11. P. 131-135.
7. Інструкція з

бонітування свиней; Інструкція з ведення племінного обліку у свинарстві. Київ : Київський університет, 2003. 64 с. 8. Березовський М. Д., Хатько І. В. Методики оцінки кнурів і свиноматок за якістю потомства в умовах племінних заводів і племінних репродукторів. Сучасні методики досліджень у свинарстві. Полтава, 2005. С. 32–37. 9. Грибан В. Г., Чумак В. О., Немировський В. І. Клінічна біохімія тварин. Дніпропетровськ, 2001. 160 с. 10. Лабораторні методи досліджень у біології, тваринництві та ветеринарній медицині: довідник / В. В. Влізла та ін.; за ред. В. В. Влізла. Львів: СПОЛОМ, 2012. 764 с. 11. Коваленко В. П., Халак В. І., Нежлукченко Т. І., Папакіна Н. С. Біометричний аналіз мінливості ознак сільськогосподарських тварин і птиці. Навчальний посібник з генетики сільськогосподарських тварин. Херсон: Олді, 2010. 160 с.

ЗМІНА ФОТОСИНТЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ПОСІВІВ КУКУРУДЗИ ЗАЛЕЖНО ВІД ЗАСТОСУВАННЯ МІКРОДОБРІВ ТА РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ РОСЛИН

Басюк П.Л., Грабовський М. Б., Козак Л.А., Качан Л.М. (м. Біла Церква)

Розмір листкового апарату рослин, його довговічність та продуктивність фотосинтезу мають вирішальне значення для врожайності. Фотосинтетична ефективність кукурудзи залежить від кількості рослин на одиниці площі. Тому для реалізації потенційної продуктивності гібридів кукурудзи необхідно отримати оптимальну площу листкової поверхні, яка забезпечує найвищу фотосинтетичну продуктивність [1–3].

Для оцінки продуктивності фотосинтезу використовується показник, який називається фотосинтетичним потенціалом посівів. Він визначається сумарною площею листків, що беруть участь у фотосинтезі від початку до кінця вегетації культури [4–5]. Фотосинтетичний потенціал є більш комплексним показником, ніж площа листкової поверхні, і характеризує фактичний потенціал для синтезу органічної речовини. Висока продуктивність досягається, якщо фотосинтетичний потенціал культури досягає оптимального значення не менше 2 млн м² × га за 100 діб вегетації [6].

Макро- та мікроелементи подовжують життя листків кукурудзи під час репродуктивного розвитку та активного фотосинтетичного апарату протягом

вегетації. Це забезпечує підтримання пулу асимілятів у рослині на достатньо високому рівні, що має значний вплив на продуктивність культури [7–8].

Внесення мінеральних добрив збільшує площу листової поверхні рослин кукурудзи на 25–30 % а фотосинтетичний потенціал посівів на 18,6–24,7 % [9–11]. В той же час в дослідженнях Р. А Вожегової та ін. [12] найменший фотосинтетичний потенціал посівів отримано за мінімальної густоти стояння рослин та без внесення азотних добрив.

Метою наших досліджень було визначення впливу мікродобрив та регуляторів росту рослин на зміну фотосинтетичного потенціалу посівів кукурудзи.

Дослідження проводилися у 2023 р. у СФГ «Чайка-2» Броварського району Київської області за наступною схемою: Фактор А. Гібриди кукурудзи. 1. Гендальф (ФАО 250) 2. Інтелігенс (ФАО 380). Фактор В. Мікродобрива та регулятори росту рослин. 1. Контроль (обприскування водою) 2. Радікс (1 л/га) + Біогумат (1 л/га) у фазі 3-5 листка кукурудзи, Енерджі (1 л/га) + Біогумат (1 л/га) + Цинк (1 л/га) у фазі 6-8 листка кукурудзи 3. Радікс (1 л/га) + Біогумат (1 л/га) + Фотосинтез (1 л/га) у фазі 3-5 листка кукурудзи, Енерджі (1 л/га) + Лінамін (1 л/га) + Цинк (1 л/га) у фазі 6-8 листка кукурудзи 4. Радікс (1 л/га) + Лінамін (1 л/га) + Турбоазот (1 л/га) + Біогумат (0,5 л/га) у фазі 3-5 листка кукурудзи; Енерджі (1 л/га) + Фотосинтез (1 л/га) + Цинк (1 л/га) + Біогумат (0,5 л/га) у фазі 6-8 листка кукурудзи. Повторність досліду – чотириразова. Посівна площа ділянки – 30 м², облікова – 25,2 м².

Встановлено позитивний вплив застосування мікродобрив та регуляторів росту рослин на формування фотосинтетичного потенціалу посівами кукурудзи. Так, у період "12 листок–цвітіння волоті" (ВВСН 32–65) на контрольних варіантах у гібридів Гендальф і Інтелігенс він становив 0,56 і 0,64 млн м² × діб/га, а при використанні мікродобрив та регуляторів росту рослин збільшився на 21,4–32,4 %.

Найбільші значення фотосинтетичного потенціалу кукурудзи отримано у міжфазний період "цвітіння волоті–молочно-воскова стиглість зерна" (ВВСН 65–80). У гібридів Гендальф і Інтелігенс на контролі ці показники були на рівні 1,32 і 1,40 млн $\text{м}^2 \times \text{дїб/га}$, а на ділянках з використанням мікродобрив та регуляторів росту рослин показники збільшилися на 0,21–0,38 млн $\text{м}^2 \times \text{дїб/га}$, залежно від варіанту досліду.

За вегетаційний період кукурудзи фотосинтетичний потенціал у середньораннього і середньостиглого гібридів Гендальф Інтелігенс на контролі становили 2,96 і 3,32 млн $\text{м}^2 \times \text{дїб/га}$, а за використання позакореневих підживлень мікродобривами та регуляторами росту рослин він збільшився на 0,35–0,87 млн $\text{м}^2 \times \text{дїб/га}$. Максимальні значення отримано на четвертому варіанті досліду (Радікс (1 л/га) + Лінамін (1 л/га) + Турбоазот (1 л/га) + Біогумат (0,5 л/га) у фазі 3-5 листка кукурудзи; Енерджі (1 л/га) + Фотосинтез (1 л/га) + Цинк (1 л/га) + Біогумат (0,5 л/га) у фазі 6-8 листка кукурудзи) – 3,52 і 4,19 млн $\text{м}^2 \times \text{дїб/га}$.

Список використаних джерел:

1. Лавриненко Ю.О., Міщенко С.В., Марченко Т.Ю., Пілярська О.О., Кобизєва Л.Н., Грабовський М.Б. Фотосинтетичні показники гібридів кукурудзи залежно від густоти посіву і обробітку біопрепаратами за умов зрошення. *Аграрні інновації*. 2022. №12. С. 41–47.
2. Грабовський М. Б., Городецький О.С., Павліченко К.В. Формування продуктивності кукурудзи на силос залежно від рівня мінерального живлення. *Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Інноваційні технології в агрономії, землеустрої, лісовому та садово-парковому господарстві»*, Біла Церква, 30 жовтня 2020 р. С. 3–4.
3. Панченко Т., Новохацький М., Грабовський М., Козак Л., Правдива Л. Комплексна оцінка впливу основного обробітку ґрунту й удобрення на елементи структури, врожайність зерна і зеленої маси кукурудзи. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України*. 2023. Вип. 33 (47). С. 78–93.
4. Писаренко П. В., Біляєва І. М., Пілярський В. Г., Пілярська О. О. Фотосинтетичний потенціал рослин кукурудзи залежно від умов вирощування. *Миронівський вісник*. 2015. № 1. С. 243–251.
5. Лавриненко Ю. О., Рубан В. Б. Динаміка листової поверхні рослин кукурудзи та фотосинтетичні показники посівів при краплинному способі поливу в умовах Півдня України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2014. №. 4. С. 122–128.
6. Харченко О. В. Основи програмування врожайів сільськогосподарських культур. Суми: Університетська книга, 2003. 293 с.
7. Вожегова Р. А., Марченко Т. Ю., Забара П. П., Пілярська О. О. Особливості фотосинтетичної діяльності ліній–батьківських компонентів гібридів кукурудзи залежно від елементів технології в умовах зрошення. *Зрошуване землеробство*. 2021. Вип. 76. С. 54–59.
8. Грабовський М.Б. Продуктивність кукурудзи на силос та вихід біогазу залежно від густоти стояння рослин. *Наукові горизонти*. 2019. №7 (80). С. 15–21.
9. Князюк О. В., Липовий В. Г., Підпалій І. Ф. Вплив технологічних прийомів вирощування на фотосинтетичну продуктивність гібридів кукурудзи. *Агробіологія*, 2012. Вип. 9. С. 116–120.
10. Грабовський М.Б., Вахній С.П., Лозінський М.В., Панченко Т.В., Басюк П.Л. Зернова продуктивність

гібридів кукурудзи залежно від застосування комплексних мінеральних добрив. *Агробіологія*. 2021. №2. С. 33–42. 11. Павліченко К.В., Грабовський М.Б. Формування біометричних показників та накопичення сирової надземної маси гібридами кукурудзи під впливом макро- і мікродобрив. *Таврійський науковий вісник*. 2022. №123. С. 98–111. 12. Вожегова Р. А., Лавриненко Ю. О., Марченко Т. Ю., Пілярська О. О., Забара П. П. Вплив елементів технологій вирощування на площу асиміляційної поверхні посівів ліній – батьківських компонентів гібридів кукурудзи в умовах зрошення. *Вісник аграрної науки*. 2021. № 12 (825). С. 51–58.

ПРОДУКТИВНІСТЬ ТА ЯКІСТЬ НОВИХ ГІБРИДІВ СОНЯШНИКУ

Жила П.А., Назаренко М.М. (м. Дніпро)

Соняшник як культура залишається однією з провідних технічних культур, що забезпечують економічну ефективність агропромислового комплексу країни. Існують декілька загальних напрямів щодо підвищення врожайності та поліпшення виходу та якості олії цієї культури. Одним з таких заходів є своєчасна сортозміна.

Проведені дослідження вказують на наявність перспективних форм, котрі мають суттєво вищу адаптивну здатність до умов зон нестійкого зволоження, що призводить до ефективної реалізації генетичного обумовленого потенціалу продуктивності та якості.

Досліди проводили на полях ФОП «Жила А.Г.» (с. Малозахарино, Солонянський район, Дніпропетровська область, Україна, 48°03'31" північної широти 34°49'44" східної довготи). Математико-статистичний аналіз проводили за модулями факторного та дискримінантного аналізу. В усіх випадках використовували засоби пакету мультиваріантних досліджень програми Statistica 10.0. Три гібриди PIONER P64CP130, KWS BILOBA, SYNGENTA РОЗЕТА висівали сівалкою Elvorti Vega 8 Profi з густотою стояння 50 000. Повторність трьохкратна, 40 м² облікова площа. Розміщення варіантів польових дослідів – систематичне. Агротехніка рекомендована для зони компаніями-виробниками гібридів. Врожайність визначали суцільним обмолотом, проводили структурний аналіз за 25 типовими рослинами. Визначали такі показники якості як олійність (на приладі Infratec TM FOSS з модулем для

соняшника), йодне число та кислотне число загальноприйнятими методами; вміст ω -3 жирів. Визначали активність післядії гербіциду Євролайтінг (2 літри на гектар, 7 днів післядії) за аналізом ферментних систем (відбирали по 10 рослин з кожного повторення), проводили аналіз ферментів каталази (мкМоль розкладеного H_2O_2 /г сирової речовини за 1 хв.), пероксидази, (мкМоль окисненого гваяколу/г сирової речовини за 1 хв.), поліфенолоксидаза (мкМоль окисненої аскорбінової кислоти/г сирової речовини за 1 хв.).

Більш висока активність досліджуваних ферментів була відмічена на сьому добу польових дослідів, що повинна була істотно вплинути на онтогенез гібридів соняшнику. В рамках дослідження фермент каталази наявна суттєва статистично достовірної різниця з контролем для усіх гібридів на 7-10 день після обробки, негативного ефекту не зазначено, обробка для гібриду KWS ВІЛОВА дала нижчий показник від двох інших, статистично достовірної різниця в наявності. Таким чином, ця ферментна система відтворює загальний суттєвий негативний вплив, гібрид KWS ВІЛОВА демонструє вищу стійкість.

Для гібриду SYNGENTA РОЗЕТА вищий рівень активності від двох інших в контролі, обробка показала вищу стійкість у гібрида KWS ВІЛОВА, але в цьому випадку немає статистично достовірної різниці з гібридом PIONER P64CP130. Ферментна система активна, трохи краще себе показав гібрид KWS ВІЛОВА. Для поліфенолоксидази KWS ВІЛОВА вищий рівень від двох інших в контролі, обробка KWS ВІЛОВА показала також вищу активність. Між двома іншими гібридами суттєвої різниці не було. Таким чином за активністю ферментних систем результати суперечливі, переважно вищу стійкість показав за двома з трьох типів ферментної активності гібрид KWS ВІЛОВА.

Порівняльне випробування показало, що гібрид PIONER P64CP130 переважав за врожайністю, потім був гібрид SYNGENTA РОЗЕТА, зі статистичною достовірністю найнижчий врожай сформував гібрид KWS ВІЛОВА. Важливим питанням залишається за рахунок яких саме параметрів

відбулося підвищення врожайності. Згідно з попередніми дослідженнями, ключовими показниками є діаметр кошика, маса насіння з одного кошику, маса 1000 насінин, лущинність насіння. Згідно з факторним аналізом не було суттєвої різниці між гібридами за останнім показником. Щодо діаметру кошика, то переважав гібрид SYNGENTA РОЗЕТА, інші гібриди на одному рівні. За масою насіння з кошика переважав гібрид PIONER P64CP130, потім SYNGENTA РОЗЕТА. За масою 1000 насінин ситуація була та ж сама. Таким чином, високу врожайність у гібриду PIONER P64CP130 визначає вища маса насіння з одного кошику та маса тисячі насінин, друге місце гібриду SYNGENTA РОЗЕТА обумовлено вищою у порівнянні з гібридом KWS BILOBA масою насіння з кошику. Параметр діаметра кошика відносився до низьковаріативних, інші три до середньоваріативних.

Вагоме значення має також вихід та якість олії у гібридів соняшнику), аналіз котрих був проведений за параметрами виходу олії, йодним та кислотним числам та вмістом цінних ω -3 жирів. За першим параметром кращими були гібриди KWS BILOBA та SYNGENTA РОЗЕТА, але різниця була невеликою, хоча й статистично достовірною, останній показник був гіршим у гібриду SYNGENTA РОЗЕТА. Варіативності за кислотним числом не було, вище йодне число було у SYNGENTA РОЗЕТА. Більшість параметрів відноситься до низьковаріативних, крім йодного числа. Таким чином за комплексом ознак якості насіння соняшнику кращим був гібрид KWS BILOBA, котрий продемонстрував найгіршу врожайність.

За активністю ферментних систем результати суперечливі, переважно вищу стійкість показав за двома з трьох типів ферментної активності гібрид KWS BILOBA. В цілому реєструється негативна післядія для усіх гібридів, значимість її буде встановлена в подальшому. Гібрид PIONER P64CP130 переважав за врожайністю, що було обумовлено вищою масою насіння з кошика та вищою масою 1000 насінин, потім був гібрид SYNGENTA РОЗЕТА

(за рахунок вищої маси насіння з кошику), зі статистичною достовірністю найнижчий врожай сформував гібрид KWS BILOBA. Переважна більшість господарсько-цінних параметрів була високоваріативними, параметри якості є переважно низьковаріативними. За комплексом ознак якості насіння соняшнику кращим був гібрид KWS BILOB.

Список використаних джерел

1. Chekhova I. Sunflower is the main oil crop in Ukraine. *Helia*. 2022. 45(77). P. 167–174.
2. Domaratskiy E., Bazaliy V., Domaratskiy O., Dobrovolskiy A., Kyrychenko N., Kozlova O. Influence of Mineral Nutrition and Combined Growth Regulating Chemical on Nutrient Status of Sunflower. *Indian Journal of Ecology*. 2018. 45(1). P. 126–129.
3. Gamajunova V., Kuvshinova A., Kudrina V., Sydiakina O. Influence of biologics on water consumption of winter barley and sunflower in conditions of Ukrainian Southern Steppe. *Innovative Solutions In Modern Science*. 2020. 6(42). P. 149–176.
4. Nedelcov M., Duca, M., Dencicov, L.. Sunflower's productivity in the context of climatic changes on Republic of Moldova's territory. *Helia*. 2017. 40. P. 115–132.
5. Vasylovskaya, K., Andriienko, O., Malakhovskaya V., Moroz O. "Analysis of changes in comfortable sunflower growing areas using the example of Ukraine. *Helia*. 2022. 45(77). P. 175–189.

ДЕПРЕСИВНІ ЕФЕКТИ У МУТАНТНОЇ ПОПУЛЯЦІЇ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ

Окселенко О.М, Назаренко М.М. (м. Дніпро)

Використання хімічних мутагенів зарекомендувало себе як перспективний метод генетичного поліпшення пшениці озимої та створення нових сортів з принципово-новими ознаками, котрих не існує в рамках програм з генетичних ресурсів рослин, або введення яких у культуру потребує додаткових схрещувань через генетичний зв'язок з іншими додатковими, іноді негативними якостями вихідного матеріалу, ускладнення рекомбінаційного процесу. Низьким ефектом шкодочинності у першому поколінні характеризуються деякі групи хімічних агентів, котрі здатні індукувати суттєву кількість змін при менш вагомому погіршенню онтогенетичних параметрів рослин. Також для покращення проблем з схожістю та виживанням, зниження депресії продуктивності іноді використовують речовини-антимутагени та вихідний матеріал з підвищеною стійкістю до несприятливої дії.

Застосували хімічний супермутаген ДАБ (1,4-бісдіазаоцетилбутан, тут та далі по тексту – ДАБ), котрий належить до типу хімічних речовин, які здатні призводити до суттєвого рівня виникнення мутацій при відносно низькій шкодочинності. Насіння сортів пшениці озимої Фаррел, NE 12443, Ронін, Сейлор обробляли водним розчином ДАБ у концентраціях 0,1 %, 0,2 %, 0,3 % контролем була вода. Для кожної обробки брали 1000 зерен пшениці озимої. Експозиція дії епімутагену була 24 години. Дослід висівався вручну, в останню декаду вересня, на глибину 4-5 см і з нормою 100 життєздатних насінин в рядок (довжина 1,5 м), міжряддя 0,15 м, ділянка 10 рядків, між ділянками 0,3 м, контроль на початку для кожного сорту. В першому поколінні проводили моніторинг схожості та виживання після зимового періоду за окремими варіантами. Рівень стерильності визначали фарбуванням зразків пилку ацетокарміном (до 20 зразків з варіанту, до 500 пилкових зерен). Проводили аналіз структури врожайності, відбирали 25 – 30 рослин з варіанту для визначення наступних показників висота рослин, загальна та продуктивна кущистість, довжина, кількість колосків, озерненість головного колосу, вага зерна з головного колосу та рослини, маса тисячі зерен (далі – МТЗ). Досліди висівали на науково-дослідному полі Дніпровського державного аграрно-економічного університету (с. Олександрівка, Дніпровський район, Дніпропетровська область, Україна). Статистичний аналіз проводили за модулями факторного та дискримінантного аналізу (Statistica 10.0).

Загальний обсяг дослідженого матеріалу складав 16000 рослин за всіма варіантами, з них після аналізу перезимівлі обсяг мутантної популяції становив 14341 рослини. Показник схожості статистично достовірно змінювався при підвищенні концентрацій ДАБ. Теж саме наявно для параметру виживання, котрий так само зменшувався при зростанні концентрації мутагену, характерна відсутність залежності від генотипу.

При попарному порівнянні за результатами тесту Тьюкі по характеру реакції на ДАБ як мутаген достовірно кращою була реакція у NE 12443, різниця між іншими сортами була відсутня. Хоча й виявлена сортова специфіка була достовірною, вплив навіть максимальної концентрації не перевершував рамки для дії помірних доз та концентрацій згідно загальної класифікації (70-80 % від показнику стандарту (РД) (83,1 % для схожості (сорт Фаррел) та 79,9 % для виживання (сорт Сейлор). Показники схожості та виживання лінійно знижувалися при зростанні концентрації, відсутня статистично достовірна різниця лише між діями концентрацій ДАБ 0,1 та 0,2 % для обох показників, різниця між контролем та впливом мутагену завжди достовірна, як і при переході від дії ДАБ 0,2 % до ДАБ 0,3 %.

Вагомим недоліком мутагенної активності у першому поколінні є зниження фертильності рослини. Дія ДАБ статистично достовірно вплинула на зростання стерильності, але навіть при дії вищої концентрації вона залишалася на рівні помірної, більш вразливим був сорт Сейлор, для всіх інших різниця відсутня. Параметр залежить від зростання концентрації мутагену, але не від сорту, тобто більшої вразливості сорту Сейлор недостатньо, чим відрізняється від попередньо проаналізованих показників.

Основні досліджені параметри за структурою врожайності у сортів пшениці озимої представлені у таблиці 3. Висота рослини знижувалася при кожному підвищенні концентрації, крім переходу від ДАБ 0,1 % до ДАБ 0,2 %, де різниця була недостовірна за виключенням сорту Сейлор, різниця по взаємодії з окремими сортами була наявна, сортова мінливість не була достовірною. Кількість зерен з головного колосу слабомінлива, підвищення концентрації впливало недостовірно. Різниця з контролем та попередніми варіантами лише за дії ДАБ 0,3 %. Щодо ваги зерна з головного колосу, то цей показник показує по мінливості депресію за підвищенням концентрацій, крім переходу від ДАБ 0,1 % до ДАБ 0,2 %, де різниця була недостовірна, різниця по

взаємодії з окремими сортами була наявна, сортова мінливість не була достовірною. Для ваги зерна з рослини в усіх сортів (крім Сейлор) однакова депресія в контролі та за дії першої концентрації, достовірна різниця між діями першої та другої (крім Сейлор, другої та третьої).

Негативний вплив ДАБ проявлявся зі статистичною достовірністю за постійним поступовим зниженням МТЗ з кожної концентрацією ДАБ, для всіх сортів, відмінностей за динамкою зміни ознаки за сортами не реєстрували. Усі концентрації ДАБ діяли як помірні, не досягаючи рівня РД50. За параметрами структури врожайності знов виділився сорт Сейлор.

Аналіз у факторному просторі впливу окремих параметрів як функцій класифікації показав, що весь матеріал за характером дії можна кластеризувати на три основні групи. Чітко та достовірно за центроїдними відстанями диференціювали група за відсутності мутагенного впливу та дія ДАБ 0,3 %. За діями між групами ДАБ 0,1 % та ДАБ 0,2 % статистично достовірна різниця за ефектами мутагенної депресії була відсутня.

За настанням окремих фенофаз у розвитку значне сповільнення за критичними фазами виходу в трубку та колосіння більш ніж на 2 дня спостерігалось лише при дії ДАБ 0,3 % та тільки у одного сорту Ронін. Для інших затримка була незначна, до того ж при настанні повної стиглості вона повністю нівелювалася.

Реакція на дію хімічного супермутагену у сортів пшениці озимої набагато більш однорідна, ніж при дії попередньо досліджених на цьому ж матеріалі епімутагенів. Вихідний сортовий матеріал переважно сприйнятливий до дії, депресивні наслідки за вивченими ознаками в варіантах досліджень навіть при дії найвищої концентрації не досягли значень ЛД50, або РД50, тобто за дією концентрації відносилися до помірних. За класифікаційним аналізом не є доцільним використання ДАБ 0,1 %, варто залишати при майбутніх дослідженнях лише ДАБ 0,2 % та ДАБ 0,3 % як дієві концентрації. Для даного

мутагену характерна значна генотип-мутагенна взаємодія, а от чиста реакція генотипу як правило не є вагомою. На відміну від епімутагенної дії віддалена загибель менш важлива для обсягів отриманого матеріалу та вагома тільки у сорту Сейлор, переважно депресивний ефект ДАБ виражається у нижчій схожості. Трохи кращим за резистентністю до дії ДАБ був сорт NE 12443, специфічною генотип-мутагенною взаємодією виділився сорт Сейлор за більшою частиною ознак.

Список використаних джерел:

1. Ahumada-Flores S., Pando L., Cota F., de la Cruz T., Sarsu F., de los Santos V. (2021) *Technical note: gamma irradiation induces changes of phenotypic and agronomic traits in wheat (Triticum turgidum ssp durum)*. *Applied Radiation and Isotopes*, 167, 109490
2. Beiko V., Nazarenko M. (2022). *Early depressive effects of epimutagen in the first generation of winter wheat varieties*. *Agrology*, 5(2). P43–48
3. Mangi N., Baloch A., Khaskheli N., Ali M., Afzal W. (2021). *Multivariate Analysis for Evaluation of Mutant Bread Wheat Lines Using Metric Traits*. *Integrative Plant Sciences*, 1(1). P. 29–34
4. le Roux M., Burger N., Vlok M., Kunert K., Cullis C., Botha A. (2021). *EMS Derived Wheat Mutant BIG8-1 (Triticum aestivum L.) - A New Drought Tolerant Mutant Wheat Line*. *International Journal of Molecular Sciences*, 22, 5314
5. Shabani M., Alemzadeh A., Nakhoda B., Razi H., Houshmandpanah Z., Hildebrand D., (2022). *Optimized gamma radiation produces physio-logical and morphological changes that improve seed yield in wheat*. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 28(8), P. 1571–1586

ІНДУКУВАННЯ ПРОРОСТАННЯ НАСІННЯ ЗЛАКІВ З НИЗЬКОЮ СХОЖІСТЮ ДІЄЮ ДОНОРА НІТРОГЕН ОКСИДУ (NO) ТА ЙОГО ВПЛИВ НА ПРО-/АНТИОКСИДАНТНУ РІВНОВАГУ

Колупасєв Ю.Є. (м. Харків, м. Полтава), Сахно Т.В. (м. Полтава)

Ястреб Т.О., Кокорєв О.І., Шахов І.В. (м. Харків)

Інтенсивність процесу старіння насіння та втрати ним схожості залежить від умов збирання, висушування та зберігання [1]. У зв'язку з цим пошук прийомів, що підвищують схожість насіння, є важливим практичним завданням. В Україні актуальність цієї проблеми нині посилюється у зв'язку з активними воєнними діями, через які часто відсутні можливості витримування технологічних регламентів зберігання насіння.

У деяких дослідженнях проводяться паралелі між процесами проростання зернівок і стресовою реакцією рослини [2]. Подібність між цими процесами полягає в тому, що вони супроводжуються сприйняттям зовнішніх сигналів (насамперед про зміни температури та вологості), активацією сигнальної мережі та трансдукцією сигналів до генетичного апарату [3]. Процеси проростання насіння також супроводжуються посиленням генерації активних форм кисню (АФО), які беруть участь у формуванні редокс-сигналів, необхідних для росту проростка. Однак посилене утворення АФО у насінні може бути однією з головних причин його старіння [4, 5].

Для підвищення швидкості й однорідності проростання насіння в останнє десятиліття у світі дедалі ширше використовуються технології праймінгу [3, 6]. Цим терміном визначають фізіологічний метод контрольованого зволоження та висушування зернівок для посилення у них передгермінативних метаболічних процесів [7]. Проте поєднання зволоження насіння (гідропраймінгу) з його обробкою фітогормонами, стресовими метаболітами або сигнальними сполуками може значно посилювати позитивний ефект праймінгу. Однією зі складових такого впливу може бути зміна редокс-гомеостазу і активація антиоксидантної системи під впливом праймувальних агентів. Важливим регулятором цих процесів є Нітроген оксид (NO), який має здатність до посттрансляційної модифікації багатьох білків, у тому числі антиоксидантних і прооксидантних ферментів, що призводить до модуляції їх активності [8]. Також оксид азоту прямо або шляхом впливу на вміст в клітинах інших сигнальних посередників може змінювати експресію генів, що кодують антиоксидантні ферменти та інші білки стрес-протекторних систем. Феномени активації проростання насіння донорами NO виявлені досить давно. Наприклад, показано, що обробка донором NO нітропрусидом натрію (НПН) стимулює проростання насіння *Stellaria media* [9]. Встановлено посилення проростання насіння арабідопсису під впливом донорів NO НПН і нітрату

натрію [10]. Також дія НПН знімала інгібування світлом проростання насіння ячменю [11]. Показало, що обробка насіння НПН спричиняла підвищення накопичення біомаси і врожайності зерна рису за умов засолення. Так само спостерігалось посилення функціонування антиоксидантної системи у рослин з праймованого НПН насіння [12].

Виявлено також підвищення стійкості до засолення рослин *Jatropha curcas* на стадії проростків під впливом праймінгу насіння НПН. При цьому відзначалося зменшення накопичення АФО і окиснювальних ушкоджень біомембран [13].

Насіння зернових злаків, зокрема, жита, а також міжродового гібриду жита та пшениці тритикале належить до чутливих до дії несприятливих чинників [1]. Наприклад, зародки насіння жита особливо чутливі до зміни вологості, що може спричинити у них фрагментацію мембран [14]. Проте вплив донорів Нітроген оксиду на проростання зернівок злаків з порушеною схожістю майже не досліджений. Метою нашої роботи стало дослідження впливу донора NO НПН на енергію проростання, схожість насіння та показники про-/антиоксидантної рівноваги трьох видів злаків: пшениці (*Triticum aestivum* L., сорт Скорпіон), тритикале (\times *Triticosecale*, сорт Паритет) і жита (*Secale cereale*, сорт Пам'ять Худоєрка).

У роботі використовували зернівки урожаю 2020 року, які зберігалися у неконтрольованих умовах і зазнавали впливу підвищених температур (30-32°C) у літній період і знижених (-5... - 7°C), у зимовий, а також періодичного зростання вологості повітря до 80-85%. Перед початком експерименту зернівки всіх варіантів знезаражували за допомогою 5% гіпохлориту натрію протягом 15 хв і ретельно промивали дистильованою водою. Контрольним варіантом слугували зернівки, що зазнавали процедури гідропраймінгу (занурення у дистильовану воду на 3 год з наступним висушуванням за температури 25°C протягом доби). Як показано раніше, такий режим гідропраймінгу спричиняв

деяке посилення проростання зернівок тритикале і жита з низькою схожістю [15]. Зважаючи на це, ефекти НПН порівнювали з дією гідропраймінгу. Зернівки дослідних варіантів на 3 год занурювали у розчини нітропрусиду натрію у концентраціях діапазону 20-500 мкМ, після чого висушували у темряві за температури 25°C. Як додатковий контроль для доказу специфічності дії НПН як донора Нітроген оксиду, а не солі використовували так звані «виснажені» розчини НПН, які отримували шляхом витримання приготованих розчинів протягом 3 днів на світлі [16]. Праймоване насіння пророщували в чашках Петрі на двох шарах зволоженого фільтрувального паперу за температури 24°C. Енергію проростання насіння оцінювали через 2 доби, схожість — через 3 доби. У 3-добових проростках також визначали інтенсивність генерації супероксидного аніон-радикала (O_2^-), вміст Гідроген пероксиду, продукту пероксидного окиснення ліпідів (ПОЛ) малонового діальдегіду (МДА) та активність антиоксидантних ферментів — супероксиддисмутази (СОД), каталази і гваколпероксидази (ГПО).

У контролі (гідропраймінг) енергія проростання зернівок пшениці, тритикале і жита становила 50,3, 39,2 і 15,0%, відповідно. Обробка НПН в оптимальній концентрації (100 мкМ для всіх трьох культур) підвищувала показники енергії проростання та схожості на 16-21%. Також під впливом 100 мкМ НПН в усіх трьох видів злаків вірогідно збільшувалася маса коренів і пагонів. Водночас «виснажений» розчин НПН не виявляв впливу на показники енергії проростання, схожості та біомаси органів проростків, що свідчить про специфічну дію НПН як донора Нітроген оксиду.

Під впливом праймінгу НПН знижувалася генерація проростками супероксидного аніон-радикала, а також вміст в них Гідроген пероксиду і МДА. Водночас для різних видів злаків за обробки НПН відзначалося істотне підвищення активності каталази. Проте вірогідних змін активності СОД і ГПО за праймінгу НПН не виявлено.

Отримані результати дозволяють припускати, що позитивний вплив донора NO на проростання насіння і ріст проростків принаймні частково зумовлений модуляцією процесів утворення і знешкодження АФК. Зокрема, зменшення генерації супероксидного аніон-радикала може бути зумовлене нітрозуванням окремих цистеїнових залишків у молекулах НАДФН-оксидази [8] — основного ензиму, що генерує супероксидний аніон-радикал. Водночас зниження вмісту Гідроген пероксиду може бути пов'язане зі зменшенням генерації O_2^- , з якого він утворюється, та зростанням активності каталази. В цілому менша кількість супероксидного аніон-радикала та Гідроген пероксиду у зернівках і пагонах зумовлювала менший рівень ПОЛ, що визначався за вмістом МДА. Таким чином, зменшувався ефект окиснювального стресу, що супроводжує проростання насіння.

Безумовно, така інтерпретація результатів не виключає і багатьох інших можливих механізмів впливу донора Нітроген оксиду на проростання насіння, зокрема, змін у гормональному балансі (зниження вмісту абсцизової кислоти і зростання вмісту гіберелінів). Питання механізмів впливу праймінгу на проростання зернівок злаків потребує подальших досліджень. Водночас отримані дані дозволяють вважати праймінг донором NO ефективним біотехнологічним прийомом для підвищення схожості насіння з низькими посівними якостями.

Список використаних джерел:

1. Hong T.D., Ellis R.H. (1996) *A Protocol to Determine Seed Storage Behavior*. Rome.
2. Kranner I., Minibayeva F.V., Beckett R.P., Seal C.E. (2010). What is stress? Concepts, definitions and applications in seed science. *New Phytol.* 188(3), pp. 655-73. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2010.03461.x>.
3. Paparella S., Araújo S.S., Rossi G., Wijayasinghe M., Carbonera D., Balestrazzi A. (2015). Seed priming: state of the art and new perspectives. *Plant Cell Rep.* 34(8), pp. 1281-1293. <https://doi.org/10.1007/s00299-015-1784-y>.
4. Kurek K., Plitta-Michalak B., Ratajczak E. (2019). Reactive oxygen species as potential drivers of the seed aging process. *Plants (Basel)*. 8(6): 174. <https://doi.org/10.3390/plants8060174>.
5. Zhang K., Zhang Y., Sun J., Meng J., Tao J. (2021). Deterioration of orthodox seeds during ageing: Influencing factors, physiological alterations and the role of reactive oxygen species. *Plant Physiol. Biochem.* 158: 475–485. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.11.031>.
6. Ibrahim E.A.-A. (2019). *Fundamental Processes Involved in Seed Priming*. In: Hasanuzzaman M., Fotopoulos V. (eds.), *Priming and Pretreatment of Seeds and Seedlings*. Springer Nature Singapore Pte Ltd., pp. 63-115. https://doi.org/10.1007/978-981-13-8625-1_4.
7. Waqas M., Korres N.E., Khan M.D., Nizami Al.-S., Deeba F., Ali I., Hussain H. (2019). *Advances in the concept and methods of seed priming*. In: Hasanuzzaman M.,

Fotopoulos V. (eds.), *Priming and Pretreatment of Seeds and Seedlings*. Springer Nature Singapore Pte Ltd., pp. 11-41. https://doi.org/10.1007/978-981-13-8625-1_2. 8. Kolupaev Yu.E., Yemets A.I., Yastreb T.O., Blume Y.B. (2023) The role of nitric oxide and hydrogen sulfide in regulation of redox homeostasis at extreme temperatures in plants. *Front. Plant Sci.* 14:1128439. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1128439>. 9. Oliveira C., Benfeito S., Fernandes C., Cagide F., Silva T., Borges F. (2018). NO and HNO donors, nitrones, and nitroxides: Past, present, and future. *Med. Res. Rev.* 38(4): 1159-87. <https://doi.org/10.1002/med.21461>. 10. Yemets A.I., Krasylenk, Ya.A., Lytvyn D.I., Sheremet Ya.A., Blume Ya.B. (2011). Nitric oxide signaling via cytoskeleton in plants. *Plant Sci.* 181(5), pp. 545-54. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2011.04.017>. 11. Bethke P.C., Gubler F., Jacobsen J.V., Jones R.L. (2004). Dormancy of *Arabidopsis* seeds and barley grains can be broken by nitric oxide. *Planta.* 219: 847-855. <https://doi.org/10.1007/s00425-004-1282-x>. 12. Habib N., Akram M., Javed M., Azeem M., Ali Q., Shaheen H., Ashraf M. (2016). Nitric oxide regulated improvement in growth and yield of rice plants grown under salinity stress: antioxidant defense system. *Appl. Ecol. Environ. Res.* 14, pp. 91-105. https://doi.org/10.15666/aeer/1405_091105. 13. Gadelha C.G., Miranda R.S., Alencar N.L.M., Costa J.H., Prisco J.T., Gomes-Filho, E. (2017). Exogenous nitric oxide improves salt tolerance during establishment of *Jatropha curcas* seedlings by ameliorating oxidative damage and toxic ion accumulation. *J. Plant Physiol.* 212, pp. 69-79. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2017.02.005>. 14. Sargent J.A., Mandi S.S., Osborne D.J. (1981). The loss of desiccation tolerance during germination: an ultrastructural and biochemical approach. *Protoplasma.* 105: 225-239. <https://doi.org/10.1007/BF01279221>. 15. Kolupaev Yu.E., Taraban D.A., Kokorev A.I., Yastreb T.O., Pysarenko V.M., Sherstiuk E., Karpets Yu.V. (2024). Effect of melatonin and hydropriming on germination of aged triticale and rye seeds. *Botanica.* 30(1): 1-13. <https://doi.org/10.35513/Botlit.2024.1.1>. 16. Mur L.A.J., Mandon J., Persijn S., Cristescu S.M., Moshkov I.E., Novikova G.V. et al. (2013). Nitric oxide in plants: an assessment of the current state of knowledge. *AoB Plants.* 5, frt. pls052. <https://doi.org/10.1093/aobpla/pls052>.

АГРОХІМІЧНИЙ АНАЛІЗ ҐРУНТІВ ХРОМАТОГРАФІЧНИМ МЕТОДОМ

Литвин В.А., Шинкаренко Д.Ю. (м. Черкаси)

Фахівці з охорони навколишнього середовища серед металів-токсикантів виділили пріоритетну групу, до якої входять свинець, ртуть, кадмій, нікель, хром, цинк, миш'як як елементи, що є більш небезпечними для здоров'я людини та тварин [1]. Важкі метали потрапляють до організму людини в основному через харчові продукти, а також повітря, що вдихається, рідше – через шкіру та слизові оболонки. Ці елементи здатні накопичуватися у всіх органах і тканинах, зберігатися тривалий час і, досягаючи певної концентрації, чинити згубну дію – викликають отруєння організму, мутації і т.п. Іони важких металів засмічують навіть чисто механічно, осідаючи на стінках найтонших систем організму і знижуючи фільтраційну здатність ниркових каналів, каналів печінки [2].

Надходження важких металів у біосферу також здійснюється

різноманітними шляхами. Основна їх частина надходить у ґрунт з атмосфери, яка насичена промисловими викидами. Найважливішими є викиди при високотемпературних процесах у чорній та кольоровій металургії, при випаленні цементної сировини, спалюванні мінерального палива. Крім того, джерелом забруднення біоценозів можуть служити зрошення ґрунту водами з підвищеним вмістом важких металів, внесення опадів побутових стічних вод у ґрунт як добрива. Свій внесок у забруднення металами роблять також транспорт і комунально-побутові об'єкти. Ґрунт накопичує важкі метали, оскільки вони поглинаються ґрунтовим гумусом з утворенням важкорозчинних сполук [3].

Мета роботи полягала у експериментальному якісному аналізі зразків ґрунту, взятих з трьох різних місцевостей (сад, поле, дорога) методом тонкошарової хроматографії.

Тонкошарова хроматографія є одним із ефективних методів дослідження, який не потребує складного обладнання та дефіцитних реактивів. Він дозволяє виявити речовини у мізерно малих кількостях [4].

Для проведення аналізу 10 г кожного зразку сухого та подрібненого ґрунту заливали 50 мл 1 М розчину нітратної кислоти і залишали на добу. Потім суміш профільтровували, а фільтрат випарювали до 3 мл. При проведенні дослідження було використано 2 розчинники: (А) суміш, що містить 87% ацетону, 5% води та 8% концентрованої хлоридної кислоти; (Б) суміш, що містить 18 мл етанолу, 18 мл пропанолу і 4 мл 20%-ної хлоридної кислоти. В якості проявника використовували $K_4[Fe(CN)_6]$, NH_4SCN і Na_2S .

Для проведення хроматографії використовували смужки фільтрованого паперу шириною 2 см і довжиною 11 см. На смужці паперу була проведена стартова лінія з відривом 2 см від краю, на яку в центрі наносили краплю досліджуваного розчину. Плямю обводили простим олівцем та висушували. У скляний циліндр наливали 15 мл розчинника. Смужку паперу з нанесеною на неї краплею аналізованого розчину опускали в посудину так, щоб її кінець був

занурений у розчинник не більше ніж на 0,5 см, при цьому пляма не торкалася розчинника, а смужка паперу – стінок циліндра. Далі розчиннику давали піднятися на 10 см. Після цього смужку виймали, відзначали олівцем фронт розчинника та висушували. Потім обприскували смужку проявником і висушували. Забарвлені зони вказували на присутність того чи іншого катіону.

За результатами експерименту були отримані такі результати за вмістом у зразках ґрунту іонів важких металів:

1. Три смужки паперу, опущені в розчинник (А) і обприскуванні проявником $K_4[Fe(CN)_6]$, пофарбувалися в синій колір, що свідчить про те, що у всіх досліджуваних зразках ґрунту присутні іони феруму (Fe^{3+});

2. Смужки паперу, опущені в розчинник (А) та обприскані проявником NH_4SCN , забарвилися у блакитний та червоні кольори. Слід зазначити, що папір із зразком ґрунту із саду забарвився незначно, а папір із зразком ґрунту, взятої біля дороги, забарвився сильніше за інших. Отже, у всіх трьох досліджуваних зразках ґрунту присутні іони феруму (Fe^{3+}) та кобальту (Co^{2+}), але в ґрунті з саду їх вміст значно менший, а у ґрунті біля дороги – найбільший.

3. Смужки паперу, опущені в розчинник (Б) і обприскуванні проявником $K_4[Fe(CN)_6]$, забарвилися у синій колір. Наявність червоно-бурого кольору означає, що у всіх трьох зразках досліджуваного ґрунту немає Cu^{2+} іонів.

4. На смужках паперу, опущених в розчинник (Б) і обприскані проявником NH_4SCN , з'явилися плями червоного кольору. Це ще раз доводить, що у всіх трьох зразках є іони феруму (Fe^{3+}). Але на папері із зразком ґрунту, взятого біля дороги, пляма яскравіша, отже, і вміст Fe^{3+} іонів значно більший.

5. Останні три зразки, опущені в розчинник (Б) і обприскуванні проявником Na_2S , не забарвилися в чорний чи жовтий колір. Отже, в жодному із зразків ґрунту немає ані іонів вісмуту (Bi^{3+}), ані іонів кадмію (Cd^{2+})

Таким чином, завдяки проведеному дослідженню було встановлено, що у всіх трьох зразках ґрунту (з саду, з поля та біля дороги) зафіксовано наявність

іонів важких металів. Особливо велику кількість таких елементів виявлено у ґрунті взятому біля дороги. Транспорт, що проходить дорогою, є забруднюючим екологічним фактором даної території і значно впливає на кількість вмісту іонів важких металів у ґрунті.

Список використаних джерел:

1. Мислива Т. М., Трембіцький В. А., Довбиш Л. Л. Важкі метали в лісоаграрних ландшафтах Житомирського Полісся. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2006. Спец. вип. С. 260–263.
2. Параняк Р. П., Васильцева Л. П., Макух Х. І. Шляхи надходження важких металів в довкілля та їх вплив на живі організми. *Біологія тварин*. 2007. Т. 9, № 3. С. 83–89.
3. Сердюк С. Н. Діагностика забруднення важкими металами ґрунтового покриву індустріально-урбанізованих територій. *Екологія та ноосферологія*. 2007. Т. 18, №3–4. С.133-138.
4. Методики визначення складу та властивостей ґрунтів / за ред. С.А. Балюка. Харків, 2004. Книга 1. 212 с.

ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ ЩОДО ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ АВСТРАЛІЙСЬКОГО ЧЕРВОНОПАЛОГО РАКА

Іщук О.В., Світельський М.М. (м. Житомир)

Останніми роками відмічається активний розвиток світової аквакультури, щороку зростає загальний відсоток виробництва гідробіонтів. Особливою популярністю користується делікатесна продукція ракоподібних [1-5]. Найкращим для культивування вважається австралійський червонопалий рак, оскільки він має високі темпи росту і може досягати товарної маси лише за три місяці. Рак не вимогливий до якості води, разом з тим необхідно постійно регулювати та контролювати умови середовища. Також необхідно моніторити показники якості води: температуру, концентрацію розчиненого кисню, жорсткість води, концентрацію амонійного азоту, лужність, кислотність (рН), нітрати і нітрити. Для ефективного вирощування австралійського червонопалого рака використовувалася установка замкнутого водопостачання (УЗВ), яка надає можливість дотримуватися умов його культивування [2].

Мета дослідження полягала у вивченні структури технології вирощування австралійського червонопалого рака. Відповідно до мети, були виділені такі

завдання: вивчити морфо-біологічні особливості досліджуваного об'єкта, його товарні якості, а також визначити особливості біотехніки розведення.

Австралійський червонопалий рак (*Cherax quadricarinatus*) - вид гідробіонту тепловодної аквакультури. Порівняно з іншими ракоподібними австралійський червонопалий рак характеризується високими темпами росту, товарної маси досягає за 3-4 місяці, невибагливістю до умов його утримання, найважливіші показники – низька агресивність та незначний прояв канібалізму. Його вага становить 400-500 г, а тривалість життя не перевищує 4 роки [4]. У цього представника ракоподібних є як плюси, так і мінуси. До плюсів можна віднести:

- швидкий ріст (можуть досягати товарної маси за 3-4 місяці);
- адаптований до вирощування в системах УЗВ;
- кількість м'яса більша, ніж в інших видів;
- невибагливий, витримує несприятливі умови;
- технологія товарного вирощування відпрацьована й легко освоюється фермерами-початківцями;

До мінусів можна віднести наступне:

- червонопалий рак не витримує холоду;
- у зв'язку з тим, що цей об'єкт аквакультури, як і всі інші ракоподібні, схильний до линьки, а також є хижаком, то виникає ризик канібалізму.

Для штучної годівлі використовували добре вивчені промислові корми для креветок різних виробників, які представлені широким спектром рецептур.

Найбільш рентабельний період вирощування об'єкта - 9 місяців. За цей час рак досягає ринкового розміру в межах 75 г. На сьогоднішній день більшість комерційних світових господарств, які розташовані в кліматичних зонах, ідентичних зонам природних популяцій цих раків, займаються їх культивуванням у відкритих водоймах. Що стосується України, то за умовами середовища існування вирощування австралійських червонопалих раків у

відкритих водоймах неможливе. Тому, найкращим рішенням звичайно є культивування їх в установках замкнутого водопостачання [3].

До переваг вирощування австралійських червонопалих раків в установках замкнутого водопостачання відносяться:

- економія на квадратних метрах, оскільки УЗВ дає змогу розміщувати досить велике поголів'я раків на значно малих площах, а самі басейни можуть розташовуватися як горизонтально, так і вертикально в 2, 3 та 4 яруси;

- економія води;

- відсутність залежності від погодних умов;

- повний контроль над життєдіяльністю раків [1-4].

Важливим технологічним етапом у вирощуванні гідробіонта є підрощування молоді, оскільки саме від цього залежать подальші результати товарного вирощування. Головним фактором на цьому етапі, а також одним з основних показників культивування є щільність посадки. Саме вона, в басейнах із системою постійної циркуляції води, визначає кількість метаболітів, що накопичуються у зворотній воді.

Нерест, інкубацію ікри та підрощування молоді найкраще проводити навесні. Для того, щоб домогтися гарних результатів у вирощуванні раків, важливо правильно обладнати пристрій замкнутого водопостачання, а саме:

- оптимальна глибина басейнів - близько 20 см;

- активна реакція води в межах 6,5-8,5 рН;

- вміст кисню - 7 мг/л;

- температура води +26...+28°C;

- освітленість - 14 годин денного циклу і 10 годин нічного.

Дуже важливо стежити за тим, щоб у воді не виявилася навіть найменшої концентрації міді, оскільки для раків це становить велику небезпеку, тому необхідно мати установку аерації, а також промивати басейн чистою водою [1].

Для того, щоб утримувати австралійських червонопалих раків в УЗВ, необхідно керуватися спеціальними заходами страхівки від негативних особливостей поведінки, які притаманні для усіх ракоподібних, зокрема від канібалізму. Щоб уникнути цього фактору, рекомендується робити штучні прихистки, наприклад, штучні нірки, які дозволять ракам підтримувати рівномірний просторовий розподіл і уникнути великих скупчень [2].

Таким чином, на сьогоднішній день культивування австралійського червонопалого рака в установках замкнутого водопостачання є технологічно досконалим та рентабельним процесом. Такий спосіб вирощування раків дасть змогу зробити внесок у сектор прісноводної аквакультури України.

Список використаних джерел:

1. Гриневич Н. Є, Жарчинська В. С., Світельський М. М., Хом'як О. А., Слюсаренко А. О. Перспективний об'єкт аквакультури ракоподібних *Cherax quadricarinatus* (vonmartes, 1868): біологія, технологія (огляд). *Водні біоресурси та аквакультура*. 2022. № 1. С. 47-62.
2. Радзиховський А. Швидкий австралійський рак. *The Ukrainian Farmer*. 2017. № 3. URL: <https://agrotimes.ua/article/shvidkij-avstralijskij-rak/>.
3. Golub G.A., Zavadzka O.A., Kukharets V.V. Development of block diagrams of closed water supply installation for aquaculture production. *Scientific horizons*. 2019. Vol. 5(78). pp. 105–111;
4. Мельниченко С. Г., Бабушкіна Р. О., Маркелюк А. В. Аналіз сучасного стану водних біоресурсів України. *Водні біоресурси та аквакультура*. 2020. № 2. С. 42-47.
5. Lodge D. V. Deines A. Gherardi F.etal. Global introductions of Cray fishes : Evaluating the Impact of Species Invasions on Ecosystem Services. *Annual Review of Ecology? Evolution and Systematics*. Vol. 43. 2012. 449–472.

ОСОБЛИВОСТІ ПІДЖИВЛЕННЯ МІКРОДОБРИВАМИ ПОСІВІВ

ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ

Лень О.І., Ласло О.О., Кононенко В.Ю. (м. Полтава)

Пшениця озима є однією з основних зернових культур в Україні за посівними площами. Вона відіграє важливу роль у забезпеченні харчової, хлібопекарської, спиртової та технічної промисловості сировиною, а також в тваринництві як корм. Збільшення валового збору зерна пшениці озимої та покращення показників її якості стали дуже актуальними завдяки важливості цієї культури для продовольчої безпеки України. Для досягнення цих цілей можуть бути використані різні методи та технології, включаючи оптимізацію

вирощування, використання відповідних добрив та заходів захисту рослин, а також впровадження сучасних агротехнік.

Оптимізація живлення та удобрення пшениці озимої з урахуванням сорто-генетичних особливостей є важливими для підвищення продуктивності та поліпшення якості зерна цієї культури. Забезпечення рослин необхідною кількістю поживних речовин на різних етапах росту та розвитку є ключовим для досягнення високих врожаїв. Дотримання норм та способів внесення мінеральних добрив, ґрунтова та рослинна діагностика, а також біологічний контроль за станом рослин протягом вегетації допомагають оптимізувати процес живлення пшениці озимої. Позакореневе підживлення може бути корисним інструментом для оптимізації живлення рослин на різних етапах органогенезу, що сприяє покращенню врожаю та якості зерна [3].

Оптимізація живлення рослин макро- і мікроелементами на найважливіших етапах органогенезу є ключовим для підвищення врожайності пшениці озимої. Пошук шляхів оптимізації живлення цієї культури може сприяти не лише отриманню високих врожаїв якісного зерна, але й підтриманню родючості ґрунтів на високому рівні.

Проблема дефіциту мікроелементів у світі дійсно стає все більш актуальною внаслідок переходу на інтенсивніші технології вирощування сільськогосподарських культур, пшениці озимої у тому числі. Зменшення можливостей ґрунту забезпечувати рослини мікроелементами може бути наслідком ерозії, вимивання, інтенсивного вапнування, внесення промислових добрив та зменшення частки органічних добрив у технологіях. Важливо продовжувати дослідження та розробляти стратегії для ефективного вирішення цієї проблеми та забезпечення сталого розвитку сільського господарства.

Мікроелементи (B, Mn, Cu, Zn, Co, Mo) є необхідними для нормального росту та розвитку рослин. Вони входять до складу ферментів, вітамінів, гормонів та інших біологічно активних речовин, і відіграють важливу роль у

процесах фотосинтезу білків, жирів, вуглеводів та інших життєважливих процесів. При оптимальному забезпеченні рослин мікроелементами спостерігається прискорення їх розвитку, підвищується стійкість до хвороб і шкідників, а також знижується вплив зовнішніх негативних факторів, таких як посухи, низькі та високі температури повітря та ґрунту. Забезпечення рослин мікроелементами є важливим для забезпечення їхнього оптимального здоров'я та врожайності [2].

Застосування мікроелементів у біологічно-активній (хелатній) формі дійсно сприяє зменшенню нітритів та нітратів в рослинах, одночасно збільшуючи вміст вітамінів. Після того, як іон мікроелемента (металу) включається у біохімічні процеси в рослині, залишок органічної кислоти розкладається до нетоксичних для рослини сполук. Іон металу, який є іоном мікроелемента (таких як залізо, магній, марганець, мідь, цинк, кобальт, молібден та інші), є необхідним для життєдіяльності рослини та її оптимального розвитку. Застосування мікроелементів у хелатній формі може допомогти покращити здоров'я рослин та їх врожайність.

Рослини можуть вбирати поживні елементи як через кореневу систему, так і через листовий апарат. Забезпечення рослин елементами живлення через листовий апарат може бути здійснене шляхом позакореневого підживлення під час вегетації рослин. За останні 3-4 роки позакореневе листове підживлення рослин в Україні стало досить популярним і важливим елементом системи мінерального живлення рослин. Науково обґрунтоване застосування позакореневого листового підживлення на фоні оптимального основного мінерального живлення дозволяє максимально реалізувати потенціал сільськогосподарських культур та отримати високу економічну ефективність [1]. Цей підхід може допомогти покращити врожайність та здоров'я рослин, що в свою чергу може призвести до підвищення валового врожаю та ефективності сільськогосподарського виробництва.

Врахування потреб рослин у мікроелементах на різних стадіях росту та розвитку пшениці озимої дозволяє оптимізувати процес живлення, що може позитивно позначитися на врожайності та якості зерна. Постійний пошук нових методів та технологій для оптимізації живлення озимих зернових є важливим для стабільного вирощування і збереження родючості ґрунтів.

Список використаних джерел:

1. Гангур, В. В., Кочерга, А. А., Пупко, О. С., & Лень, О. І. (2021). Ефективність мікродобрив за умови обробки насіння та листкового підживлення посівів пшениці озимої. *Scientific Progress & Innovations*, (2), 46-51. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.02.05>. 2. Siroshstan A. A. Вплив протруйників із стимулятором росту і мікродобривом на посівні якості та врожайність пшениці озимої. *Миронівський вісник*, 2019. №9. DOI: <https://doi.org/10.31073/mvis201909-09>. 3. Скрильчик Є. Мікродобрива у посівах озимої пшениці. *Пропозиція*, 2014. № 10. С. 52-54. URL: <https://propozitsiya.com/ua/mikrodobryva-u-posivah-ozimoyi-pshenici>.

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ІНОКУЛЯЦІЇ НАСІННЯ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СОРТІВ ГОРОХУ ПОСІВНОГО (*Pisum sativum*)

Баган А.В., Жорник І.І. (м. Полтава)

Для забезпечення виробництва білка важлива роль відводиться вирощуванню зернобобових культур, які характеризуються високою поживною цінністю, здатністю забезпечувати продуктивність сівозміни та відтворювати родючість ґрунту. Підвищення продуктивності бобових культур можливе за рахунок виконання таких технологічних процесів, як інокуляція насіння [3, 6].

Серед бобових культур горох покращує структуру та поліпшує родючість ґрунту, а також має високий урожайний потенціал і вихід білка з одиниці площі. Важливим заходом для підвищення продуктивності гороху є передпосівна обробка насіння інокулянтами. Процес інокуляції передбачає використання менших витрат на удобрення культури та збагачення ґрунту необхідними поживними елементами під попередник [1, 4-5]. На рівень продуктивності гороху впливає чимало факторів, серед яких можна відмітити

рівень родючості ґрунту, внесення мінеральних добрив, симбіотичну фіксацію азоту, а також кліматичні умови [2].

Тому метою наших досліджень було вивчення ефективності використання інокулянту Агрібактер для підвищення продуктивності гороху посівного. Дослідження проводили протягом 2021-2023 років в умовах Полтавської області (лівобережний Лісостеп України). Матеріалом досліджень було чотири сорту гороху посівного: Зіньківський, Глянс, Отаман і Дарунок. Сівбу сортів гороху посівного проводили в оптимальні строки насінням першої генерації. Облікова площа ділянки складала 15 м². Повторність – чотириразова. Попередником за роки досліджень була пшениця озима.

Варіанти досліду гороху посівного закладали за наступною схемою: контроль (без обробки); обробка насіння гороху посівного інокулянтом Агрібактер. Насіння гороху обробляли інокулянтом за 2 дні до посіву із нормою використання препарату 2 л/т.

Варіанти досліду гороху посівного вивчали за наступними показниками: висота рослини (см), кількість бобів на рослині (шт), кількість насінин з рослини (шт), маса насіння з рослини (г), маса 1000 насінин (г), урожайність (т/га). Показники визначали за загальноприйнятими методиками. Облік урожайності гороху посівного проводили методом суцільного обліку у перерахунку на т/га.

За середніми даними показник висоти рослини за роки досліджень за варіантами досліду варіював таким чином: контроль – 69,6-82,4 см, обробка препаратом Агрібактер – 72,9-85,1 см. Показник кількості бобів на рослині у середньому у варіанту без обробки становив 8,8-10,9 шт.; у варіанту обробки інокулянтом – 10,9-13,0 шт. Показник кількості насінин на рослині варіював наступним чином: контроль – 27,5-40,5 шт.; інокуляція насіння – 31,3-45,0 шт.

Показник маси насіння з рослини гороху посівного за роки досліджень у варіанту без обробки складав 10,5-12,5 г, у варіанту з обробкою препаратом –

11,1-13,1 г. Показник маси 1000 насінин у гороху посівного у контролю дорівнював 245,8-280,4 г, після інокуляції насіння – 253,0-287,0 г.

Протягом періоду досліджень показник урожайності гороху посівного був більшим у 2022 році через сприятливі погодні умови. Меншою урожайністю характеризувався 2023-й рік через несприятливі погодні умови у період наливу-достигання зерна гороху. Тому урожайність гороху посівного за середніми даними за варіантами дослідів у контролю складала 3,57-4,26 т/га, у варіанту обробки інокулянтном – 3,85-4,53 т/га. За урожайністю гороху можна відмітити сорт Зіньківський.

Таким чином, для збільшення елементів насінневої продуктивності та рівня урожайності гороху посівного ефективним є використання інокулянту Агрібактер за передпосівної обробки насіння. Серед сортового складу за біометричними показниками можна виділити сорт Глянс, а більшою продуктивністю та крупним і вирівняним насінням характеризувався сорт Зіньківський.

Список використаних джерел:

1. Баган А.В., Шакалій С.М., Барат Ю.М. Формування насінневої продуктивності нуту залежно від сорту та інокуляції насіння. *Таврійський науковий вісник*. 2020. №111. С. 14-21.
2. Болюра Є.В. Врожайність гороху залежно від інокуляції насіння препаратом Бінітро. *Сучасний стан науки в сільському господарстві та природокористуванні: теорія і практика*. 20 листопада 2019 р. 2019. С. 43-46.
3. Горбаньов В.О. Вплив інокуляції насіння на врожайність гороху. *Ефективне функціонування екологічно-стабільних територій у контексті стратегії стійкого розвитку: агроекологічний, соціальний та економічний аспекти*. 18 грудня 2020 року. Полтава. 2020. С. 215-218.
4. Січкач В.І. Сучасний стан і перспективи вирощування зернобобових культур на нашій планеті. *Зернобобові культури та соя для сталого розвитку аграрного виробництва України : тези доп. міжнар. наук. конф.* Вінниця : Діло, 2016. С. 15–16.
5. Довбиш Л.Л., Кравчук М.М. Вплив біологічних інокулянтів на урожайність та якість гороху посівного (*Pisum sativum*) у органічному виробництві. *Наукові читання – 2020: збірник тез доповідей науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених агрономічного факультету*. Поліський національний університет. 2020. С. 15-18.
6. Шевніков М.Я., Міленко О.Г. Біоенергетична оцінка вирощування сої за різних технологій. *Таврійський науковий вісник*. 2015. Випуск 94. С. 83–87.

УНІВЕРСАЛЬНІСТЬ РОСЛИНИ РІПАКУ

Бараболя О.В., Склезь Л.Л. (м. Полтава)

Ріпак, як відомо одна з популярних олійних культур в Україні, яку вже багато років вирощують наші аграрії. Це як символ України, жовті поля ріпаку та блакитне небо на просторах нашої країни, бо цвітіння цієї культури відбувається на весні.

Згідно із статистичною інформацією станом на кінець листопада 2023 року, в Україні було посіяно 1164,2 тисячі гектар озимого ріпаку при запланованих 1211,6 тисячах гектарах [1].

Аналітики УкраАгроКонсалту прогноз урожаю вважають на поточний рік доволі таки оптимістичний для ріпаку озимого – це понад 4 млн.т

Тому фактично може бути реалізовано більш песимістичний сценарій, можна очікувати урожай ріпаку більшим за середній за попередні три роки (він становив – 3,6 млн т.) [2].

Для ріпаку озимого як і для всіх сільськогосподарських культур важливе значення має норма висіву насіння конкретного сорту чи гібриду для отримання високого врожаю насіння. Тому нами ставиться задача провести вивчення того як впливає норма висіву насіння на формування продуктивності гібриду Клавір [3].

Як описано в характеристиці даного гібриду має висоту рослин від 150 до 175 см, вони стійкі до вилягання, мають високу характеристику морозостійкості та посухостійкості. Відновлення вегетації – раннє. Група стиглості – середньорання. Потенціал врожайності гібриду – від 50 до 60 ц/га. Вміст олії до 46,9%.

Озимий ріпак сіяли з наступною нормою висіву: 420 тис. схожих насінин на 1 га. Навесні проводили підживлення КАС (32) – за нормою 250 кг + 50 кг ТСА (тіосульфат), перше внесення ЗЗР Оперкот 0,12 л/га, Харума – 1,2 л/га. За другого внесення Опрекот – 0,12л/га, Бор – 1,5 л/га Кінглайф – 2 кг/га [1].



Рис. 1 Відновлення вегетації ріпаку озимого (гібриду Клавір)

Ріпак являється ідеальним попередником для господарських сівозмін. Він доволі таки гарно покращує структуру ґрунту на полях, знижує кількість бур'янів чим зменшує засміченість полів, сприяє проведенню накопичення органічної речовини в ґрунті. А це як відомо збільшує врожайність наступних культур, а найкраще впливає на зернові культури [2].

Структура ріпаку озимого показує, що висота дорослої рослини може досягати від 1 до 2 метрів, заввишки. Стебло доволі таки розгалужене, прямостояче. Коренева система сильно розвинена стрижнева. Стрючки утворюються після цвітіння їхня довжина може досягати до 12 см, у кожному з них налічується до 30 насінин.

Популярність ріпаку озимого обумовлена рядом причин та чинників.

Насамперед це доволі таки широка сфера застосування.

- Продукція з ріпаку може використовуватися у кулінарії, сільському господарстві та промисловості.
- Принцип безвідходного виробництва. У переробку може використовуватися не тільки насіння, але також їхні відходи та сама зелена маса.
- Висока рентабельність вирощування даної сільськогосподарської культури. Відсоток вмісту олії в насінні ріпаку – має високий процент 50%, а це може бути навіть більше ніж у соняшника. Саме для вирощування ріпаку потрібні низькі витрати, а вже вартість на світовому ринку даної культури висока [3].

Зараз під час повномасштабного вторгнення та ведення військових дій нашою країною з постійно зростаючими цінами на енергоносії становить значний інтерес використання ріпакової олії в якості біопалива для електростанцій. Така технологія вже успішно працює в країнах Європи. Можливо, згодом дану технологію буде реалізовано і в нашій країні.

Список використаних джерел

1. Лихочвор В. Як запобігти вимерзанню озимого ріпаку за допомогою елементів технології літньо-осіннього періоду. *Зерно*. 2015. №6. С.98-101.
2. Бараболя О.В. Забезпечення споживача якісними продуктами харчування сільськогосподарського виробництва. *Актуальні проблеми теорії і практики експертизи товарів. Матеріали VI міжнародної науково-практичної інтернет-конференції. м. Полтава 4-5 квітня 2019 року, Полтава С.159-161*
3. Жемела Г.П. *Стандартизація та управління якістю продукції рослинництва. Підручник. Полтава, 2006. 212 с.*

ВПЛИВ СТРОКІВ СІВБИ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ПШЕНИЦІ ЯРОЇ М'ЯКОЇ

Бараболя О.В., Гарагуля Р.О. (м. Полтава)

Як відомо пшениця є основною сільськогосподарською культурою серед хлібних злаків на Земній кулі. Сама географія її вирощування охоплює майже всі кліматичні пояси. Не вирощується пшениця тільки в тропічному поясі. Згідно статистичних даних у світі серед зернових культур пшениця посідає: за площею посіву перше місце це понад 230 млн. га, а за врожайністю ця культура (після кукурудзи та рису) посідає третє місце це становить близько 2,6 т/га, хоча за даними які отримують вчені, потенціал урожайності пшениці може становити 20,0 – 30,0 т/га [1].

Яра пшениця серед всіх видів пшениці є як відомо однією з найдавніших культур які використовуються для продовольчих цілей. Вона людству відома ще з кінця Птисячоліття до н.е. зерно ярої пшениці має високі хлібопекарські та круп'яні властивості, лабораторно доведено що містить у порівнянні з озимою пшеницею більшу кількість білка і клейковини [2]. В Україні у посівах переважає м'яка яра пшениця, яка переважно вирощується у регіонах з достатньою кількістю опадів.

Одним із важливих складників у технології вирощування пшениці являється строки висіву насіння, оскільки вони доволі таки сильно впливають на час появи сходів. Звичайно їхню повноту та по подальший ріст та розвиток рослин. Відповідно ступінь пошкодження фітофагами і ураження хворобами, а саме головне в кінцевому підсумку саме реалізацію генетичного потенціалу продуктивності сорті пшениці. Та окрім того від інших елементів технології вирощування не потребують якихось додаткових матеріальних витрат. Саме порушення строків сівби являється однією з причин недобору врожаю, тому вони ще актуальними являються з такої поважної причини як зміни клімату.

Зокрема, за досліджень технології вирощування пшениці ярої в різних ґрунтово-кліматичних умовах перевага надається раннім посівам [1].

Ранні посіви мають велике значення, тому що як відомо умови зволоження ґрунту раною весною забезпечать швидке проростання зерна, рослини будуть добре забезпечені вологою як на початку проростання, так і в наступні періоди вегетації. Навіть незначне запізнення з сівбою може призвести до того, що частина ґрунтової вологи може бути втрачена і умови для проростання насіння значно погіршуються [1].

Не менш важливе значення має ще температура ґрунту. Як відомо розвиток пшениці ярої доволі таки прискорюється, якщо на початку вегетації пшениці температури знижені. За температури ґрунту від 6 до 8 °С розвиток кореневої системи відбувається значно краще. Окрім цього ранні посіви пшениці ярої значно менше уражуються різними хворобами і як факт менше пошкоджуються гессенською та шведською мухами, бо до вильоту першого покоління даних шкідників рослини пшениці встигають добре укріпитися та набрати більше вегетативної маси [2].

Ранні посіви пшениці ярої дещо раніше досягають та страждають від літньої спеки і суховіїв. На якість зерна це також має вплив, а саме за ранніх посівів пшениці ярої збільшується кількість білка в зерні, збільшується скловидність та маса 1000 зерен [1].

Тому необхідно вважати на те що навіть запізнення із сівбою на 10 днів за малосніжної зими (а це зараз не рідкість) може знизити урожайність зерна на 20-25%, що призводить до значних грошових втрат господарствами. Пшеницю яру м'яку потрібно сіяти в перші дні весняно-польових робіт, коли ґрунт досягне фізичної стиглості.

При проведенні досліджень строки сівби заплановані за наступним графіком: перший – це досягнення ґрунтом фізичної стиглості, а саме перша декада квітня, тоді як наступні – це через 7- 9 днів до середини травня місяця.

Висока температура навколишнього повітря та виникнення дефіциту вологи в ґрунті впродовж весняного періоду в основному орному шарі можуть бути більш сприятливими для нагромадження в зерні пшениці вмісту білка у порівнянні з вологими вегетаційними періодами. Проглядаючи результати досліджень які проводили в нашій країні науковцями та закордонними колегами, строки сівби впливають в тій чи іншій мірі на розвиток рослин пшениці ярої м'якої. Також за ранніх строків сівби на посівах ярих культур виявлено підвищення коефіцієнту реалізації потенціальної продуктивності сорту, що відповідно збільшує врожайність, вирівняність зерна, вміст білка та ще інші якісні показники зерна [1].

Список використаних джерел:

1. Бараболя О.В. Формування якості зерна пшениці твердої ярої, строки та способи її збирання. Вісник Полтавської державної аграрної академії № 1 2012 С.60-64
2. Бараболя О.В. Забезпечення споживача якісними продуктами харчування сільськогосподарського виробництва. Актуальні проблеми теорії і практики експертизи товарів. Матеріали VI міжнародної науково-практичної інтернет-конференції. м. Полтава 4-5 квітня 2019 року, Полтава С.159-161

ДОБОВА ДИНАМІКА ВМІСТУ КАРОТИНУ В ЗЕЛЕНІЙ МАСІ ЛЮЦЕРНИ ТА ЕСПАРЦЕТУ

Біленко О.П. (м. Полтава)

Збільшення виробництва продукції птахівництва стримується недостатньою збалансованістю раціонів птиці по життєво важливим вітамінам, а першу чергу по провітаміну α -каротину, особливо в осінньо-зимовий період. Використання препаратів промислового виробництва приводить до удорожчання собівартості продукції що отримується із-за високої вартості промислових препаратів. В зв'язку з цим виникає необхідність додаткового вивчення резервів поповнення раціонів вітамінами. Дешевим і доступним джерелом вітамінів, в тому числі і провітаміну α -каротину, є вітамінні корма. Це часто трав'яна мука виготовлена з місцевої сировини: люцерни, еспарцету, вико-вівсяної суміші, суданської трави, кукурудзи тощо [2]. Попередні

дослідження показали, що люцерна є найкращою для виготовлення трав'яної муки з високим вмістом каротину [1]. Для виготовлення високоякісного корму необхідно правильно організувати скошування люцерни, її транспортування і висушування. Нами проводилося дослідження вмісту каротину в зеленій масі люцерни по методу в модифікації П.Х.Попандопуло – з проби подрібненої зеленої маси відбиралися наважки 1-3 грами для визначення каротину та наважки для визначення сухої речовини і вмісту води [1,2].

З літератури відомо про циклічність добових змін кількості каротину в зеленій масі кормових рослин [1]. Найбільша кількість каротину в листі рослин міститься під час сходу сонця, а до полудня вона знижується, по літературним джерелам в 2-3 рази. Після зниження денної температури кількість каротину дещо збільшується і тримається до 22 годин. В півночі вміст каротину падає до 10-20% від максимуму на сході сонця. Щоб перевірити таку динаміку каротину нами були проведені дослідження зеленої маси люцерни і еспарцету по годинах. Для цього відбирали проби рослин в різний час доби і зазуж робили аналіз (табл.1).

Таблиця 1

Добова динаміка вмісту каротину в зеленій масі люцерни та еспарцету, мг/кг

Культура	Вміст каротину (мг/кг) по годинах доби							
	9	12	15	17	20	24	3	6
Люцерна	48,3	54,6	45,4	45,3	44,9	82,2	54,1	52,3
Еспарцет	34,2	40,3	38,7	35,1	42,8	57,8	60,8	45,1

Наведені данні показують, що ці дві культури порізно змінюють добовий вміст каротину. Найменший вміст каротину в люцерні відмічене в після полуденя, зростає до півночі. Потім було різке зниження вмісту

каротину, більше ніж в денні години. До девятої години дня кількість каротину дещо зменшувалась і відновлювалась до полудня.

Таким чином, у люцерни спостерігалось два максимума вмісту каротину - в 12 і в 24 години - та два мінімуми – в 9 та 20 годин. У еспарцета теж відмічено два максимума – в 3 і в 12 годин- та два мінімуми в 9 та 17 годин.

На основі вищевикладеного рекомендуємо косити зелену масу ранім ранком: починати досхід сонця і закінчувати через 2-3 години після.

Список використаних джерел:

- 1.Журенко Ю. І., Ковальчук О. В. Вміст каротину у сіні з люцерни залежно від технології його заготівлі. VII Всеукр. наук.-техн. конф. «Технічний прогрес у тваринництві та кормовиробництві», 5-28 груд. 2019 р. Глеваха - Київ. - Глеваха - Київ, 2019. - С. 39-41.
- 2.Постоєнко Олена Михайлівна. Екологічні характеристики культурних і дикорослих каротиноносних рослин — накопичувачів вірусів та ксенобіотиків і метод отримання з них каротину: Дис... канд. біол. наук: 03.00.16 / Київський національний ун-т ім. Тараса Шевченка. — К., 2003. — 120 с.

ЯКІСТЬ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД ПОШКОДЖЕННЯ КЛОПОМ-ЧЕРЕПАШКОЮ В УМОВАХ СТЕПУ

Гасанова І. І. (м. Дніпро)

Наукові спостереження та практичний досвід показують, що в умовах степової зони серед шкідників пшениці озимої найбільш негативний вплив на показники якості зерна пшениці озимої чинить клоп шкідлива черепашка (*Eurygaster integriceps* Put.). Особливо значне зниження таких параметрів зерна, як його маса та натура, відбувається за пошкодження в період молочно- та тістоподібного стану зерна. Водночас знижуються і такі показники, як кількість та якість клейковини, сила борошна та хлібопекарські властивості пшениці. За пошкодження у більш пізні фази розвитку (воскова та повна стиглість зерна) ареал локалізації протеолітичних ферментів шкідника менший, але після розмелу, під час контакту борошна з водою при замішуванні тіста, відбувається деградація клейковини, білки якої під дією фермента клопа перетворюються в розчинні форми. Хліб з пошкодженого зерна не дає потрібного об'єму,

властивого сорту, характеризується великою розпливчастістю [1]. Для інактивації ферменту протеаза в процесі приготування тіста для випікання хліба розроблено метод використання водного розчину оцтової кислоти (0,2–0,4 %), що забезпечує значне поліпшення хлібопекарських якостей пшениці навіть за досить високого ступеня пошкодження зерна [2].

За дослідженнями, проведеними в ДУ Інститут зернових культур у Північному Степу, встановлено, що за значної чисельності клопа-черепашки менше пошкоджувалися середньо- та високорослі сорти, більше – короткостеблові. Клейковинний комплекс сильних за якістю сортів здебільшого проявляв вищу стійкість до дії ферментів клопа, аніж сортів, які належали до групи цінних [3]. Неоднакову стійкість різних сортів було виявлено і в умовах Південного Степу. Так, вищий вміст білка та клейковини в зерні, а також кращі фізичні властивості клейковини відмічали, приміром, у сортів Альбатрос одеський та Вікторія одеська, порівняно з сортами Куяльник і Селянка [4].

У досліджах, які закладали у зоні Північного Степу, виявлено, що на посівах після кращих попередників та на більш інтенсивних фонах, на яких склалися більш сприятливі умови для розмноження та розвитку шкідника, пошкодження зерна клопом-черепашкою переважно було більшим, ніж після непарових попередників, де формувалися низькі та зріджені посіви. Тому в багатьох випадках в роки підйому популяції шкідника якість клейковини на необроблених інсектицидами площах після менш цінних з агрономічної точки зору попередників була кращою, ніж при вирощуванні пшениці озимої по парових. За збільшення норми висіву насіння пошкодження зерна дещо підвищувалося, а пшениця, висіяна у пізній строк, була значно менше уражена клопом, ніж в ранній та оптимальний [5]. Проаналізувавши зразки зерна пшениці озимої за кілька років, виявили, що перехід з I-ої групи якості клейковини до II-ої починався вже при наявності 2–3 % пошкоджених зерен, що відповідає числу личинок черепашки на початку молочної стиглості зерна

2–4 екз./м². Погіршення показників приладу ВДК з II-ої до III-ої групи відбувалося за 6–8 % (5–10 екз./м²) [6].

Для запобігання шкоди, яку завдає посівам клоп-черепашка, використовують агротехнічні, біологічні і хімічні методи захисту [7, 8]. В разі значного підйому чисельності шкідника, який за даними, одержаними в умовах Дослідного господарства «Дніпро» ДУ ІЗК НААН, за останні 24 роки спостерігали в 2000, 2007–2009, а також в 2018 і 2019 роках, найбільш ефективним був хімічний захист пшениці. Аналіз зразків зерна з наукових дослідів та виробничих посівів у ці роки показав, що на посівах, на яких були допущені недоліки при проведенні захисту від клопа-черепашки (неправильно визначений час виконання цієї технологічної операції, застосування неякісних інсектицидів), а також там, де взагалі знехтували обробкою, пошкодження зерна сягало 10–15 %, а подекуди і понад 20 %. За такого пошкодження клейковина втрачала пружність та еластичність, показники приладу ВДК підвищувалися до 115–120 од., газоутримувальна здатність та формостійкість тіста падали. Значно знижувався і об'єм формового хліба та погіршувалися його смакові якості.

Вчасно проведені заходи боротьби із шкідником (крайові обробки посівів інсектицидами, проведення захисту у найбільш вдалий за рекомендаціями ентомологів час, коли більшість личинок шкідника досягає другого та третього віку), суміщення хімічної обробки з позакореневим підживленням карбамідом дозволило значно знизити пошкодження зерна пшениці озимої (до 1,5–2,5 %) та отримати продовольче зерно (згідно із ДСТУ 3768:2019) переважно другого і третього класу, з вмістом клейковини не менше 20–23 % I-ої та II-ої групи якості.

Список використаних джерел:

1. Жемела Г. П., Мусатов А. Г. *Агротехнічні основи підвищення якості зерна*. Київ: Урожай, 1989. 160 с.
2. Жемела Г. П., Бараболя О. В. *Хлібопекарська якість пшениці м'якої озимої залежно від пошкодження клопом-черепашкою*. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2012. №1. С. 11–13.
3. Гасанова І. І. *Підвищення якості зерна нових сортів озимої*

пшениці в Степу України при енергозберігаючих технологіях: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.01.09. Дніпропетровськ, 2000. 17 с. 4. Шахова Н. М., Залевська М. П. Клоп шкідлива черепашка: розповсюдження та шкодочинність на різних сортах озимої пшениці. Наукові праці. Екологія. 2012. Вип. 194. Т. 206. С. 100–103. 5. Артюх А. Д., Гасанова І. І., Пороцкая Л. П. Приєми підвищення якості зерна озимої пшениці в умовах підйому численності клопа-черепашки. Ентомологія в Україні: Праці V з'їзду Українського ентомологічного товариства, 7–11 вересня 1998, м. Харків). Вестник зоології. Київ, 1998. Отд. вып. № 9. С. 13–16. 6. Гасанова І. І. Вплив пошкодженості зерна озимої пшениці клопом-черепашкою на якісні показники в 1995–1998 рр. в Степу України. Наукові проблеми виробництва зерна в Україні та сучасні методи їх вирішення: тези всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених і спеціалістів (10–11 лютого 2000 р.). Дніпропетровськ, 2000. С. 19. 7. Секун М. П. Клоп шкідлива черепашка. Київ : «Світ», 2002. 24 с. 8. Рекомендації по виробництву високоякісної продукції зернових культур / Є. М. Лебідь, Б. В. Дзюбецький, А. В. Черенков та ін. Ін-т зернового госп-ва УААН, Ін-т захисту рослин УААН. Дніпропетровськ: Нова ідеологія, 2003. 40 с.

ПРОДУКТИВНІСТЬ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ І ДИНАМІКА ВМІСТУ ГУМУСУ У ҐРУНТІ ЗА РІЗНИХ СИСТЕМ ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ТА УДОБРЕННЯ

Глущенко Л.Д., Лень О.І., Олєпир Р.В. (м. Полтава)

Розвиток сільськогосподарських рослин значною мірою залежить від оптимізації всіх факторів навколишнього середовища. Особливе значення у цьому належить органічним і мінеральним добривам, причому не тільки збільшенню об'ємів їх застосування, але і, що особливо важливо. Підвищенню агроекономічної ефективності. Залежно від величини дефіциту цих факторів сільськогосподарські культури у процесі свого розвитку можуть бути пригніченими або зовсім загинути.

Основна властивість ґрунту – родючість, яка може відтворюватись як в умовах природних, так і в агроценозах. У природних умовах процеси ґрунтоутворення на належному рівні врегульовані та скомплектовані, а за сільськогосподарського використання ґрунтів може відбуватися розширене, просте або неповне відтворення їх родючості.

Водночас слід відзначити, що навіть повернення поживних речовин до ґрунту не в змозі повністю відновити його родючість, оскільки застосування мінеральних добрив за ігнорування сівозмінного чинника, та дефіциту у ґрунті

свіжої органічної речовини призводить до зменшення засвоєння культурними рослинами діючої речовини з туків.

Дослідження проводились на дослідному полі Полтавської державної сільськогосподарської дослідної станції ім. М.І. Вавилова ІС і АПВ НААН України. Ґрунт – чорнозем типовий середньо гумусний важкосуглинковий.

Схема досліду: 1. Побічна продукція (контроль) (К.); 2. Побічна продукція + гній (ПП + Гн); 3. Побічна продукція + гній + NPK (ПП + Гн + NPK); 4. Побічна продукція + N₁₀ на 1 т побічної продукції + деструктор (ПП + деструктор); 5. Побічна продукція + деструктор + NPK (ПП + деструктор + NPK); 6. Побічна продукція + N₁₀ на 1 т побічної продукції (ПП + N₁₀); 7. Побічна продукції + NPK (ПП + NPK).

Добрива сприяли підвищенню продуктивності даної культури. На ділянках, де вносились одна побічна продукція (контроль) за комбінованої (поверхневий обробіток ґрунту під пшеницю озиму і сою, оранка під кукурудзу) урожайність зерна пшениці становила 4,39 т/га, безвідвального – 4,86 т/га, і за поверхневого – 5,33т/га, а на удобрених ділянках цей показник, відповідно до обробітків, знаходився у межах: від 4,74 (ПП + Гн) до 6,49 т/га (ПП + Гн + NPK); від 5,88 (ПП + Гн) до 6,72 т/га (ПП + NPK) і від 6,12 (ПП + Гн) до 6,53 т/га (ПП + деструктор + NPK).

Із приведених даних виходить, що в абсолютних величинах найвищою продуктивністю пшениця озима на неудобрених ділянках відзначалася за поверхневого обробітку ґрунту, дещо нижчою за безвідвального і ще нижчою за комбінованого.

Ефективність добрив за різного зяблевого обробітку ґрунту у сівозміні була не адекватною. Так якщо за комбінованої системи основного обробітку ґрунту у сівозміні приріст врожаю від добрив сягав від 7,9 (ПП + Гн) до 47,8 % (ПП + Гн + NPK), тоді як за безвідвального і поверхневого відповідно від 21,0

(ПП + Гн) до 50,9 % (ПП + НРК) та від 14,8 (ПП + Гн) до 22,5 % (ПП + деструктор + НРК).

Отже, на величину продуктивності пшениці озимої за час проведення спостережень мали вплив як системи удобрення, так і обробітку ґрунту.

Відібрані ґрунтові зразки з дослідних ділянок та проведеній їх агрохімічний аналіз і отримані результати дали можливість встановити вплив як природних, так і антропогенних факторів на вмісту гумусу у ґрунті.

Таблиця 1

Динаміка гумусу у ґрунті за час вегетації пшениці озимої за різних систем основного обробітку та удобрення, %

Системи удобрення	Шар ґрунту, см	Система основного обробітку ґрунту, час відбору								
		поверхнева			комбінована			безвідвальна		
		11.05	12.07	14.09	11.05	12.07	14.09	11.05	12.07	14.09
Без добрив (контроль)	0-20	4,05	4,15	4,10	4,10	3,95	3,88	4,08	4,21	4,02
	21-40	3,74	3,88	3,80	3,75	3,64	3,71	3,15	3,17	3,11
Побічна продукція + гній 10т/га(післядія)	0-20	4,13	4,21	4,19	4,15	4,13	4,19	4,23	4,24	4,27
	21-40	3,99	3,91	4,00	3,82	3,65	3,77	3,71	3,97	3,61
Побічна продукція + гній 10т/га(післядія) +N ₃₂ P ₃₂ K ₃₂	0-20	4,24	4,38	4,28	4,17	4,18	4,08	4,29	4,33	4,22
	21-40	3,90	4,00	3,88	3,80	3,74	3,85	3,67	3,69	3,56

Весною і в осінній періоді відносно літнього в 0–20 см шарі ґрунту вміст гумусу знаходився, у відносних відсотках, у такій парадигмі: за поверхневого обробітку ґрунту залежно від системи удобрення–97,6 і 98,8; 98,1 і 99,5; 96,8 і 97,7, за оранки –103,8 і 98,2; 100,5 і 101,5; 99,8 і 97,6 та за чизельного обробітку – 96,9 і 95,5; 99,8 і 100,7; 99,1 і 97,5.

Отже, температурний (низький на весні та восени, високий влітку) і водний (добрий весною, незадовільний влітку, менш задовільний восени) режими ґрунту та співвідношення між ними знаходилися на різних величинах, а це у свою чергу, опосередковано мало вплив і на вміст гумусу у ґрунті.

Список використаних джерел:

1. Балюк С.А., Медведєв В.В., Воротінцева Л.І. Сучасні проблеми деградації ґрунтів і заходи щодо досягнення нейтрального її рівня. *Вісник аграрної науки*. 2017. №8. С. 5-11. 2. Кравченко Ю.С. Сучасний стан родючості українських чорноземів. *Рослинництво та ґрунтознавство*. 2019. Вип. 10. №3. С.9-41. 3. Гончар Л.В., Кузик Н.В. Вплив систематичного внесення органічних та мінеральних добрив у польовій сівозміні на родючість. *Агрохімія і ґрунтознавство: міжвід. темат. наук. зб. Спецвипуск: Ґрунти – основа добробуту держави, турбота кожного*. Харків, 2006. Кн. 3. С33-34. 4. Tararico, Y., Saidak, R., Olerir, R., Soroka, Y., & Vitvitskiy, S. (2021). Потенціал біопродуктивності чорнозему типового в лівобережному Лісостепу України за сприятливих умов зволоження. *Меліорація і водне господарство*, (2), 87–100. 5. Глуценко Л. Д., Кохан А. В., Олері Р. В. та ін. Рівень продуктивності пшениці озимої залежно від антропогенних і природних факторів. *Вісник Центру наукового забезпечення АПВ Харківської області*. 2016. № 21. С. 32–36.

ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ІНОКУЛЯЦІЇ ТА МІКРОДОБРИВ В АГРОЦЕНОЗАХ СОЇ

Онiпко В. В., Маломижев А. С. (м. Полтава)

Головна зернова бобова культура світового землеробства – соя культурна, яка є важливим джерелом продовольчих та кормових ресурсів, а також біологічним фіксатором азоту з атмосфери [12]. Вирощування сої, поряд з її високою рентабельністю виробництва та широким попитом у виробників та споживачів, є одним з ефективних екологічних шляхів вирішення органічної стратегії країни через використання потенціалу симбіотичної фіксації атмосферного азоту бульбочковими бактеріями з повітря та мобілізації його у ґрунтових запасах [1].

Зростаюча частка поставок сої на світовий ринок забезпечується як збільшенням площ посівів, так і зростанням врожайності. Однак, через свої біологічні особливості, зернові бобові культури порівняно з колосовими не завжди забезпечують високу та стійку врожайність, особливо зерна. На сьогоднішній день середня врожайність сої в Україні становить приблизно 2,0-2,5 тонн на гектар. Однак вона може коливатися залежно від регіону, умов вирощування, технологій вирощування та інших факторів. Ці дані базуються на результатах досліджень, проведених на полях України, враховуючи

агрокліматичні умови, сорти сої, використовувані агротехніки та інші фактори, що впливають на врожайність цієї культури.

Вітчизняне землеробство, що діє в умовах різкого скорочення внесення мінеральних добрив, дуже зацікавлене в використанні альтернативних агротехнологій, які дозволяють отримати додаткові джерела мінерального живлення рослин. Це може бути досягнуто за допомогою застосування біопрепаратів, що підвищують симбіотичну азотфіксацію та поліпшують засвоєння інших макроелементів бобовими рослинами. Залежно від конкретного виду культури та умов навколишнього середовища, здатність до біологічного зв'язування азоту у зернобобових культурах складає від 50 до 200 кг на гектар на рік [2].

Фіксація азоту з повітря відбувається в процесі симбіозу бобових рослин з бульбочковими бактеріями роду *Rhizobium* за рахунок світлової енергії, накопиченої рослинами. Наприклад, дослідженнями С. Крамарьова та С. Артеменко підтверджується, що обробка насіння біотехнологічним препаратом Ризогумін значно активізує функцію азотфіксації у рослин сої. Це призводить до підвищення морфологічних показників та насінневої продуктивності на 11,2–15,2% у порівнянні з групою, де не застосовували азотфіксуючі бульбочкові бактерії. Також виявлено, що обробка насіння штамми *Rhizobium* 46 і 626а призводить до збільшення кількості бульбочок на одній рослині в 3,3 рази, а їх маси – у два рази. Використання інокуляції насіння сої азотфіксуючими штамми бульбочкових бактерій *Rhizobium* X9, 626а, 46 забезпечує оптимальні умови для азотфіксації та високу насінневу продуктивність культури [8].

Із метою екологізації виробництва продукції рослинництва, особлива увага приділяється мікробіологічним добривам, що збагачують ґрунт азотом та дозволяють переводити важкодоступні для рослин форми поживних речовин в легкодоступні [9, 10]. До таких належать наприклад, Нітрагін, Ризотрофін,

Ризоактив, Ризобофіт, Ризогумін, Азотофіт, Азорхіс [3], у складі якого містяться живі клітини та спори бактерій *Azotobacter chroococcum*, фосфатовит містить живі клітини та спори бактерій *Bacillus mucilaginosus*, що перетворюють нерозчинні сполуки фосфору та калію у доступну для рослин форму, також ці бактерії природньо захищають рослину від грибкових захворювань.

У дослідженні, авторами якого є В. Зеленський, В. Дерев'янський, О. Ковальчук, відзначається, що застосування біотехнологічного препарату Ризобофіт призвело до збільшення врожайності сої на 16,7–32,5% порівняно з контрольним варіантом. Крім того, таке застосування призвело до підвищення потенційної активності азотфіксації ґрунту [6].

Застосування біотехнологічного препарату Ризобофіт у західному Лісостепу, В. Дерев'янського О. Власюк, Д. Крутило, призвело до формування у рослин сої більшої кількості гілок, бобів та повноцінного насіння, а також сприяло збільшенню кількості та маси бульбочок на коренях, збільшенню листкової поверхні та маси 1000 насінин, вмісту в зерні олії та протеїну. Урожайність сої при цьому зросла на 25,0–31,0% [5]. За даними В. Волкогона та К. Комка, інокуляція насіння сої препаратом Ризогумін призвела до збільшення кількості бульбочок, утворених інтродукованим штамом, на 54,63%, а також сприяла підвищенню нітрогеназної активності та активності глутамінсинтетази порівняно з іншими бактеріальними препаратами [4].

В. Петриченко та В. Чорна виявили, що найбільший урожай сої сортів Монада (2,39 т/га), КиВін (2,13 т/га) та Княжна (2,14 т/га) отримано при інокуляції насіння біотехнологічним препаратом Оптімайз. Що відповідно на 40,0%, 47,0% та 38,0% більше, ніж у контрольній групі (без інокуляції). Крім того, встановлено, що інокуляція насіння у поєднанні з позакореневим підживленням мікроелементами ефективно впливає на збільшення врожайності [11]. Дослідники, О. Коляда, О. Близнюк, Н. Масалігіна,

А. Белінська, О. Варанкіна, І. Бєлих встановили позитивний вплив застосування біотехнологічного препарату Азорхіс на формування бульбочок на коренях сої, у фазу цвітіння кількість бульбочок на коренях збільшувалась на 8,2 шт./роsl., у фазу досягання – на 19,6 шт./роsl. [7]. Таким чином, мікробіологічні добрива створюють оптимальні умови для живлення, росту та розвитку рослин, мають стимулюючий вплив на їх імунну систему, підвищують стійкість до патогенної мікрофлори та стресових факторів. Для рослин вони є мікробіологічними інокулянтами.

Інокулянти збільшують надходження біологічного азоту в ґрунт практично утричі. Це дає можливість компенсувати нестачу ґрунтового азоту та стимулює засвоєння фосфору рослиною, включаючи фосфор, що внесений в ґрунт разом з хімічними добривами. Таким чином, покращується засвоєння внесених хімічних добрив, оскільки відомо, що засвоєння мінерального азоту не перевищує 50%, фосфору – 20-25%, калію – 40-60%. Частина залишкових добрив забруднює ґрунт, роблячи його «мертвим», що є непридатним для життя корисних мікро- та макроорганізмів.

Інокуляція сприяє збільшенню енергії проростання насіння, скорочує строки появи сходів та сприяє їхній рівномірності. Також збільшується швидкість розвитку рослини, формування стебел і інтенсивність фотосинтезу, а також посухостійкість і морозостійкість. Це можливо насамперед за рахунок активного розвитку кореневої системи. Крім того, проникнення розвиненої кореневої системи у глибші горизонти ґрунтового профілю сприяє підвищенню вологоутримуючої здатності, особливо в умовах посухи.

Інокулянти значно знижують виробничі витрати, передусім за рахунок зменшення кількості внесених хімічних добрив аж до повного відмову від їхнього використання та переходу до органічного землеробства. Крім того, збільшення засвоєння азоту бактеризованими рослинами не призводить до збільшення кількості нітратів у кінцевій продукції. Нітрати рослин активно

використовуються в синтезі амінокислот і білків. Здатність сої як бобової культури до засвоєння азоту з атмосфери є однією з основних біологічних особливостей цієї рослини. Тому рослина в оточенні повноцінного комплексу мікроорганізмів одержує необхідне кореневе живлення і, як наслідок, реалізує свій генетичний потенціал щодо врожайності.

Отже, застосування інокулянтів має кілька важливих переваг, які роблять їх обов'язковими для сільськогосподарських культур. По-перше, інокулянти збільшують доступність біологічного азоту в ґрунті, що є важливим поживним елементом для рослинного росту. Вони допомагають компенсувати нестачу азоту в ґрунті та підвищують його доступність для рослин. По-друге, застосування інокулянтів стимулює засвоєння інших поживних речовин, таких як фосфор, що сприяє загальному зростанню рослин та покращенню їхнього врожаю. Це особливо важливо в умовах, коли використання мінеральних добрив може бути обмеженим або недостатнім.

Крім того, інокулянти сприяють зниженню виробничих витрат, оскільки вони дозволяють зменшити кількість хімічних добрив, які потрібно вносити в ґрунт. Це може призвести до зменшення негативного впливу на навколишнє середовище та збереження родючості ґрунту. А головне, застосування інокулянтів є важливим елементом ефективного сільськогосподарського виробництва, який допомагає підвищити врожайність, знизити витрати та зберегти середовище.

Список використаних джерел:

1. Бабич А. Біологічна фіксація азоту соєю. Пропозиція. URL: <http://a7d.com.ua/plants/12206-bologchna-fksacya-azotu-soyeui.html>
2. Биологическая фиксация азота: бобово-ризобиальный симбиоз / Коць С. Я., Моргун В.В., Патька В.Ф. и др. Т. 1. К.: Логос, 2010. 508 с.
3. Волинець П. Вирощування сої з інокулянтами. Пропозиція. 2016. № 2. С. 80–81
4. Волкогон В. В., Комок М. С. Ефективність симбіозу бульбочкових бактерій з рослинами сої. 2010. № 39. С. 20–26.
5. Вплив мікробних препаратів та мінеральних добрив на стійкість до захворювань і продуктивність сортів сої / В.П. Дерев'янський, О.С. Власюк, Д.В. Крутило, та ін. Сільськогосподарська мікробіологія. Чернігів, 2011. Вип. 13. С. 59–69
6. Зеленський В.А., Дерев'янський В.П., Ковальчук О.В. Вплив інокуляції на продуктивність сої. Збірник наукових праць подільського державного аграрнотехнічного університету. 2010. № 18. С. 34–40.
6. Коляда О.В.; Близнюк О.М., Масалітіна Н.Ю., Белінська А.П., Варанкіна О.О.; Белих І.А.

Дослідження ефективності інокуляції сої біотехнологічними препаратами. Інтегровані технології та енергозбереження. – X., 2022. – №3. – С. 3-11.7. Крамарьов С.М., Артеменко С.Ф. Вплив інокуляції насіння сої бактеріальними препаратами на продуктивність її агроценозів в умовах північної частини Степової зони України. Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету. Дніпропетровськ, 2016. № 4 С. 72–75

8. Крутило Д.В. Бульбочкові бактерії – гетеротрофний та симбіотрофний способи життя. Сільськогосподарська мікробіологія. 2008. Випуск 7. С. 147–161.

9. Крутило Д.В. Поширення та екологічні особливості бульбочкових бактерій сої в різних регіонах України: Автореф. дис. ... канд. біол. наук. Київ, 2006. 22 с.

10. Петриченко В. Ф., Чорна В. М. Особливості росту рослин сої залежно від інокуляції та морфорегулятора в умовах Лісостепу правобережного. Сільське господарство та лісівництво. 2016. №4. С. 42–54.

11. Soybeans: Chemistry, Technology, Production, processing & utilization. (2015). Editors Lawrence A. Johnson, Pamela J. White, Richard Galloway.

РЕГУЛЮВАННЯ СТУПЕНЯ ЗАБУР'ЯНЕНOSTІ ПОСІВІ СОЇ ПІСЛЯ СХОДІВ КУЛЬТУРИ

Ласло О.О., Мовчан О.С. (м. Полтава)

Україна є одним з найбільших експортерів сої до Європи, що свідчить про значний попит на цю культуру. Хоча площі під вирощуванням сої можуть зменшуватися через різні фактори, аграрії в цілому не відмовляються від вирощування цієї культури через її економічну привабливість та потенціал для експорту. Вирощування сої залишається економічно привабливим для українських аграріїв, навіть з урахуванням деяких складнощів, таких як зміна кліматичних умов. Важливо продовжувати вдосконалювати технології вирощування сої, щоб забезпечити стабільний врожай і високу якість продукції.

На початкових етапах розвитку рослини сої, особливо після появи першого трійчастого листка, активно формується коренева система. До того, як коренева система досягне належного рівня, надземна маса рослин розвивається повільно. У цей період бур'яни, спочатку злакові види, а потім дводольні, активно проростають і конкурують з соєю за вологу та елементи живлення. Цей період, коли бур'яни найбільше впливають на врожай сої, триває від етапу проростання культури до фази 1-2 трійчастих листків. Також в цей час соя генетично закладає свій майбутній потенціал урожайності, тому важливо

вживати заходи для контролю бур'янів, щоб забезпечити оптимальний розвиток рослин та високу врожайність [1].

Соя має тривалий гербокритичний період, який триває майже до цвітіння, коли починають змикатися міжряддя. Протягом цього періоду соя не може ефективно конкурувати з бур'янами за елементи живлення, вологу, простір і світло. Ефективний гербіцидний захист є важливим для забезпечення повноцінного росту та розвитку сої в цей період, а також для формування високого рівня майбутньої врожайності. Культура дуже чутлива до забур'янення, і конкуренція з бур'янами може призвести до значного зниження урожайності, навіть до 30-50%. Тому важливо вчасно та ефективно застосовувати гербіциди для захисту посівів сої від бур'янів, щоб забезпечити їй оптимальні умови для росту та розвитку, а також максимальний врожай.

Плануючи схему гербіцидного захисту та визначаючи терміни проведення обробок для вирощування сої, важливо враховувати наступні фактори:

1. Спектр бур'янів: для вибору гербіциду рекомендується аналізувати дані попередніх років та історію полів для виявлення наявних видів бур'янів; при післясходовій схемі також важливо враховувати фазу розвитку сої для правильного вибору гербіцидного рішення.

2. Запаси вологи: у посушливі роки рекомендується використовувати післясходову схему захисту; важливо уникати переростання та застосовувати гербіциди в правильних нормах для ефективного захисту посівів.

Дотримуючись цих рекомендацій, аграрії зможуть ефективно захищати посіви сої від бур'янів та забезпечити оптимальні умови для їх росту та розвитку.

У 2024 році на території агропідприємства заплановано висів наступних сортів сої:

Галлек – є найуспішнішим у ранній групі за рівнем та стабільністю врожаю, порівняно з іншими ранніми сортами. Він має врожайність, що рівняється до середньостиглих сортів, та відзначається рівномірним досяганням та високою стійкістю до розтріскування, навіть при пізнішому комбайнуванні.

Моцарт – є ультрараннім сортом сої, створеним шляхом схрещення сортів європейської та канадської генетики. Він поєднує в собі активний початковий ріст, високий показник врожайності та вміст протеїну. Обидва сорти мають свої унікальні характеристики та можуть бути вибраними для вирощування в залежності від конкретних умов та вимог аграрного виробництва.

Обробки посівів сої заплановано проводити у фазу 3-4 трійчастих листків продуктами Бентатоп, РК (1,5-3 л/га) з додаванням ПАР Генеріс 90 (0,2 л/га) та Атландо, РК (0,75-1 л/га). Ці комбінації можуть застосовуватися як окремо, так і в суміші з Бентатоп, РК.

Отже, недостатній захист від бур'янів на початкових етапах вегетації сої може призвести до серйозних проблем зі збиранням та переробкою урожаю. Це може призвести до зниження врожайності та додаткових витрат на десикацію. Забур'янені посіви ускладнюють процес обмолоту комбайнами, що може призвести до поломок та потреби у додатковому досушуванні зібраного зерна. Також, забур'янені посіви можуть травмуватися під час збирання, що негативно впливає на якість зерна. Тому важливо надавати належну увагу гербіцидному захисту посівів сої, щоб уникнути цих проблем та забезпечити оптимальні умови для збору та переробки врожаю.

Список використаних джерел:

1. Гербіцидний захист сої: проблеми, помилки, рішення. Формування високих врожаїв сої на ранніх етапах. 2021. URL: <https://superagronom.com/articles/491-gerbitsidniy-zahist-soyi-problemi-pomilki-rishennya-formuvannya-visokih-vrojajiv-soyi-na-rannih-etapah>. 2. Цілюрик О. І., Ткаліч Ю. І. Ефективність бакових сумішей гербіцидів у посівах сої. 2020. URL: <https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/17159-efektyvnist-bakovykh-sumishei-herbitsydiv-u-posivakh-soi.html>.

ОСОБЛИВОСТІ ПІДЖИВЛЕННЯ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ В ОСІННІЙ ПЕРІОД

Ласло О.О., Мацак Д.А. (м. Полтава)

Пшениця озима має велике значення для аграрного сектору та харчової промисловості України. Її зерно використовується для виготовлення хлібобулочних, макаронних і кондитерських виробів, що робить її ключовим джерелом харчування для населення.

Рациональне живлення рослин озимої пшениці відіграє важливу роль у досягненні високої урожайності. Важливим аспектом є врахування агрометеорологічних умов для забезпечення оптимального розвитку рослин.

У випадках, коли неможливо провести підживлення пшениці озимої восени через недостатнє кушіння або агрометеорологічні умови, можна розглянути перенесення частини запланованого на весну внесення добрива на пізні осінні внесення. Це може допомогти забезпечити рослини необхідними елементами живлення для їх оптимального розвитку.

Осіннє підживлення пшениці озимої може бути важливим для успішної перезимівлі посівів. Хоча осіннє підживлення може лише скоригувати нестачу елементів живлення, а не ліквідувати її повністю, вона може допомогти рослинам підготуватися до зими та зберегти необхідні ресурси для весняного росту. Для осіннього підживлення пшениці озимої можна використовувати добрива, які містять азот, фосфор, калій та інші необхідні мікроелементи [1, 2].

Так, фосфор відіграє важливу роль у розвитку озимої пшениці, особливо в період проростання. Він сприяє рівномірним сходам та покращує кореневу систему, що важливо для забезпечення оптимального росту рослин пшениці. Однак важливо уникати надмірного внесення фосфору, оскільки це може негативно вплинути на вміст білка у зерні та вміст клейковини. Рекомендовані витрати фосфору становлять 23–37 кг на тону і можуть варіюватися в залежності від стану ґрунту та інших факторів. Калій має важливе значення у

розвитку пшениці озимої, особливо в осінній період. Він сприяє підвищенню морозо- та холодостійкості рослин, а також збільшує їхню стійкість до захворювань, що допомагає забезпечити успішну перезимівлю посівів. Однак важливо уникати надмірного внесення калію, оскільки це може обмежити засвоєння кальцію і магнію рослинами.

Науковці рекомендують утримувати дозу азотних добрив на низькому рівні восени для пшениці озимої. У цей період культура споживає невелику кількість азоту, тому велика доза може призвести до небажаних наслідків. Зазвичай, кількість азоту в добривах не повинна перевищувати 8% в цей період. Надмірне застосування азоту може спричинити переростання посівів, знизити стійкість рослин до морозів та зробити їх більш вразливими до шкідників. Позакореневе підживлення пшениці озимої є дуже важливим, особливо у міжфазні періоди. Це дозволяє забезпечити рослини необхідними поживними речовинами для їхнього оптимального росту та розвитку. Важливо дотримуватися балансу при внесенні макро- і мікроелементів, щоб уникнути надлишку або дефіциту поживних речовин. Тільки збалансоване живлення рослин в осінній період може гарантувати їхню успішну перезимівлю та високий врожай у наступному сезоні [1].

Мікроелементи, такі як цинк, грають важливу роль у підвищенні морозостійкості озимих культур. Під впливом цих мікроелементів збільшується вміст зв'язаної води в рослинах, що допомагає зменшити її кількість, яка може замерзнути, тим самим підвищуючи морозостійкість рослин. Умови осінньої вегетації озимої пшениці можуть бути складними через різкі коливання температур, заморозки на поверхні ґрунту та інші негативні фактори, які можуть впливати на споживання кореневою системою елементів живлення, зокрема мікроелементів. Тому важливо забезпечити рослини необхідними мікроелементами, щоб підвищити їхню морозостійкість і забезпечити успішну перезимівлю.

Дефіцит мікроелементів у рослинах може призвести до гальмування фізіологічних процесів росту та розвитку. Тому діагностика та виявлення дефіциту мікроелементів у рослинах завчасно є дуже важливою. Регулярний моніторинг та аналіз вмісту поживних речовин допоможе вчасно виявити нестачу мікроелементів і вжити відповідні заходи для їх компенсації.

Підживлення марганцем може підвищити стійкість рослин проти грибних захворювань, особливо в умовах теплої осені, і сприяти стимулюванню росту кореневої системи. Марганець також важливий для участі у процесах фотосинтезу та формуванні біомаси. Підживлення молібденом відіграє важливу роль у синтезі сполук, які збільшують стійкість рослин до низьких температур. Пшеницю озиму підживлюють мікродобривами зазвичай восени у фазу 3-5 листків і навесні – наприкінці кушення – фазу другого вузла на стеблі, поєднуючи з фунгіцидними обробками [2].

Наші дослідження закладені восени 2023 року. Були висіяні два сорти пшениці озимої з наступною характеристикою:

Сорт ЛНЗ *Протект* є середньостиглим з пізнім відновленням вегетації, вимогливим до ґрунтів, з інтенсивним коефіцієнтом кушення і призначений для інтенсивної технології вирощування.

Сорт ЛНЗ *Кваліті* також є середньостиглим, але з середнім відновленням вегетації, вимогливим до ґрунтів, з інтенсивним коефіцієнтом кушення і також призначений для інтенсивної технології вирощування. Обидва сорти мають свої особливості, які можуть бути корисними для вибору сорту в залежності від умов вирощування та вимог виробництва.

Для осіннього підживлення у фазу 3-5 листків (ВВСН 13-15) використовували Розалік (Mg, Mn, N, S) та Розалік (Mg, Mn, N, S). Отже, осіннє внесення комплексних добрив, які містять необхідні мікроелементи, є ефективним заходом для забезпечення рослин поживними речовинами. Це дозволяє рослинам пшениці накопичувати додаткові цукри в клітинах, що

підвищує їхню холодо-, морозо- та зимостійкість. Також підживлення допомагає у формуванні рослин однакових за висотою, що є важливим перед настанням зими. Цей підхід допомагає підготувати рослини до негативних умов зими та забезпечити їм необхідні поживні речовини для успішної перезимівлі.

Список використаних джерел:

1. Підживлення озимої пшениці – фази та терміни внесення, види добрив для озимої пшениці. URL: <https://makosh-group.com.ua/blog/pidzhivlennya-ozymoyi-pshenytsi-fazy-ta-terminy-vnesennya-vydy-dobryv-dlya-ozymoyi-pshenytsi/>. 2. Позакореневе підживлення озимої пшениці: азот і мікроелементи. 2023. URL: <https://superagronom.com/blog/940-pozakoreneve-pidjivlennya-ozymoyi-pshenytsi-azot-i-mikroelementi>.

ЕКОЛОГІЧНИЙ МЕТОД ОТРИМАННЯ ГЕОТЕРМАЛЬНОЇ ЕНЕРГІЇ ТА ОЦІНКА ЇЇ ТЕПЛОВОГО ПОТЕНЦІАЛУ

Семенов А.О., Горбань О.С., Атреп'єв В.О. (м. Полтава)

Альтернативні джерела енергії - це джерела енергії, які відіграють важливу роль у розвитку екологічно чистої енергетики [1, 2]. До альтернативних джерел з впевненістю відноситься: вітрова та сонячна енергія; біопаливо; гідроенергетика та геотермальна енергія.

Геотермальна енергія – це вид відновлювальної теплової енергії, яка виникає в глибинних шарах Землі, при виході на поверхню та має значно вищу температуру, ніж температура повітря [3]. Принцип отримання геотермальної енергії полягає у використанні глибоких свердловин для отримання гарячої води або пари, які потім використовуються для вироблення електроенергії через турбіни та генератори [4]. Тому геотермальна енергія є екологічно чистою, оскільки використання не супроводжується викидами парникових газів або інших забруднюючих речовин, що допомагає зменшити негативний вплив на довкілля і здоров'я людей.

Мета роботи: здійснити оцінку теплового потенціалу геотермальної енергії океану.

Завдання: провести розрахунки, використовуючи різницю температур між поверхневими та глибинними шарами океану для виробництва геотермальної електроенергії.

Для вирішення завдання роботи, здійснено наступні розрахунки: визначимо початкову температуру T_2 і кількість геотермальної енергії E_0 водоносного пласта завтовшки 0.6 км при глибині залягання 3.5 км, якщо задані: характеристика породи пласта; щільність $\rho_{гр} = 2700 \text{ кг/м}^3$; пористість $\alpha = 5\%$; питома теплоємність $C_{гр} = 840 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$; Температурний градієнт $(dT/dz) = 35\% \text{ C/км}$. Розрахункові дані наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Розрахункові дані оцінки теплового потенціалу геотермальної енергії океану

Назва параметру	Розрахунок	Значення
Температуру водяного пласта перед початком його експлуатації	$T_2 = T_0 + \left(\frac{dT}{dz}\right) \cdot z$	242°C
Теплоємність пласта	$C_{пл} = hF(\alpha\rho_B C_B + (1 - \alpha)\rho_{гр} C_{гр})$	$1,89 \cdot 10^{15} \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$
Тепловий потенціал на початок експлуатації	$E_0 = C_{пл}(T_2 - T_1)$	$4,3 \cdot 10^{15} \text{ Дж}$
Постійну часу пласта	$\tau_0 = \frac{C_{пл}}{V\rho_B C_B}$	143 роки
Теплова потужність геотермального пласта у момент часу	$\frac{dt}{d\tau} = -\frac{E_0}{\tau_0} \exp(-\tau/\tau_0)$	$0,95 \cdot 10^6$
Теплова потужність геотермального пласта у момент часу	$\frac{dt}{d\tau} = -\frac{E_0}{\tau_0} \exp(-\tau/\tau_0)$	$0,88 \cdot 10^6$

Отримані результати з розрахунку (табл. 1) теплового потенціалу геотермальної енергії океану свідчать про значний потенціал цього екологічного джерела енергії. Крім того, ця енергія має потенціал в різних сферах використання та призначення:

1. Геотермальні електростанції - використовують пар або гарячу воду з надр Землі для приведення в рух турбін, які знову перетворюють механічну енергію в електроенергію [3]. Це може бути зроблено за допомогою парових турбін, які генерують електроенергію, або циклічних систем, які використовують гарячу воду для випаровування робочого середовища і подальшого руху турбін.

2. Геотермальне нагрівання та кондиціювання повітря - метод при якому геотермальна енергія використовується для нагрівання або охолодження приміщень, що зменшує залежність від традиційних систем опалення.

3. Геотермальні теплові насоси - це системи, які використовують тепло з наземних джерел, щоб нагрівати або охолоджувати приміщення, а також для нагрівання води.

4. Геотермальні системи для сільського господарства - геотермальна енергія використовується для нагрівання ґрунту або теплиць, що дозволяє збільшити врожайність сільгоспкультур.

Таким, чином геотермальна енергія має багато переваг, серед яких низькі викиди в атмосферу, стабільність виробництва, невелика залежність від погодних умов та можливість використання в різних кліматичних умовах.

Геотермальна енергія стає все більш актуальною в сучасному світі, вона продовжує залишатися перспективним джерелом енергії [3]. Цей вид енергії є невичерпним ресурсом, який не залежить від погодних умов або сезонних змін, що робить його надійним джерелом енергії. Використання геотермальної енергії сприяє зменшенню викидів парникових газів та інших забруднюючих речовин, що сприяє боротьбі з кліматичними змінами. Також розвиток

технологій дозволяє ефективніше використовувати цей ресурс, що робить його більш конкурентоспроможним у порівнянні з іншими джерелами енергії. З урахуванням зростаючої потреби в стабільних та екологічно чистих джерелах енергії, геотермальна енергія залишається важливим компонентом сучасної енергетики світу.

Список використаних джерел:

1. Сахно Т.В., Семенов А.О., Короткова І.В., Семенова Н.В. Технічні рішення в створенні відновлювальних джерел світла: колективна монографія «Альтернативні джерела енергії у підвищенні енергоефективності та енергозалежності сільських територій»; за редакцією І.О. Яснолоб, Т.О. Чайки, О.О. Горба. Полтава : Видавництво ПП «Астроя», 2019. С. 175-185.
2. Сахно Т.В., Короткова І.В., Семенов А.О. Люмінесцентні сонячні концентратори для відновлюваних джерел енергії. Використання альтернативних джерел енергії в умовах розвитку сільських територій : матеріали I Міжнар. наук.-практ. Конф., м. Полтава, 22 трав. 2019 р. Полтава, 2019. С. 74-77.
3. Геотермальна енергія. Альтернативна енергетика і технології майбутнього в Україні Eenergy. URL: <https://eenergy.com.ua/baza-znan/geotermalna-energiya/> (дата звернення: 01.05.2024).
4. Геотермальні електростанції: переваги та недоліки. Авенстон. URL: <https://avenston.com/articles/geothermal-pp-pros-cons/> (дата звернення: 03.04.2024).

ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМКИ ВИКОРИСТАННЯ УЛЬТРАФІОЛЕТОВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ В ЕЛЕКТРИЧНІЙ ТА БІОЛОГІЧНІЙ ІНЖЕНЕРІЇ АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ

Семенов А.О., Луценко М.О., Теренько А.Р. (м. Полтава)

Оптичне випромінювання ультрафіолетового діапазону є важливим фактором навколишнього середовища, яке істотно може впливати на живі організми [1], а також процеси, які оточують нас в повсякденному житті [2]. Відомо, що параметри УФ-опромінення, так і УФ-випромінення грають важливе значення при інактивації бактерій: при знезараженні води та повітря [3, 4], при вирощуванні риби в закритих рециркуляційних системах [5], при знезараженні бактерій на поверхні [6] та в агропромисловому комплексі при передпосівній обробці насіння сільгоспкультур [7, 8].

Крім того, ультрафіолетове випромінювання є важливим екологічним фактором в боротьбі з різними вірусами та SARS-CoV-2 [9]. УФ-

випромінювання з довжиною хвилі 253,7 нм є найбільш прогресивним методом дезінфекції [10], при такій довжині хвилі віруси та бактерії найбільш чутливі до ультрафіолетового випромінювання.

Завдяки промислового виробництва штучних потужних УФ-ламп [11] ультрафіолетові технології почали розвиватися швидкими прогресивними темпами в різних сферах агропромислового комплексу, електричній та біологічній інженерії. Для вирішення різних задач в опромінювальних системах УФ-знезараження [3-8] необхідно знати параметри УФ-потoku та контролювати величину рівня УФ-опроміненості для забезпечення необхідної ступені інактивації [12].

Оскільки ультрафіолетове випромінювання в нашому житті грає важливу роль, розглянемо можливості використання ультрафіолетового випромінювання в електричній та біологічній інженерії. Перспективні напрямки використання ультрафіолетового випромінювання включають:

- електроніку та оптику (ультрафіолетове випромінювання використовується для виготовлення напівпровідникових приладів, фотодетекторів або в оптичних системах для досліджень та технологій зчитування даних);
- сонячну енергію (ультрафіолетове випромінювання є джерелом енергії для фотоелектричних панелей для підвищення ефективності збирання сонячної енергії та покращення довговічності панелей);
- комунікаційні технології (ультрафіолетове випромінювання може бути використане для розвитку високошвидкісних комунікаційних технологій для оптичної передачі даних у бездротових мережах);
- матеріалознавство (ультрафіолетове випромінювання дозволяє проводити дослідження та обробку різних матеріалів, зокрема полімерів та наноматеріалів для створення нових матеріалів з покращеними властивостями);

- біологічна інженерія (ультрафіолетове випромінювання використовується для досліджень у біологічних системах при впливі на ріст рослин або для біологічних досліджень у медицині та генетиці);
- дезінфекцію та стерилізацію (ультрафіолетове випромінювання може бути використане для знищення мікроорганізмів у воді, повітрі та на поверхнях);
- медичні застосування (ультрафіолетове випромінювання використовується в медицині для лікування шкірних захворювань, таких як псоріаз і екзема, через його здатність знищувати патогенні мікроорганізми та зменшувати запалення);
- датчики та вимірювальні пристрої (ультрафіолетове випромінювання використовується у датчиках для вимірювання різних параметрів - відстань, товщина шару, вологість тощо);
- біологічні дослідження (ультрафіолетове випромінювання використовується для вивчення генетичної структури організмів, мутацій та інших біологічних процесів);
- біореактори та ферментовані процеси (ультрафіолетове випромінювання використовується для контролю за біологічними процесами у біореакторах та для активації ферментів у біотехнологічних процесах).

Ці напрямки використання ультрафіолетового випромінювання показують його значимість як в електричній, так і в біологічній інженерії та відкривають широкі перспективи для подальших досліджень та розвитку нових технологій.

Список використаних джерел:

1. *Semenov A., Popov S., Yakhin S., Yeleussinov B., Sakhno T. Assessment of the danger of using ultraviolet lamps in electrical systems. Przegląd Elektrotechniczny, 100, 2024, nr 2, 152-155.* 2. *Семенов А. О., Попов С. В., Сахно Т. В., Тарасенко Д. С. Ультрафіолет: сфери використання та джерела випромінювання: монографія. Полтава: ПП «Астроя», 2023. 190 с.* 3. *Семенов А. О., Кожушко Г. М., Семенова Н. В. Використання ультрафіолетового випромінювання для бактерицидного знезараження води, повітря та поверхонь. Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України : Збірник науково-технічних праць.*

Львів : РВЦ НЛТУ України, 2013. № 23.02. С. 179-186. 4. Semenov A., Vyzhva S., Sakhno T., Semenova N. Combined method of UV treatment and ozonation during water. XV International Scientific Conference «Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment», 17–19 November 2021, Kyiv, Mon-21-095. 5. Anatolii Semenov, Kateryna Semenova. Ultraviolet disinfection of water in recirculating aquaculture system: a case study at sturgeon caviar fish farm. *Acta agriculturae Slovenica*, 2022. 118(3), 1-4. 6. Semenov A., Hmel'nitska Y. Ultraviolet disinfection of activated carbon from microbiological contamination. *Archives of Materials Science and Engineering*, 2022. 115/1, 34-41. 7. Semenov A., Sakhno T., Semenova K. Influence of UV Radiation on Physical and Biological Properties of Rapeseed in Pre-Sowing Treatment. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*. 2021. 10(4), 217-223. 8. Semenov A., Sakhno T., Hordieieva O., Sakhno Y. Pre-sowing treatment of vetch hairy seeds, *vicia villosa* using ultraviolet irradiation. *Global J. Environ. Sci. Manage*, 2021. 7(4), 555-564. 9. Khan M., McDonald M., Mundada K., Willcox M. Efficacy of Ultraviolet Radiations against Coronavirus, Bacteria, Fungi, Fungal Spores and Biofilm. *Hygiene*, 2022. № 2. С. 120-131. 10. Semenov A., Dugan O. Safety of ultraviolet lamps in biological influence systems. *The scientific heritage. Technical sciences, Budapest*, 2020. 1(53), 38-44. 11. Semenov, A., Kozhushko G., Bala L. No ozone germicidal lamp for plants photochemical and photo biological action. *Technological audit and production reserves*, 2015, 4/1(24), 4–7. 12. Semenov A., Sakhno T., Hmel'nitska Y., Semenova N. Bactericidal Disinfection of Activated Carbon from Aerobic Microorganisms, Yeasts and Molds. *International Journal of Basic Sciences and Applied Computing (IJBSAC)*. 2022. 8(7). P. 1-4.

ВПЛИВ СТРОКІВ СІВБИ НА ВРОЖАЙНІСТЬ ТА ЯКІСТЬ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ

Чайка Т. О. (м. Полтава)

Останнім часом жодний з технологічних прийомів вирощування пшениці м'якої озимої не підлягає постійним обговоренням і перегляду серед виробників, як строки сівби. Багаторічні дослідження в Україні та країнах ЄС показують, що лише під час сівби в оптимальні строки рослини можуть повною мірою використати всі необхідні фактори життєдіяльності для росту та розвитку, забезпечити найвищий урожай зерна пшениці озимої. Встановлено, що продуктивність рослин знижується як за ранніх, так і за пізніх норм сівби [1, 2].

В той же час, існують суперечливі висновки щодо строків сівби. У дослідженні [3] доведено, що рослини пшениці озимої за сівби 10 вересня (ранній строк) щодня отримували на 11,7 °С більше тепла, ніж за сівби 10 жовтня (пізній строк). Також після припинення вегетації рослини, що висівались 10

вересня, мали у середньому найбільші показники росту та розвитку, ніж за пізніших строків сівби. Також маса рослин пшениці озимої, висіяних 10 вересня, на момент припинення осінньої вегетації у 2,3–13,9 рази була більшою за масу рослин, що висівались з 20 вересня по 10 жовтня. Встановлено, що у рослинах пшениці озимої за сівби 10 вересня після припинення вегетації містилось цукрів в 2,1 рази більше порівняно з сівбою 10 жовтня. Визначено, що найкращі умови для формування асиміляційного листкового апарату рослин пшениці озимої у весняно-літній період виникали за посіву в II–III декадах вересня. Зазначається, що затримка з сівбою на 10–30 днів призводить до зменшення врожайності зерна пшениці озимої на 8,4–28,7 % у порівнянні з сівбою 10 вересня. Отже, в умовах Полісся максимальний урожай зерна озимої пшениці (3,56 т/га) отримано за сівби 10 вересня. Сівба ж 10 жовтня призвела до зниження врожайності зерна на 1,02 т/га.

У Полтавській області найвищі врожаї озимої пшениці залежно від погодно-кліматичних умов отримано в широкому діапазоні – з 25 серпня по 5 жовтня. Зроблено висновок про необхідність визначення оптимальних строків сівби озимої пшениці для умови конкретного року [4]. За іншими даними, у Полтавській області через різний рівень метеозабезпечення та різні строки сівби найвищу врожайність (5,36 т/га) забезпечив сорт Богемія при сівбі 20 вересня та сорт Косовиця при сівбі 30 вересня (5,29 т/га) [5]. При цьому, строки сівби впливали на загальну та продуктивну кількість стебел і найбільші показники були у дослідних сортів за сівби 30 вересня, а найнижчі – за сівби 10 вересня. Відповідним чином строки сівби вплинули на середні показники структури врожаю – масу зерна з колоса, кількість зерен у колосі, масу 1000 зерен. В результаті середня врожайність дослідних сортів пшениці озимої виявилася найбільшою за сівби 30 вересня, тоді як найменша – за сівби 10 жовтня. Дослідження вмісту білка в зерні засвідчило вплив строків сівби на цей показник і виявив найбільш його вміст за сівби 20 вересня (сорт Косовиця,

Богемія) та 30 вересня (Подільська, Наталка), тоді як різниця між ними була незначною у межах статистичної похибки – 0,8–2,5 %. В той же час, за сівби 10 вересня вміст білка у зерні був у всіх сортів найнижчим, що свідчить про недоцільність сівби в умовах лівобережного Лісостепу за цієї дати.

Відповідно до дослідів на полях Миронівського інституту пшениці імені В. М. Ремесла НААНУ [6] строки сівби разом з пов'язаними абіотичними та біотичними факторами докільця суттєво впливають на рівень продуктивності пшениці м'якої озимої в умовах Лісостепу. За сівби пшениці 3, 5 і 9 жовтня отримано найвищі врожаї у порівнянні з більш ранніми строками (15 і 25 вересня), що обумовлено меншим рівнем ураженням збудниками хвороб і шкідниками рослин пшениці за пізніх строків сівби, збереженням продуктивних стебел першого і другого порядків.

Згідно з [6] за пізніх строків сівби на пшениці озимій спостерігалось вагоме зменшення ензимо-мікозного виснаження рослин («стікання» зерна, «чорноколосиця», «пустоколосиця»), тоді як строки сівби не спричиняли суттєвого впливу на терміни колосіння, цвітіння, наливу та досягання. Зафіксовано також високу стійкість посівів до вилягання завдяки меншому ураженню рослин кореневими гнилями.

Дослідженнями [6] підтверджено вплив строків сівби на певні показники хлібопекарської якості зерна пшениці м'якої озимої через рівень продуктивності, до якого вони перебувають у від'ємній залежності. Отримано незначне зменшення за пізніх строків сівби вмісту білка (на 1,2 %), показника седиментації (на 5 мл), вмісту сирої клейковини (на 1,7 %), «сили» борошна (на 19 о. а.). В той же час, відбулося збільшення маси 1000 зерен, котра корелює з урожайністю. Однак, строк сівби на натуру зерна, якість клейковини (ІДК) і змішувальну здатність борошна практично не вплинув. Проте аналіз варіювання зазначених показників якості зерна пшениці засвідчив суттєвий вплив погодно-кліматичних умов років вегетації та генетичних особливостей

сортів.

Згідно з дослідженнями [7] генетичний потенціал сортів пшениці озимої ефективніше реалізується у центральній частині Лісостепу (Білоцерківська державна сортодослідна станція) за строку сівби 20–30 вересня, тоді як у південній частині Правобережного Лісостепу (Кіровоградська державна сортодослідна станція) – 30 вересня.

За даними Інституту зернових культур НААН у північній підзоні Степу максимальна врожайність у 2016–2018 рр. сформувалася за оптимальних строків сівби (25 вересня) – на рівні 3,88–6,83 і 3,07–5,15 т/га при вирощуванні її по чорному пару та після озимини відповідно. За ранніх строків сівби (5 вересня) рослини отримували більше пошкоджень і повільніше відновлювали вегетацію, а отже їх врожайність була меншою – в середньому на 2,83–4,23 т/га після стерньового попередника та на 3,61–5,69 т/га по чорному пару. За пізньої сівби (10 жовтня) рослини входили в зиму за незначних запасів енергетичних речовин і незначно розвиненим асиміляційним апаратом, що в результаті знижувало продуктивність на 3,9 та 10,3 % в залежності від попередника. При цьому, найменший урожай зерна пшениці озимої був на неудобрених варіантах дослідів за сівби 5 вересня – 2,84 і 3,61 т/га після стерньового попередника і по чорному пару відповідно. Отже, зміщення строків сівби як у бік ранніх (5 вересня), так і в бік пізніх (10 жовтня) призводило до зменшення врожайності зерна пшениці озимої в середньому на 0,36 і 0,56 т/га відповідно [8].

Дослідження в умовах Південного Степу свідчать, що строки сівби, безперечно, впливають на рівень урожайності й якості зерна пшениці м'якої озимої. Так, найвищі врожаї усіх дослідних сортів культури одержано за сівби 5 жовтня, котрі більші на 25,5 % відносно сівби 25 вересня, на 37,6 % – 15 жовтня, на 53,2 % – 25 жовтня. Доведено, що строки сівби мають різний вплив на фізичні показники зерна дослідних сортів пшениці м'якої озимої.

Безпосередньо найбільша якість зерна за натурою і масою 1000 насінин була сформована за строків сівби 5 і 15 жовтня. Також згідно з результатами агрохімічного аналізу більшість зерна отримало 1-й та 2-й класи за строків сівби 5 і 15 жовтня [9].

В. Лихочвор і Р. Проць [10] наводять висновки впливу строків сівби на якість зерна пшениці озимої (вміст білка та клейковини), що безпосередньо впливають на його ціну. Так, сівба 5 і 10 вересня позитивно вплинули на збільшення білка в зерні культури за найбільшої кількості на рівні 12,7 і 12,1 % відповідно. За строку сівби 25 серпня рівень клейковини становив 23,2 %, тоді як за сівби 5 вересня – 24,8 %.

Таким чином, трансформація клімату, різкі зміни погоди й екстремальні явища, впровадження сучасних сортів [11] призвели до зміщення у бік пізніших оптимальних строків сівби пшениці м'якої озимої для отримання максимальних врожаїв і високої якості зерна в різних ґрунтово-кліматичних умовах.

Список використаних джерел:

1. Рекомендації щодо проведення комплексу осінньо-польових робіт в агроформуваннях Одеської області у 2018 році / В. М. Соколов та ін. Одеса: Астропринт, 2018.
2. *Environmental and economic assessment of sustainability in Mediterranean wheat production* / G. Falcone et al. *Agronomy Research*. 2019. Vol. 17 (1). P. 60–76. doi: 10.15159/AR.19.011
3. Ткачук В. П., Тимошук Т. М. Вплив строків сівби на продуктивність пшениці озимої. *Вісник аграрної науки*. 2020. № 3 (804). С. 38–44. doi: 10.31073/agrovisnyk202003-05
4. Ляшенко В. В., Маренич М. М. Вплив строків сівби на продуктивність посівів пшениці озимої. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2010. № 2. С. 46–50.
5. Шакалій С. М., Баган А. В., Барат Ю. М. Вплив строків сівби на урожайність і якість зерна пшениці озимої. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2020. № 1 (83). doi: 10.31548/dopovid2020.01.007
6. Дергачов О. Л. Строки сівби сортів пшениці м'якої озимої (*Triticum aestivum* L.) в умовах змін клімату. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. 2010. № 1. С. 33–37.
7. Уліч О. Л. Вплив строків сівби на реалізацію потенціалу продуктивності сучасних сортів пшениці м'якої озимої в умовах зміни клімату. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. 2014. № 4. С. 58–62.
8. Ярошенко С. С. Морозостійкість та зернова продуктивність пшениці озимої залежно від агротехнічних прийомів вирощування. *Зернові культури*. 2020. Том 4. № 1. С. 64–70. doi: 10.31867/64 2523-4544/0107
9. Кривенко А. І., Почколіна С. В., Безеде Н. Г. Урожайність та якість зерна перспективних сортів озимої пшениці за різними строками сівби в умовах Південного Степу України. *Таврійський науковий вісник*. 2019. № 107. С. 78–85.
10. Лихочвор В., Проць Р. Озима пшениця. Львів : Українські технології, 2002. 88 с.
11. Чайка Т. О. Екологічні наслідки традиційного сільського господарства. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2013. № 3. С. 95–99. doi: 10.31210/visnyk2013.03.18

ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ГІБРИДІВ СОНЯШНИКА ЗАЛЕЖНО ВІД БІОПРЕПАРАТІВ

Шакалій С. М., Бублик Р. Г. (м. Полтава)

Мінеральні добрива які існують не можуть забезпечити потреб рослин в усіх елементах живлення. Водночас використання мікродобрив може забезпечити рослини всіма необхідними мікроелементами. Вчені вважають, що використання мікродобрив та біопрепаратів зменшить залежність урожаю від факторів навколишнього середовища [1, 2].

Останніми роками досить поширеним заходом як в інтенсивних, так і адаптивних технологіях вирощування сільськогосподарських культур є застосування мікродобрив та біопрепаратів, які підвищують рівень використання рослинами ресурсів ґрунту, забезпечують збільшення врожайності [3]. Отже, розроблення таких технологій вирощування потребує проведення досліджень, що будуть максимально наближеними до умов виробництва з визначенням ефективності використання, як окремих препаратів, так і їх комплексного використання, а також встановлення особливостей реакції сортів на кожен із препаратів [4].

Важливим елементом продуктивності посівів соняшника є густина рослин. На посівах гібриду Авалон 7 найбільша кількість рослин була на варіантах використання біопрепаратів Кайші та Мосо Фіх – 45,2 та 44,8 тис. шт./га, відповідно. На посівах гібриду кількість рослин перед збиранням варіювала від 43,0 до 45,6 тис. шт./га. Аврора мав найвищі показники кількості рослин перед збиранням, від 41,6 тис.шт/га (на контролі) до 47,0 тис. шт./га (за використання Мосо Фіх).

Діаметр кошика за середніми даними не мав істотної відмінності, та коливався в межах 17,5 до 19,5 см, залежно від гібриду.

Інші показники структури врожаю також мали відмінності. Так от пустозерність кошика найменшою була по гібриду Аврора і становила від 2,4

до 1,6 %, залежно від біопрепаратів (табл. 1).

Таблиця 1

**Елементи структури врожаю рослин соняшника за роки досліджень
(середнє 2021-2023 рр.)**

Гібриди	Біопрепарати	Число рослин в період збирання, тис. шт./га	Діаметр кошика, см	Пустозерність кошика, %	Кількість насінин в 1 кошику	Маса насіння з кошика, г	Маса 1000 насінин, г
НК Делфі	Контроль	41,1	17,5	4,4	630	43,9	65,1
	Кайші	45,2	18,7	3,8	895	55,2	68,4
	Мосо Фіх	44,8	18,1	5,8	752	60,8	70,1
Фурор	Контроль	43,0	17,9	5,5	650	48,1	66,3
	Кайші	45,6	18,4	1,3	754	61,1	71,1
	Мосо Фіх	44,8	19,2	1,6	802	59,4	69,3
Аврора	Контроль	41,6	18,0	2,4	700	50,1	65,0
	Кайші	45,6	18,9	1,9	802	66,1	71,1
	Мосо Фіх	47,0	19,5	1,6	865	71,0	70,4

Найбільша кількість насінин в корзині спостерігається у гібридів Авалон 7 за використання біопрепарата Кайші – 895 штук та у гібрида Аврора за використання біопрепарата Мосо Фіх – 865 штук. За нашими даними за цим показником відзначено найбільшу відмінність у структурі врожаю між гібридами, що вивчаються, і багато в чому саме цим пояснюється перевага гібридів за загальною врожайністю з гектара залежно від біопрепарату.

За масою насіння з кошика можна виділити гібрид Аврора з масою 66,1 г (Кайші) та 71,0 г (Мосо Фіх). Найменшу масу насіння з одного кошика мали гібриди на контрольних варіантах. За проведеними дослідженнями більш високу масу 1000 насінин виявлено у гібридів з-за використання біопрепарату Кайші. Вона становила 68,4 г у гібриду НК Делфі, ФУРОР – 71,1 г, Аврора – 71,1 г.

Результати досліджень показують, що гібриди соняшника, що вивчаються, помітно різняться за продуктивністю посівів при вирощуванні.

Вплив біопрепаратів на врожайність гібридів соняшника за роки досліджень

Гібриди	Біопрепарати	Урожайність, т/га			
		2021 р.	2022 р.	2023 р.	середнє
НК Делфі	Контроль	2,6	2,7	2,8	2,7
	Кайші	3,3	3,2	3,1	3,2
	Мосо Фіх	3,3	3,1	3,0	3,1
Фурор	Контроль	2,7	2,7	2,6	2,7
	Кайші	3,2	3,1	3,0	3,1
	Мосо Фіх	3,1	3,0	2,9	3,0
Аврора	Контроль	2,7	2,6	2,6	2,6
	Кайші	3,1	3,0	2,9	3,0
	Мосо Фіх	3,1	3,0	3,1	3,1

Урожайність гібридів соняшника є основним показником дії біопрепаратів на рослини. В 2021 році в нас спостерігалася найвища врожайність по варіантам досліджень. У гібриду Авалон 7 урожайність на контролі була 2,6 т/га, а з-за використання біопрепаратів Кайші та Мосо Фіх – 3,3 т/га. Дещо меншою урожайність була в двої інших гібридів і становила від 2,7 т/га до 3,1 т/га за використання біопрепаратів. В порівнянні з 2021 роком урожайність 2022 та 2023 років була нижчою на 0,1 – 0,3 т/га. Вищими показники врожайності є при використанні біопрепаратів на всіх гібридах соняшника.

Для господарства за середньорічними даними є більш врожайним гібрид Авалон 7 з урожайністю 3,2 т/га при використанні біопрепарату Кайші.

Список використаних джерел:

1. Шакалій С.М. Вплив бактеріальних препаратів та мікродобрива на посівні якості насіння соняшнику. Вісник Центру наукового забезпечення АПВ Харківської області. Випуск 24. Харків. 2018. С. 127 – 135.
2. Кушніренко О. І. Вплив обробки насіння соняшнику бактеріальними препаратами на посівні та врожайні властивості. Селекція і насінництво. 2008. № 95. С. 203–207
3. Шакалій С. М., Юрченко С. О., Баган А. В., Шевченко В. В., Зароза А. О. Особливості росту та розвитку соняшника залежно від біопрепаратів. Вісник ПДАА. 2022. № 3. С. 11–17.
4. Олійні культури в Україні: навч. Посіб. М. М. Гаврилю та ін. Київ.: Основа, 2008. 420 с.

СПОСОБИ УДОБРЕННЯ ТА ЗАХИСТУ РІПАКУ ОЗИМОГО ЯК ФАКТОРИ ПІДВИЩЕННЯ ЙОГО ВРОЖАЙНОСТІ

Короткова І. В., Дробітько А. М., (м. Полтава)

Ріпак (*Brassica napus* L.) є одним із найважливіших видів *Brassica*, що належить до родини *Brassicaceae*, яка включає низку економічно важливих рослин у всьому світі. Ріпак (*Brassica napus* L.) є другою в світі олійною культурою, на яку припадає майже 12% світового виробництва рослинної олії, яка використовується в харчовій промисловості та для виробництва біопалива. Нехарчова ріпакова олія вважається придатною для виробництва біодизеля, частка якого складає 50–70% загального обсягу європейського виробництва біодизеля [1–4]. Загальносвітове виробництво цієї культури становить приблизно 76,2 млн тон, а площа посівів сягає 34,7 млн га та має тенденцію до збільшення. Постійне зростання попиту на виробництво ріпаку вимагає детальнішого вивчення елементів агрономічної практики для забезпечення найвищих врожаїв належної якості при оптимізації витрат [2, 4].

Норма внесення добрив і засобів захисту є одними з вирішальних факторів вирощування, які контролюють ріст ріпаку та формування врожаю [1, 4]. Автори дослідження [5] встановили, що на ріст і врожайність насіння ріпаку суттєво впливають норми азотних добрив і щільність посадки. При цьому максимальна врожайність (2,25 т/га) досягається при внесенні азоту у нормі 270 кг/га за густоти $40\text{--}60 \times 10^4$ рослин/га. З іншого боку, застосування поживних речовин N, P, K, S і B у збалансованих формах відіграє вирішальну роль у підвищенні продуктивності та покращенні якості насіння ріпаку озимого [1, 4, 6].

Вплив різних рівнів удобрення та густоти посіву на врожайність насіння ріпаку озимого досліджено у польових експериментах авторами роботи [7]. Були досліджені 5 варіантів доз добрив і 6 варіантів густоти посіву. Результати

показали, що існує тісний зв'язок між урожайністю насіння та рівнем удобрення \times густоту посіву.

За використання рівня удобрення, що включало $N=120$ кг/га, $P_2O_5=60$ кг/га, $K_2O=105$ кг/га, $S=7,50$ кг/га, $B=0,60$ кг/га, урожайність насіння ріпаку озимого зростала зі збільшенням густоти посіву. Застосування системи удобрення $N=180$ кг/га, $P_2O_5=90$ кг/га, $K_2O=157,5$ кг/га, $S=11,25$ кг/га, $B=0,90$ кг/га спричинило зниження врожайності насіння, коли густина посіву перевищувала $37,5 \times 10^4$ рослин/га.

Випробувані рівні внесення добрив спричинили суттєве зростання врожайності насіння ріпаку озимого, але густина рослин внесла свої корективи. Так, найвищий урожай насіння був зафіксований за максимального удобрення $N=240$ кг/га, $P_2O_5=120$ кг/га, $K_2O=210$ кг/га, $S=15$ кг/га, $B=1,20$ кг/га за різної густоти: 15×10^4 рослин/га – 2,49 т/га; $7,5 \times 10^4$ рослин/га – 2,31 т/га; $37,5 \times 10^4$ рослин/га – 2,30 т/га; а також за удобрення $N=180$ кг/га, $P_2O_5=90$ кг/га, $K_2O=157,5$ кг/га, $S=11,25$ кг/га, $B=0,90$ кг/га і густоти 45×10^4 рослин/га – 2,30 т/га. Мінімальний врожай отримано за неудобреного ґрунту.

Також доцільно відмітити, що ріпак озимий особливо чутливий до негативної дії різних чинників, які можуть призвести до зниження врожаю насіння, а саме: шкідників – втрата врожаю може становити 30–40 %, хвороби – 30–80 %, засміченість посівів бур'янам – 20–30 %. Таким чином, за рахунок інтенсифікації захисту рослин можна збільшити виробництво ріпаку щонайменше на 25–50 % [8].

Обмеження бур'янів за рахунок застосування хімічних пестицидів є ефективним, якщо гербіциди підібрано правильно та дотримано рекомендацій із застосування. Для максимального обмеження ураження посівів бур'янами протягом вегетаційного періоду необхідно проводити дворазове, а іноді й триразове обприскування посівів [9].

У дослідженні [10] показано, що після проведеної обробки посівів ріпаку

озимого гербцидом Тайфун (2,0 л/га) забур'яненість зменшилась на 79 % у порівнянні з контролем. Після внесення страхового гербциду Слеш (1,0 л/га) залишились тільки злакові бур'яни. Доведено, що за систематичного застосування гербцидів, можна отримати більшої висоти рослин ріпаку озимого та кращого їх розгалуження. Найбільшу кількість насіння ріпаку озимого отримано за 2 роки досліджень за умов послідовного внесення гербцидів Тайфун (1,6 л/га) та Слеш (0,75 л/га). Доцільно відмітити підвищення вмісту олії в ріпаку озимому до рівня 46,4–46,7 % при урожайності культури 1,57–1,94 т/га внаслідок зниження рівня забур'яненості.

З урахуванням вищезазначеного, на посівах ріпаку озимого високоврожайного середньостиглого гібриду Мерседес у ґрунтово-кліматичних умовах Миргородського району Полтавської області в 2023 році було проведено удобрення та використання засобів захисту, що відображено у дослідженні [11]. На початку поточного року для забезпечення оптимальної кількості основних елементів живлення рослин та їх захисту нами внесено:

2-й декада лютого: КАС-32 (400 кг);

1-а декада квітня: інсектициди Юні-Лямбда (0,2 л/га), Юні-Теб (0,3 л/га); гербцид Слеш (1,2 л/га);

1-а декада травня: інсектицид Біскайя (0,34 л/га); фунгіциди Юні-Теб (0,38 л/га), Юні-Протіо (0,176 л/га); мікродобриво Ниватон Бор (1л/га).

Таким чином, задля забезпечення високої врожайності насіння ріпаку озимого необхідно забезпечити рослини оптимальними нормами поживних речовин (N, P, K, S і B) у збалансованих формах, захистити посіви від бур'янів, шкідників і хвороб з урахуванням правильно підібраних препаратів і норм їх внесення, дотримання рекомендацій із застосування.

Список використаних джерел:

1. Liu Q. et al. Yield loss of oilseed rape (*Brassica napus* L.) under nitrogen deficiency is associated with under-regulation of plant population density. *European Journal of Agronomy*. 2019. Vol. 103. P. 80–89.
2. Ren T. et al. Differences in soil nitrogen transformation and the related seed yield of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) under paddy-upland and continuous upland rotations. *Soil*

and Tillage Research. 2019. Vol. 192. P. 206–214. 3. Wang L. et al. Herbicide and nitrogen rate effects on weed suppression, N uptake, use efficiency and yield in winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Global Ecology and Conservation*. 2019. Vol. 17, e00529. 4. Ren T. et al. Optimal plant density and N fertilization to achieve higher seed yield and lower N surplus for winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Field Crops Research*. 2017. Vol. 204. P. 199–207. 5. Wang C. C. et al. Growth and yield formation of no-tillage direct-seeding rapeseed in Hubei double cropping rice area. *Acta Agronomica Sinica*. 2011. Vol. 37 (4). P. 694–702. 6. Rathke G. W. et al. Integrated nitrogen management strategies to improve seed yield, oil content and nitrogen efficiency of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.): a review. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2006. Vol. 117 (1–2). P. 80–108. 7. Tian C. et al. Balanced fertilization under different plant densities for winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) grown on paddy soils in Southern China. *Industrial Crops and Products*. 2020. Vol. 151, 112413. 8. Буткалюк Т. О., Вергелес П. М., Пінчук Н. В., Коваленко Т. М. Альтернатива ярого ріпаку та оцінка особливостей його розвитку і шкодочинності в умовах дослідного поля ВНАУ. *Сільське господарство та лісівництво*. 2018. № 9. С. 112–122. 9. Сторчоус І.М. Щоб зимуючі бур'яни не перезимували. *Agroexpert*. 2017. № 9. С. 47–51. 10. Okrushko S., Shcatula Y. The effect of herbicides and growth regulator on the yield of winter rapeseed. *Agriculture and Forestry*. 2022. Vol. 4 (27). P. 128–142. 11. Короткова, І. В., Дробітько, А. М. Вплив способу сівби й удобрення на входження в зиму ріпаку озимого в умовах Лісостепу України. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (1). С. 47–52. <https://doi.org/10.31210/spi2024.27.01.08>

ВПЛИВ АЗОТНИХ ДОБРІВ ТА ІНГІБІТОРІВ НІТРИФІКАЦІЇ НА ФАЗИ РОЗВИТКУ ПРИ ВИРОЩУВАННІ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО

Короткова І. В., Біднина В. Ю., (м. Полтава)

Інгібітори нітрифікації – це хімічні речовини, які сповільнюють або затримують процес нітрифікації, тим самим зменшуючи ймовірність того, що великі втрати азоту відбудуться до того, як даний важливий елемент живлення буде поглинений рослинами [1, 2]. Сьогодні в середньому 25 % доступного для рослин азоту в ґрунтах (амонію та нітратів) походить від розкладання (мініралізації) органічних сполук азоту в гумусі, рослинних і тваринних рештків й органічних добрив, 5 % – від азоту в опадах і 70 % – від внесених неорганічних азотних добрив. У ґрунті органічний азот перетворюється на амоній завдяки мікробному розкладанню. Найбільше інгібітори нітрифікації мають бути застосовані, коли очікуються високі втрати NO_3^- – через вимивання або денітрифікацію, включаючи такі умови: дренажні ґрунти, коли потенціал вимивання високий, вологі або погано дренажні ґрунти та поля з

передпосівним внесенням азоту [3]. З іншого боку, інгібітори нітрифікації зазвичай є найменш цінними, коли втрати NO_3^- малоімовірні, наприклад, коли азот вноситься під підживлення, оскільки він буде використаний культурою [4].

У 2004 році мета-аналіз сотень порівнянь у різноманітних середовищах показав, що використання інгібіторів нітрифікації забезпечує збільшення утримання азоту в ґрунті в середньому на 28 % і зменшення вимивання на 16 %. Щодо викидів оксиду азоту, то їх обсяг може бути зменшений в середньому понад 50 %, що свідчить про ефективність дії інгібіторів нітрифікації як уповільнювачів викидів парникових газів у сільському господарстві [5].

Проведені нами раніше дослідження на чорноземах типових малогумусних і сильно реградованих (с. Гоголеве, Шишацький район Полтавської області) засвідчили, що внесення КАС-32 разом з інгібітором нітрифікації Ultra Boost for NH_3 під основний обробіток ґрунту має позитивний вплив на вміст азоту в ґрунті. Вміст азоту на чотирьох дослідних ділянках збільшився в середньому на 13,4–28,4 % в залежності від глибини шару ґрунту, найбільший вміст азоту спостерігали на глибині 0–20 см [6, 7].

На дослідних ділянках ВП «Гоголеве» ТОВ «Агрофірма імені Довженка» 8 квітня 2024 року проведено посів кукурудзи гібриду RGT Ліпеккс (ФАО 290). Норма висіву – 72 тис. шт./га сівалкою HORSH Maestro 24SW з трактором John Deere 8345 R. Весняні агротехнічні заходи передбачали: 14 березня – боронування (закриття вологи) бороною шлейфовою зубовою БШЗ 21 з трактором John Deere 8345 R; 7 квітня – передпосівну культивування LEMKEN Gigant 10/1000, шириною захвату 10 м, з трактором Fendt 936 Vario; 9 квітня – внесення ґрунтового гербіциду Аценіт А (2 л/га) самохідним обприскувачем John Deere 4730 (вилиття робочої рідини – 200 л/га); 3 травня – внесено страхові гербіциди Пріма (0,5 л/га), Міладар (1,2 л/га) і Тренд 90 (0,2 л/га) самохідним обприскувачем John Deere 4730 (вилиття робочої рідини – 150 л/га).

Гібрид кукурудзи RGT Ліпеккс належить до середньоранньої групи стиглості, поєднує стійкість до несприятливих погодніх умов і пластичність до вирощування в різних ґрунтово-кліматичних умовах. Сівба за раннього строку (8 квітня) не має вплинути на його продуктивність, яка є стабільно високою за всіх строків сівби, як доведено в роботі [8]. В таблиці наведені дані щодо густоти сходів й фази розвитку рослин кукурудзи станом на 16 квітня на чотирьох дослідних ділянках.

Таблиця

Дослідження густоти сходів і фази розвитку рослин кукурудзи гібриду RGT Ліпеккс

Дослідні ділянки	Густота сходів, тис. шт./га	Фази розвитку за шкалою BBCH
I ділянка – КАС-32 (300 кг/га) + Ultra Boost for NH ₃ (1,5 л/га)	69	BBCH 14
II ділянка – КАС-32 (250 кг/га) + Ultra Boost for NH ₃ (1,5 л/га)	64	BBCH 14
III ділянка – КАС-32 (150 кг/га) + Ultra Boost for NH ₃ (1,5 л/га)	66	BBCH 13
IV ділянка – КАС-32 (300 кг/га) (контроль)	68	BBCH 14

Як видно з наведених показників, найбільша густота сходів рослин спостерігалась на I і IV ділянках – 69 і 68 тис. шт./га, відповідно. Дані ділянки удобрювались КАС-32 у поєднанні з Ultra Boost for NH₃ (I) та чистою КАС-32 (IV, контроль). Дещо нижчою (на 2,9 % менше від контролю) густота сходів визначена на III ділянці, з найменшою дозою КАС-32, та мінімальна – на II ділянці (94,1 % від контролю).

Дані таблиці дозволяють також зробити аналіз впливу форм удобрення на фази розвитку рослин кукурудзи і виявити роль інгібіторів нитрифікації. Фазу в 4 листка отримано за внесення КАС-32 у нормі 300 і 250 кг/га (I, IV і II

ділянки), тоді як за норми 150 кг/га рослини досягли лише фенологічної фази 3 листка (ВВСН 13).

Таким чином, задля забезпечення рослин кукурудзи необхідною кількістю азоту, що сприяє інтенсифікації росту рослин, рекомендованим агротехнічним заходом може бути внесення КАС-32 у нормі 300 і 250 кг/га разом з інгібітором нітрифікації Ultra Boost for NH₃.

Список використаних джерел:

1. Neison D. W. et al. Nitrification Inhibitors for Corn Production. National corn handbook. URL: <https://store.extension.iastate.edu/Product/Nitrification-Inhibitors-for-Corn-PDF>.
2. Common Nitrogen Fertilizers and Stabilizers for Corn Production. URL: https://www.pioneer.com/us/agronomy/common_n_fertilizers_stabilizers.html
3. Jescke M. Nitrogen Fertilizers and Stabilizers for Corn Production. URL: https://www.pioneer.com/us/agronomy/common_n_fertilizers_stabilizers.html.
4. Ruark M. Advantages and disadvantages of controlled-release fertilizers. Presentation to Wisconsin Fresh Fruit and Vegetable Conference, 1/17/2012. Dept. of Soil Science, University of Wisconsin, Madison.
5. Wolt J. A meta-evaluation of nitrapyrin agronomic and environmental effectiveness with emphasis on corn production in the Midwestern USA. Nutrient Cycling in Agroecosystems. 2004. Vol. 69. P. 23–41.
6. Короткова І. В., Біднина В. Ю. Вплив азотних добрив та інгібіторів нітрифікації на вміст азоту в ґрунті при вирощуванні кукурудзи. Таврійський науковий вісник. 2024. № 135 (1). С. 98-105.
7. Короткова І. В., Біднина В. Ю. Вплив інгібіторів нітрифікації на вміст азоту в ґрунті при вирощуванні кукурудзи на зерно. Горизонти розвитку сільськогосподарського виробництва та переробки в Україні (до дня пам'яті д-ра с.-г. наук, професора, академіка Пелиха В. Г.) : матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. / за ред. Пелих Н. Л., Ушакова С. В. Кропивницький: ХДАЕУ, 2024. С. 159–161.
8. Куценко О. М., Ляшенко В. В., Чайка Т. О., Кеда Л. Ю. Особливості росту, розвитку та формування продуктивності гібридів кукурудзи залежно від строку сівби. Таврійський науковий вісник. 2023. № 134. С. 79–88.

ВПЛИВ НОРМИ ВНЕСЕННЯ АЗОТУ НА ГУСТОТУ СХОДІВ І ФАЗИ РОЗВИТКУ КУКУРУДЗИ

Короткова І. В., Ляхно А. Ю., (м. Полтава)

Густота посіву та кількість внесених азотних добрив безпосередньо впливають на якість посівів кукурудзи. Серед всіх мінеральних елементів азот визначає близько 45 % її урожайності [1]. З постійним збільшенням норм внесення азотних добрив при вирощуванні кукурудзи в останні роки рівень засвоєння рослинами азоту знизився до 40–60 % [2]. Це не тільки спричиняє величезну втрату ресурсів добрив, але й збільшує вартість виробництва

культури та суттєво впливає на якість продукції [3]. В результаті постає питання визначення оптимальних форм азотних добрив, їх дозування та періоду внесення для забезпечення оптимізації врожайності кукурудзи, забезпечення мінімізації втрат азоту, що підвищення ефективності його поглинання рослинами у відповідних ґрунтово-кліматичних умовах [4]. Таким чином, координація зв'язку між процесом зростання кукурудзи й ефективністю використання азоту є ключем до вискоефективної та високоврожайної технології вирощування за одночасного зниження забруднення навколишнього середовища [5].

Густота рослин впливає на накопичення та транспортування азоту, обумовлюючи виробництво та транспортування сухої речовини [6]. Загущення посівів збільшує потребу популяцій рослин в азоті, але також знижує їх стійкість до високих рівнів азоту. Дослідження свідчать, що густота посівів кукурудзи пропорційна ефективності використання азоту рослиною, ефективності його поглинання й індексу врожаю, але після певної густоти зазначені показники зменшуються [7, 8]. В умовах загущення метаболізм азоту в рослинах є більш інтенсивним і споживається надлишок продуктів фотосинтезу, що обмежує обсяг врожаю [9]. Густота рослин та норми внесення азотних добрив мають критичний вплив на ефективність використання світла та врожайність кукурудзи. Таким чином, актуальним питанням є контроль густоти рослин та раціональний розподіл кількості азотних добрив для забезпечення швидкого перетворення світлової енергії кукурудзою, що сприяє тим самим збільшенню її врожайності [3].

У грудні 2023 року нами закладено досліди [10, 11] щодо визначення впливу внесених різних форм азотних добрив на вміст азоту в ґрунті на різних ґрунтових горизонтах. Найбільший вплив на накопичення азоту в ґрунті спостерігали при застосування КАС-32 одразу після внесення (200 кг/га), тоді

як безводний аміак (85 кг/га) і карбамід (150 кг/га) впливають на вміст азоту через 7–14 днів.

На дослідних ділянках ВП «Гоголеве» ТОВ «Агрофірма імені Довженка» (с. Гоголеве, Шишацький район Полтавської області) 12 квітня 2024 року проведено посів кукурудзи гібриду RGT Макксалія (ФАО 250). Норма висіву – 60 тис. шт./га. Посів проводили сівалкою KINZE 3600 з трактором John Deere 8345 R. Попередньо було проведено: 11 березня – боронування (закриття вологи) бороною шлейфовою зубовою БШЗ 21 з трактором John Deere 8345 R; 9 квітня – передпосівну культивуацію LEMKEN Gigant 10/1000, шириною захвату 10 м, з трактором Fendt 936 Vario; 13 квітня – внесення ґрунтового гербіциду Аценіт А (2 л/га) самохідним оприскувачем John Deere 4730 (вмтрати робочої рідини – 200 л/га).

Гібрид кукурудзи RGT Макксалія є середньораннім, придатним для всіх зон вирощування, а раннє ФАО сприяє кращому подоланню критичних періодів під час вегетації [12]. Сівба за раннього строку не має вплинути на його продуктивність, яка є стабільно високою, як було встановлено, за всіх строків сівби [13]. 20 квітня було отримано сходи кукурудзи на чотирьох дослідних ділянках з різною густиною сходів залежно від форми внесених азотних добрив, як показано на Рисунку. З наведених даних можна проаналізувати фази розвитку рослин кукурудзи залежно від форми внесених азотних добрив.

Враховуючи результати досліджень Полтавської ДСГДС ім. М. І. Вавилова, максимальна продуктивність посівів кукурудзи середньоранньої групи стиглості в умовах Лісостепу досягається за густоти стояння рослин в 55–60 тис. шт./га [14]. Отримані показники густоти сходів рослин гібриду RGT Макксалія свідчать, що найбільш сприятливими формами азотних добрив можна вважати безводний аміак (85 кг/га) та КАС-32 (200 кг/га), які забезпечують густоту сходів у 56 і 55 тис. шт./га, відповідно. Також, за використання цих форм азотних добрив рослини кукурудзи досягли найбільшої

фенологічної фази 4 листка. Внесення карбаміду (150 кг/га) забезпечило найменшу густоту сходів (54 тис. шт./га) та фенологічну фазу 3 листка, тоді як без удобрення рослини досягли лише фази 2 листка.

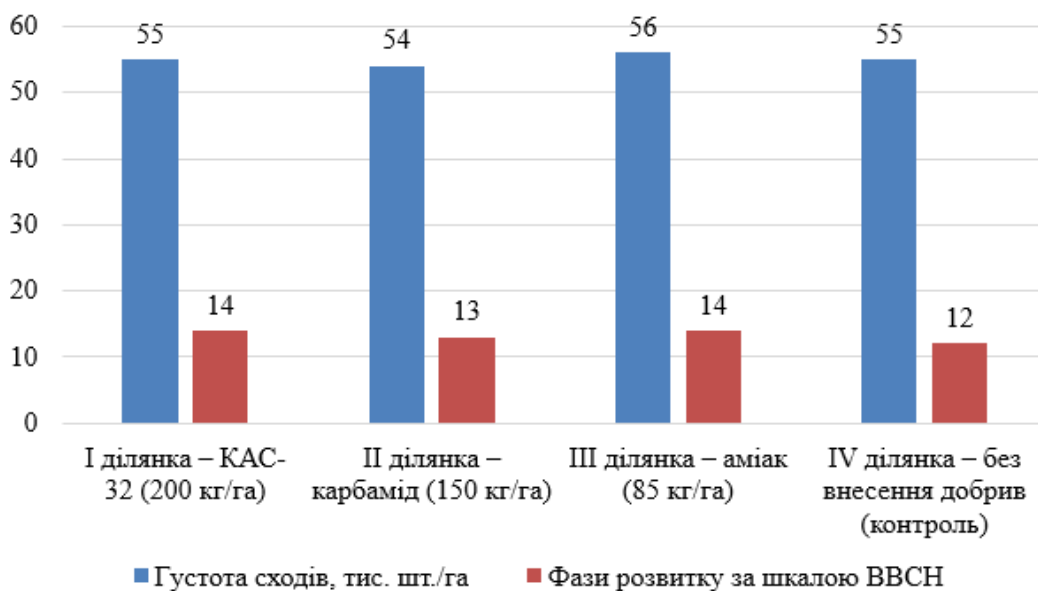


Рис. Вплив форм азотних добрив на густоту сходів і фази розвитку рослин кукурудзи гібриду RGT Максалия

Таким чином, для забезпечення максимальної ефективності використання азотних добрив необхідно визначити найбільш результативні їх форми з урахуванням природно-кліматичних і ґрунтових умов, дотримуватись строків сівби й густоти стояння рослин, що забезпечить ефективне використання запасів продуктивної вологи та поживних речовин ґрунту, високу фотосинтетичну активність листкової поверхні, реалізацію генетичного потенціалу гібридів кукурудзи.

Список використаних джерел:

1. Maddonni G., Otegui M. Leaf area, light interception, and crop development in maize. *Field Crops Res.* 1996. Vol. 48. P. 81–87.
2. Maddonni G., Otegui M., Cirilo A. Plant population density, row spacing and hybrid effects on maize canopy architecture and light attenuation. *Field Crops Res.* 2001. Vol. 71. P. 183–193.
3. Meng C. et al. Effects of Planting Density and Nitrogen (N) Application Rate on Light Energy Utilization and Yield of Maize. *Sustainability.* 2022. Vol. 14 (24), 16707.
4. Ladha J. K. et al. Efficiency of fertilizer nitrogen in cereal production: Retrospects and prospects. *Advances in Agronomy.* 2005. Vol. 87. P. 85–156.
5. Qiu S. J. et al. Impact of nitrogen rate on maize yield and nitrogen use efficiencies in northeast China. *Agronomy Journal.* 2005. Vol. 107 (1). P. 305–313.
6. Battaglia M., Lee C., Thomason W., Van Mullekom J. Effects of corn row

width and defoliation timing and intensity on canopy light interception. Crops Sci. 2019. Vol. 59. P. 1718–1731. 7. Awal M., Ikeda T. Effect of elevated soil temperature on radiation-use efficiency in peanut stands. Agric. For. Meteorol. 2003. Vol. 118. P. 63–74. 8. Jahan M., Mahallati M. N., Amiri M., Ehyayi H. Radiation absorption and use efficiency of sesame as affected by biofertilizers inoculation in a low input cropping system. Ind. Crops Prod. 2013. Vol. 43. P. 606–611. 9. Huang M., Chen J., Cao F., Zou Y. Increased hill density can compensate for yield loss from reduced nitrogen input in machine-transplanted double-cropped rice. Field Crops Res. 2018. Vol. 221. P. 333–338. 10. Короткова І. В., Ляхно А. Ю. Динаміка вмісту азоту у ґрунті залежно від форм азотних добрив при вирощуванні кукурудзи на зерно. Аграрні інновації. 2024. № 1. 11. Короткова І. В., Ляхно А. Ю. Застосування азотних добрив при вирощуванні кукурудзи на зерно. Горизонти розвитку сільськогосподарського виробництва та переробки в Україні (до дня пам'яті д-ра с.-г. наук, професора, академіка Пелиха В. Г.) : матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. / за ред. Пелих Н. Л., Ушакова С. В. Кропивницький: ХДАЕУ, 2024. С. 165–166. 12. РЖТ Макксалія. URL: <https://www.eridon.ua/rjt-makksaliya>. 13. Куценко О. М., Ляшенко В. В., Чайка Т. О., Кеда Л. Ю. Особливості росту, розвитку та формування продуктивності гібридів кукурудзи залежно від строку сівби. Таврійський науковий вісник. 2023. № 134. С. 79–88. 14. Гангур В. Кукурудза на зерно: кращі строки сівби і оптимальна густина стояння рослин для Лівобережного Лісостепу. URL: <https://agronomy.com.ua/statti/zernovi-kultury/366-kukurudza-na-zerno-krashchi-stroky-sivby-i-optymalna-hustota-stoiannia-roslyn-dlia-livoberezhnoho-lisostepu.html>.

ВПЛИВ САЛІЦИЛОВОЇ КИСЛОТИ НА РІСТ КОРЕНІВ ТА ЗАГАЛЬНУ БІОМАСУ ПРОРОСТКІВ ПШЕНИЦІ

Дробаха А.В., Тристан Д.В., Короткова І.В. (м. Полтава)

Саліцилова кислота (СК) – це фенольна сполука, продукт вторинного метаболізму, присутня в рослинних тканинах. СК регулює ріст рослин і підвищує врожайність за низьких екзогенних концентрацій. Ця сполука впливає на довжину, вагу, діаметр і площу коренів, змінюючи їхню морфологію, а також збільшує свіжу і суху біомасу стебла та вміст поживних речовин у тканинах [3]. У рослинах саліцилова кислота є гормоном, який опосередковує захист рослини від патогенів. Вона також відіграє активну роль у реакції рослин на різні абіотичні стреси, включаючи охолодження, посуху, солоність і важкі метали [1]. Крім того, в останні роки численні дослідження підтвердили важливу роль СК в морфогенезі рослин. Вплив СК на ріст коренів рослин вивчається протягом десятиліть. Дослідження показують, що низькі концентрації СК можуть стимулювати ріст коренів, тоді як високі концентрації

можуть гальмувати цей процес, виявляючи токсичний ефект. Низькі концентрації СК можуть також підвищувати розгалуження коренів, що сприяє збільшенню поглинання води та поживних речовин з ґрунту.

Метою нашої роботи було дослідити вплив саліцилової кислоти на ріст коренів та загальну біомасу проростків пшениці. Експериментальну роботу проводили на базі навчально-наукової лабораторії Загальної біотехнології кафедри біотехнології та хімії Полтавського державного аграрного університету. Дослідження виконувалося за методикою д.б.н., професора Колупаєва Ю.Є [2].

Знезаражене насіння пшениці розкладали у чашки Петрі по 200 зернівок на 1 чашку, додали 5 мл дистильованої води. Насіння пророщували в термостаті за температури 24 °С протягом 2 діб. Отримані проростки приблизно однакового розміру розклали відповідно до дослідницьких варіантів (у трьох повтореннях) у чашки Петрі із двома шарами фільтрувального паперу:

1. Проростки пшениці 50 шт + 10 мл дистильованої води (контроль)
2. Проростки пшениці 50 шт + 10 мл р-ну СК ($C=10^{-5}$ моль/л)
3. Проростки пшениці 50 шт + 10 мл р-ну СК ($C=10^{-6}$ моль/л)
4. Проростки пшениці 50 шт + 10 мл р-ну СК ($C=10^{-7}$ моль/л)
5. Проростки пшениці 50 шт + 10 мл р-ну СК ($C=10^{-8}$ моль/л)
6. Проростки пшениці 50 шт + 10 мл р-ну СК ($C=10^{-9}$ моль/л)

Протягом 1 доби проростки інкубувалися у закритих чашках Петрі в термостаті за температури 24 °С. На четверту добу від початку експерименту була визначена біомаса пагонів і коренів проростків пшениці.

Аналізуючи дані досліджень було виявлено, що саліцилова кислота у концентраціях 10^{-5} та 10^{-6} моль/л виявляє фітотоксичний вплив на пагони та корені проростків пшениці (Рис.1).



Рис. 1. Проростки пшениці: ліворуч - контроль; праворуч - оброблені розчином саліцилової кислоти $C=10^{-5}$ моль/л

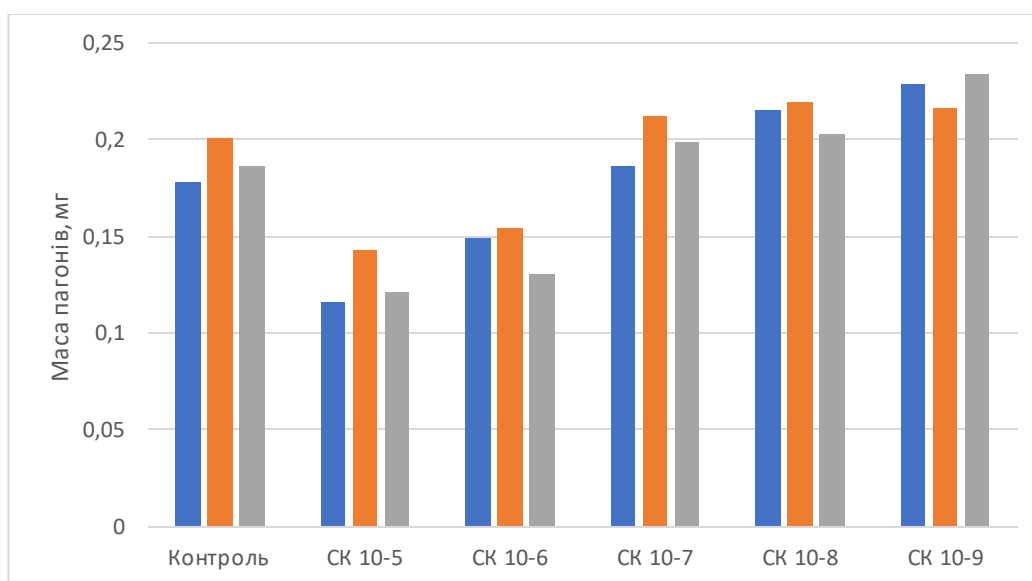


Рис. 2. Біомаса пагонів проростків пшениці

Саліцилова кислота у концентрації 10^{-9} моль/л виявила фітостимулюючий ефект, а також підвищила розгалуженість коренів, про що свідчать отримані дані представлені на Рис. 2 та Рис 3.

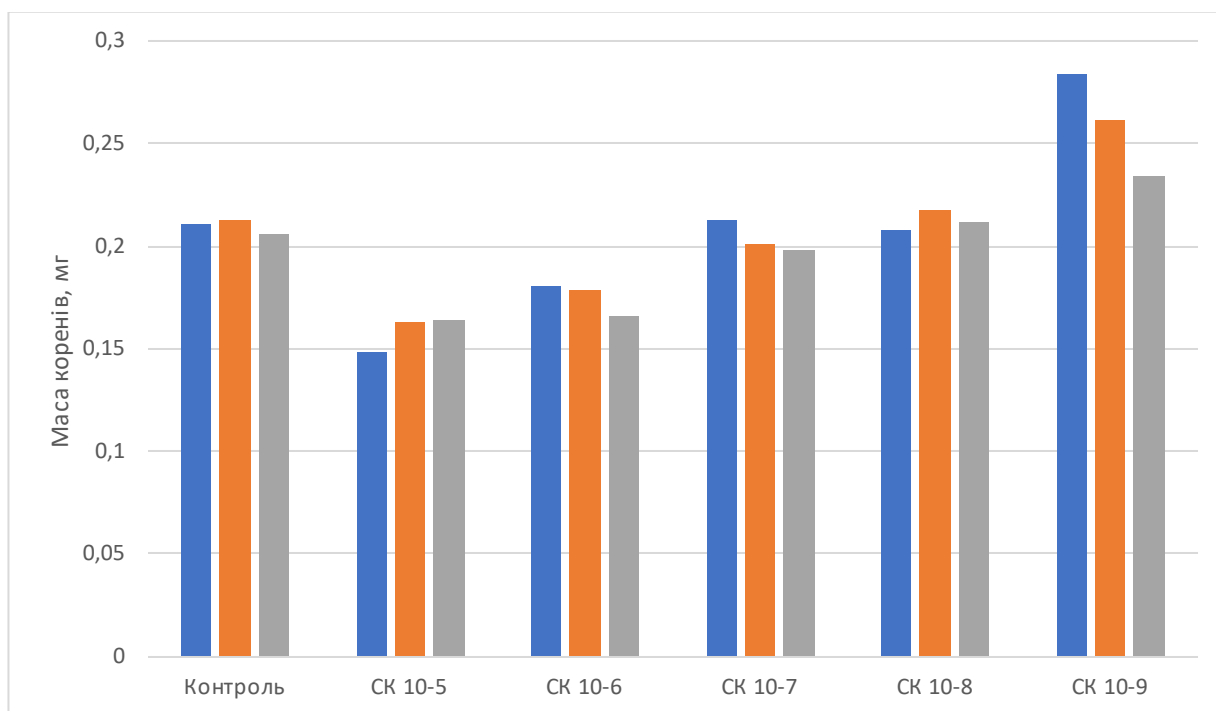


Рис. 3. Біомаса коренів проростків пшениці

Отже, встановлено, що саліцилова кислота у невеликих концентраціях має фітостимулюючий ефект на ріст пагонів та коренів проростків пшениці. Планується проведення подальших досліджень для вивчення її впливу на стійкість проростків до модельної посухи.

Список використаних джерел:

1. Kolupaev, Y. E., Karpets, Y. V., & Kabashnikova, L. F. (2019). Antioxidative system of plants: Cellular compartmentalization, protective and signaling functions, mechanisms of regulation. *Applied Biochemistry and Microbiology*, 55(5), 441-459.
2. Kolupaev, Y. E., Karpets, Y. V., Shkliarevskiy, M. A., Yastreb, T. O., Plohovska, S.H., Yemets, A. I., & Blume Y. B. (2022a). Gasotransmitters in plants: Mechanisms of participation in adaptive responses. *The Open Agriculture Journal*, 16(Suppl-1, M5), e187433152207050.
3. Kolupaev, Y. E., Kokorev, A. I., & Dmitriev, A. P. (2022b). Polyamines: Involvement in cellular signaling and plant adaptation to the effect of abiotic stressors. *Cytology & Genetics*, 56(2), 148-163.

ПДАУ 2024

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Артеп'єв Владисав Олегович – здобувач вищої освіти СВО Бакалавр Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава

Баган Алла Василівна – кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри селекції, насінництва і генетики Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава, +380663789871, allabagan@ukr.net

Баня Андрій Романович - кандидат біологічних наук, науковий співробітник Відділення фізико-хімії горючих копалин ІнФОВ ім. Л.М. Литвиненка Національної академії наук України, м. Львів, +380500891474, andrewbn199@gmail.com

Бараболя Ольга Валеріївна - кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри рослинництва Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава, +380676054086, Olga.barabolia@ukr.net

Барашков Микола Миколайович – доктор хімічних наук, професор, директор з наукової роботи корпорації MICRO TRACERS Inc. Сан-Франциско (США), 1370 Van Dyke Avenue, San Francisco, California 94124 USA

Баришніков Дмитро Олександрович – здобувач вищої освіти СВО Магістр Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава

Басюк Павло Леонідович – здобувач вищої освіти ступеня доктора філософії Білоцерківського національного аграрного університету, м. Біла Церква, +380967712464, info@plantonit.ua

Бейко Володимир Сергійович – здобувач вищої освіти ступеня доктора філософії Дніпровського державного аграрно-економічного університету, м. Дніпро, +380661732577, beiko@ukr.net

Бей Каріна Станіславівна – здобувач вищої освіти СВО Бакалавр Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава

Берест Володимир Петрович - доктор фізико-математичних наук, доцент, завідувач кафедри молекулярної і медичної біофізики Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна, м. Харків, +380679464815, berest@karazin.ua

ПДАУ 2024

Біднина Віталій Юрійович – здобувач вищої освіти ступеня доктор філософії Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава

Біленко Оксана Павлівна - кандидат сільськогосподарських наук, старший викладач землеробства і агрохімії ім. В.І.Сазанова Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава, +380993469053, oksana.bilenko@pdau.edu.ua

Бітюцький Володимир Семенович – доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувач кафедри екології та біотехнології Білоцерківського національного аграрного університету, м. Біла Церква, +380963747151, voseb@ukr.net

Благодарь Катерина Сергіївна – завідувач навчально-наукової лабораторії Загальної біотехнології кафедри біотехнології та хімії Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава, +380990343271, katerina.blagodar@ukr.net

Бордун Олександр Миколайович – кандидат сільськогосподарських наук, старший дослідник, завідувач лабораторією тваринництва і кормовиробництва Інституту сільського господарства Північного Сходу НААН, с. Сад, Сумська обл., +380680214824, alexandrbordun777@gmail.com

Боса Жанна Олександрівна – здобувач вищої освіти СВО Бакалавр Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава

Бублик Роман Геннадійович – здобувач вищої освіти СВО Магістр Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава

Бунякіна Наталія Володимирівна – кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри хімії та фізики Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», м. Полтава

Вакслер Євгеній Олексійович – молодший науковий співробітник ДНУ «НТК Інститут монокристалів» НАН України», м. Харків, +380982813503 vakslerea@gmail.com

Вахній Сергій Петрович – доктор сільськогосподарських наук, професор, професор кафедри технологій в рослинництві та захисту рослин Білоцерківського національного аграрного університету, м. Біла Церква, +380675024909, roslynnystvo@ukr.net

Гангур Володимир Васильович - доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, завідувач кафедри рослинництва Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава, +380501668501, volodymyr.hanhur@pdaa.edu.ua

Галаган Ростислав Левкович - старший викладач кафедри хімії та наноматеріалознавства Черкаського національного університету ім. Богдана Хмельницького, м. Черкаси, +380674532241, garol@ukr.net

Гарагуля Роман Олексійович – здобувач вищої освіти СВО Магістр Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава

Гасанова Ірина Іванівна - кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник провідний науковий співробітник Державної установи Інститут зернових культур Національної академії аграрних наук, м. Дніпро, +380689183852, gasanovai434@gmail.com

Галушко Ірина Андріївна -_здобувач вищої освіти СВО Бакалавр Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава

Глущенко Леонід Данилович – кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, старший науковий співробітник Полтавської державної сільськогосподарської дослідної станції ім. М.І. Вавилова ІС і АПВ НААН України, м. Полтава

Голік Юрій Степанович – кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри теплогазопостачання, вентиляції та теплоенергетики Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», м. Полтава

Горбань Олександр Сергійович – здобувач вищої освіти СВО Бакалавр Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава

Горбач Дмитро Анатолійович – здобувач вищої освіти СВО Бакалавр Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава

Грабовський Микола Борисович – доктор сільськогосподарських наук, професор, професор кафедри технологій в рослинництві та захисту рослин Білоцерківського національного аграрного університету, м. Біла Церква, +380669272921, nikgr1977@gmail.com

Грицай Кіріл Михайлович – здобувач вищої освіти Харківського національного автомобільно-дорожнього університету, м. Харків

ПДАУ 2024

Гудзенко Олена Володимирівна – кандидат біологічних наук, старший дослідник, старший науковий співробітник Інституту мікробіології і вірусології ім. Д.К.Заболотного НАН України, м. Київ, +380673904860, alena.gudzenko81@gmail.com

Данілова Тетяна Миколаївна – кандидат сільськогосподарських наук, доцент, завідувач кафедри технологій тваринництва і птахівництва Державного біотехнологічного університету, м. Харків, +380677147057, tehnoanimal@ukr.net

Jaisi Deb P. – Associate Professor of Environmental Biogeochemistry, Department of Plant and Soil Sciences, University of Delaware, Newark, USA

Дігтяр Сергій Вікторович – кандидат технічних наук, доцент кафедри екології та біотехнологій Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського, м. Кременчук, +380936343556, sergiusvictor@gmail.com

Дон Єлизавета Андріївна – здобувач вищої освіти СВО Бакалавр Національного університету харчових технологій, м. Київ, +380972711664, lizokdon03@gmail.com

Дробаха Анастасія Віталіївна – здобувач вищої освіти СВО Бакалавр Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава

Дробітько Антон Миколайович – здобувач вищої освіти ступеня доктор філософії Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава

Дрожчана Ольга Урешівна - старший викладач кафедри механічної та електричної інженерії Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава, +380661413901, olga_bgd@ukr.net

Дрючко Олександр Григорович – кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри автоматики, електроніки та телекомунікацій Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», м. Полтава, +380957730295, dog.chemistry@gmail.com

Єгорова Лілія Михайлівна - кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри хімії та хімічної технології Харківського національного автомобільно-дорожнього університету, м. Харків, +380504027895, lilyaegorova@ukr.net

ПДАУ 2024

Єремко Людмила Сергіївна – кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa Państwowy Instytut Badawczy, Puławy, Polska

Жалій Богдан Олександрович – викладач кафедри хімії Полтавського державного медичного університету, м. Полтава, +380984718721, bogdanzalij@gmail.com

Жила Павло Анатолійович – здобувач вищої освіти ступеня доктора філософії Дніпровського державного аграрно-економічного університету, м. Дніпро, +380661732577, zhyla@ukr.net

Жорник Ірина Іванівна - старший викладач кафедри гуманітарних і соціальних дисциплін Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава

Завенягіна Ганна В'ячеславівна - заступниця начальника Управління, начальниця відділу фітосанітарних заходів на кордоні Управління фітосанітарної безпеки Головного управління Держпродспоживслужби в Полтавській області, м. Полтава

Заїка Світлана Олександрівна - старший викладач кафедри комп'ютерних та інформаційних технологій і систем Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», м. Полтава, +380689217025, zaikasvetlana@gmail.com

Засуха Андрій Анатолійович – здобувач вищої освіти ступеня доктора філософії Білоцерківського національного аграрного університету, м. Біла Церква, +380680396391, agro2020@meta.ua

Звенігородська Таміла Владиславівна – кандидат ветеринарних наук, доцент, доцент кафедри хірургії та акушерства Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава

Іващенко Олена Дмитрівна – кандидат хімічних наук, доцент, завідувач кафедри хімії Полтавського державного медичного університету, м. Полтава, +380993004111, ivaschenko.151@gmail.com

Ільченко Марія Олександрівна – кандидат сільськогосподарських наук, старший дослідник, доцент кафедри біології продуктивності тварин імені академіка О.В. Квасницького Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава, +380506315824, mariia1984poltava@gmail.com

ПДАУ 2024

Irgibaeva Irina Smailovna - Doctor of science in chemistry, Professor of Chemistry Department, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Satpayev street, 2, 010000, NurSultan, Kazakhstan, irgsm@mail.ru

Іщук Оксана Василівна – кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри біоресурсів, аквакультури та природничих наук Поліського національного університету, м. Житомир, +380983254294, Ischuk_o@ukr.net

Канюка Олена Юріївна - завідувачка сектору біологічних досліджень та обліку Полтавського науково-дослідного експертно-криміналістичного центру МВС України, м. Полтава, +380665603145, olekanyuka@gmail.com

Карауш-Кармазін Наталія Миколаївна – кандидат хімічних наук, лаборант кафедри хімії та наноматеріалознавства Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького, м. Черкаси, karaush22@ukr.net

Карпенко Олена Володимирівна – доктор технічних наук, професор, завідувач відділу хімії і біотехнології горючих копалин Відділення фізико-хімії горючих копалин ІнФОВ ім. Л.М. Литвиненка Національної академії наук України, м. Львів, +380322635174, e.v.karpenko@gmail.com

Качан Леся Миколаївна – кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри технологій в рослинництві та захисту рослин Білоцерківського національного аграрного університету, м. Біла Церква, +380976491813, viddilaspirantura@ukr.net

Киричко Олена Борисівна – кандидат ветеринарних наук, доцент, доцент кафедри нормальної і патологічної анатомії та фізіології тварин Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава, +380677453548, olena.kyrychko@pdau.edu.ua

Китайгора Катерина Олегівна – здобувач вищої освіти СВО Магістр Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», м. Полтава

Ключка Лілія Вікторівна – старший викладач кафедри біотехнології і мікробіології Національного університету харчових технологій, м. Київ, +380667300233, liya.nikityuk@ukr.net

Коваль Володимир Олегович – здобувач вищої освіти СВО Бакалавр Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького, м. Черкаси, +380688552693, vova.koval.1235@gmail.com

ПДАУ 2024

Ковальова Ліліана Сергіївна – здобувач вищої освіти СВО Бакалавр Дніпровського державного аграрно-економічного університету, м. Дніпро, +380951965337, 8980373@student.dsau.dp.ua

Козак Леонід Андрійович - кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри технологій в рослинництві та захисту рослин Білоцерківського національного аграрного університету, м. Біла Церква, +380976491950, kla59@ukr.net

Кокорев Олександр Ігоревич – доктор філософії, старший науковий співробітник лабораторії фізіології та біохімії рослин Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва, м. Харків

Колупаєв Юрій Євгенович – доктор біологічних наук, професор, завідувач лабораторії фізіології та біохімії рослин Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва, м. Харків, професор кафедри захист рослин Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава

Компанієць Ірина Василівна - кандидат філологічних наук, доцент, доцент кафедри міжкультурної комунікації та іноземної мови Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, iryna.kompaniets@khpі.edu.ua

Кондратенко Сергій Іванович – доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, завідувач відділом селекції і насінництва овочевих і баштанних культур Інституту овочівництва і баштанництва НААН, сел. Селекційне, Харківська обл., +380686039277, shtirlitsmail@gmail.com

Кононенко Володимир Юрійович – здобувач вищої освіти СВО Магістр Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава

Копанцева Лариса Миколаївна – старший викладач кафедри хімії Полтавського державного медичного університету, м. Полтава, +380509138741, larisakopanceva@gmail.com

Корецька Наталія Ігорівна - кандидат технічних наук, науковий співробітник Відділення фізико-хімії горючих копалин ІнФОВ ім. Л.М. Литвиненка Національної академії наук України, м. Львів, +380322635174, natalya.koretska@gmail.com

Корінний Сергій Миколайович – кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, доцент кафедри біотехнології та хімії

ПДАУ 2024

Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава, +380668276735,
korinny_sergey@ukr.net

Корогодська Алла Миколаївна - доктор технічних наук, старший дослідник,
завідувач кафедри загальної та неорганічної хімії Національного технічного
університету «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, +380662296068,
alla-korogodskaya@ukr.net

Короткова Ірина Валентинівна – кандидат хімічних наук, доцент, професор
кафедри біотехнології та хімії Полтавського державного аграрного
університету, м. Полтава, +380507023858, 2irinakorotkova10@gmail.com

Кривобок Руслан Вікторович - кандидат технічних наук, старший науковий
співробітник, завідувач науково-дослідної частини Національного технічного
університету «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, +380996201578,
krivobok491@gmail.com

Крикунова Валентина Юхимівна – кандидат хімічних наук, доцент, професор
кафедри біотехнології та хімії Полтавського державного аграрного
університету, м. Полтава, +380668989576, valkrikunova@gmail.com

Кулик Олеся Геннадіївна – кандидат хімічних наук, доцент, заступник
завідувача відділення ДНУ «НТК Інститут монокристалів» НАН України», м.
Харків, olesia.g.kulyk@karazin.ua

Куленко Олена Анатоліївна - старший викладач кафедри хімії та методики
викладання хімії Полтавського національного педагогічного університету
імені В. Г. Короленка, м. Полтава, Chemikulenko@gmail.com

Куленко Роман Анатолійович - учитель хімії та інформатики Гряківської
загальноосвітньої школи І-ІІІ ступенів Чутівської селищної ради Полтавського
району Полтавської області, с. Грякове, Полтавська обл.

Кустовська Антоніна Дмитрівна – кандидат хімічних наук, доцент, завідувач
кафедри хімії і хімічної технології Національного авіаційного університету, м.
Київ, +380503812414, antonina.kustovska@npp.nau.edu.ua

Кутімов Антон Ядгарович – здобувач вищої освіти Полтавського державного
медичного університету, м. Полтава

Ласло Оксана Олександрівна – кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
доцент кафедри землеробства і агрохімії ім. В.І. Сазанова Полтавського

ПДАУ 2024

державного аграрного університету, м. Полтава, +380992814872,
oksana.laslo@pdau.edu.ua

Лахаєв Владислав Тарасович – здобувач вищої освіти СВО Магістр Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького, м. Черкаси, +380990123084, vlahaevkare@vu.cdu.edu.ua

Лень Олександр Іванович – кандидат сільськогосподарських наук, старший викладач кафедри рослинництва Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава, oleksandr.len@pdau.edu.ua

Литвин Валентина Анатоліївна – кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького, м. Черкаси, +380966105874, litvin_valentina@ukr.net

Лобурець Анатолій Тимофійович – кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри хімії та фізики Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», м. Полтава, +380684285863, anatollob@gmail.com

Лут Олена Артурівна - кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри хімії та наноматеріалознавства Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького, м. Черкаси, +380671314741, Lutlen@ukr.net

Луценко Микола Олександрович – здобувач вищої освіти СВО Бакалавр Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава

Ляхно Андрій Юрійович – здобувач вищої освіти ступеня доктор філософії Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава

Максимова Наталія Миколаївна – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри безпеки праці та охорони довкілля ТОВ «Технічний університет «Метінвест політехніка», м. Запоріжжя, +380978752952, natalya.maksimova@mipolytech.education

Максим'юк Василь Михайлович – кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник провідний науковий співробітник Інституту сільськогосподарства Карпатського регіону НААН, с. Оброшине, Львівська обл.

Максимюк Ганна Василівна – доктор біологічних наук, професор кафедри клінічної лабораторної діагностики ФПДО Львівського національного

ПДАУ 2024

медичного університет імені Данила Галицького, м. Львів,
hanna.maksymjuk@gmail.com

Miletto Ivana - Dr., Department of Pharmaceutical Sciences, Universita ` del
Piemonte Orientale, Largo Donegani 2, 28100 Novara, Italy

Маломижев Артем Сергійович – здобувач вищої освіти ступеня доктора
філософії Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава,
+380951285172, artem.malomyzhev@pdau.edu.ua

Манашина Діана Вячеславівна – здобувач вищої освіти СВО Бакалавр
Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава

Мацак Дмитро Анатолійович – здобувач вищої освіти СВО Магістр
Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава

Мельниченко Юлія Олександрівна – кандидат сільськогосподарських наук,
доцент, доцент кафедри екології та біотехнології Білоцерківського
національного аграрного університету, м. Біла Церква, +380976848492,
voseb@ukr.net

Mendigaliyeva Svetlana Samigulliyena – assistant, Chemistry Department, L.N.
Gumilyov Eurasian National University, Satpayev street, 2, 010000, Nur-Sultan,
Kazakhstan, svet_men@mail.ru

Метлицька Олена Іванівна – доктор сільськогосподарських наук, старший
науковий співробітник, головний судовий експерт сектору біологічних
досліджень та обліку Полтавського науково-дослідного експертно-
криміналістичного центру МВС України, м. Полтава, +380687109564,
metlitskaya.elena110@gmail.com

Микитенко Анжеліка Олександрівна – здобувач вищої освіти СВО Бакалавр
Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава

Мінаєв Борис Пилипович – доктор хімічних наук, професор, заслужений діяч
науки і техніки України, професор кафедри хімії та наноматеріалознавства
Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького, м.
Черкаси, +380970299860, bfmin43@ukr.net

Мінаєва Валентина Олександрівна – кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри хімії та наноматеріалознавства Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького, м. Черкаси, minaeva@cdu.edu.ua

Мовчан Олександр Сергійович – здобувач вищої освіти СВО Магістр Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава

Назаренко Микола Миколайович – доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувач кафедри селекції і насінництва Дніпровського державного аграрно-економічного університету, м. Дніпро, +380958485386, nik_nazarenko@ukr.net

Ненастіна Тетяна Олександрівна – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри хімії та хімічної технології Харківського національного автомобільно-дорожнього університету, м. Харків, +380509719415, nenastina@ukr.net

Німенко Сергій Сергійович - асистент кафедри технологій в рослинництві та захисту рослин Білоцерківського національного аграрного університету, м. Біла Церква, +380978667425, nimenko75@gmail.com

Окселенко Олег Миколайович – кандидат сільськогосподарських наук, доцент, докторант Дніпровського державного аграрно-економічного університету, м. Дніпро, +380661732577, okselenko@ukr.net

Олійниченко Єлизавета – Scientist of the University of the West of England (UWE) Bristol. UK

Олепир Роман Вікторович – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри землеробства і агрохімії ім. В.І.Сазанова Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава, +380969189508, roman.olepir@pdau.edu.ua

Онїпко Валентина Володимирівна – доктор педагогічних наук, професор, професор кафедри землеробства і агрохімії ім. В.І. Сазанова Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава, +380958804279, valentyyna.onipko@pdau.edu.ua

Охмакевич Анастасія Миколаївна – здобувач вищої освіти СВО Магістр Національного університету харчових технологій, м. Київ, +380959234331, anastasia01.roza@gmail.com

ПДАУ 2024

Павліченко Костянтин Васильович - асистент кафедри технологій в рослинництві та захисту рослин Білоцерківського національного аграрного університету, м. Біла Церква, +380637793137, pavlichienko.76@ukr.net

Паламаренко Ольга Вікторівна – кандидат біологічних наук, старший викладач кафедри лісівництва Національного лісотехнічного університету України, м. Львів, +380997795828, olgapal1982@gmail.com

Панченко Валентина Григорівна - кандидат хімічних наук, доцент, доцент закладу вищої освіти Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна, м. Харків, +380501626187, valentina.panchenko@karazin.ua

Панченко Олександр Олександрович – здобувач вищої освіти ступеня доктора філософії, лаборант кафедри хімії та наноматеріалознавства Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького, м. Черкаси, +380501831199 panchenko9b@gmail.com

Пасенко Альона Вікторівна – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри екології та біотехнологій Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського, м. Кременчук, +380507493818, pasenko2000@ukr.net

Петрушина Галина Олександрівна – кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри хімії Дніпровського державного аграрно-економічного університету, м. Дніпро, +380675236151, petrushyna.h.o@dsau.dp.ua

Пирог Тетяна Павлівна - доктор біологічних наук, професор, професор кафедри біотехнології і мікробіології Національного університету харчових технологій, провідний науковий співробітник відділу загальної та ґрунтової мікробіології Інституту мікробіології і вірусології НАН України, м. Київ, +380672595397, tapirog@nuft.edu.ua

Позняк Олександр Васильович - науковий співробітник Дослідної станції «Маяк» Інституту овочівництва і баштанництва НААН, сел. Крути, Чернігівська обл., +380674391175, dsmayak@ukr.net

Покиньброда Тетяна Ярославівна - кандидат технічних наук, старший науковий співробітник Відділення фізико-хімії горючих копалин ІнФОВ ім. Л.М. Литвиненка Національної академії наук України, м. Львів, +380322635174, pokynbroda@ukr.net

ПДАУ 2024

Прудніков Василь Григорович – доктор сільськогосподарських наук, професор, професор кафедри технології переробки та якості продукції тваринництва Державного біотехнологічного університету, м. Харків, +380679394020, prudnikov2648@gmail.com

Романюк Андрій Дмитрович – здобувач вищої освіти Харківського національного автомобільно-дорожнього університету, м. Харків

Ромашко Таміла Петрівна – кандидат хімічних наук, доцент, завідувач кафедри біотехнології та хімії Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава, +380662358227, tamila_romashko@ukr.net

Сахненко Микола Дмитрович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри фізичної хімії Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, +3805028989897, sakhnenko@kpi.kharkov.ua

Сахно Тамара Вікторівна – доктор хімічних наук, старший науковий співробітник, професор кафедри біотехнології та хімії Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава, +380993051665, sakhno2003@ukr.net

Сахно Юрій - Interdisciplinary Science and Engineering Laboratory, University of Delaware, Newark, DE 19716, USA

Світельський Микола Михайлович - кандидат сільськогосподарських наук, доцент, завідувач кафедри біоресурсів, аквакультури та природничих наук Поліського національного університету, м. Житомир

Свояков Ростислав Петрович – здобувач вищої освіти ступеня доктора філософії, молодший науковий співробітник ДНУ «НТК «Інститут монокристалів» НАН України», м. Харків, +380983042133, rostyslavsvojakov@gmail.com

Семенов Анатолій Олексійович – кандидат фізико-математичних наук, доцент, професор кафедри механічної та електричної інженерії Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава, +380509884435, asemen2015@gmail.com

Склезь Леонід Леонідович – здобувач вищої освіти СВО Магістр Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава

ПДАУ 2024

Slawinska Anna - Dr hab., professor Nicolaus Copernicus University, Torun, Poland

Соловійов Веніамін Васильович – доктор хімічних наук, професор, завідувач кафедри хімії та фізики Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», м. Полтава

Соломаха Владислава Анатоліївна – здобувач вищої освіти СВО Бакалавр Полтавського державного медичного університету, м. Полтава

Стадницька Ольга Ігорівна – кандидат сільськогосподарських наук, старший дослідник, провідний науковий співробітник Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН, с. Оброшине, Львівська обл., +380677471836, stadnytskaolha@ukr.net

Стрижак Діана Олександрівна - здобувач вищої освіти ступеня доктора філософії Полтавського національного педагогічного університету імені В.Г. Короленка, м. Полтава, dianastr2014@gmail.com

Стрижак Світлана Володимирівна - кандидат педагогічних наук, доцент, доцент кафедри хімії та методики викладання хімії Полтавського національного педагогічного університету імені В. Г. Короленка, м. Полтава

Сухина Марина Сергіївна – здобувач вищої освіти СВО Бакалавр Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького, м. Черкаси, +380686542557, marynasukhyina@gmail.com

Татарець Анатолій Леонідович – кандидат хімічних наук, старший дослідник, завідувач відділу люмінесцентних матеріалів та барвників ДНУ «НТК Інститут монокристалів» НАН України», м. Харків, +380977566276, tatarets@isc.kh.ua

Теренько Анатолій Романович – здобувач вищої освіти СВО Бакалавр Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава

Тітаренко Олена Вікторівна – кандидат ветеринарних наук, доцент, доцент кафедри інфекційної патології, гігієни, санітарії та біобезпеки Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава, +380669065481, olena.titarenko@pdau.edu.ua

Ткачук Наталія Василівна – кандидат біологічних наук, доцент, доцент кафедри біології Національного університету «Чернігівський колегіум» імені Т.Г. Шевченка, м. Чернігів, +380661730260, nataliia.smykun@gmail.com

Ткачук Олег Вячеславович – здобувач вищої освіти Національного університету «Чернігівський колегіум» імені Т.Г. Шевченка, м. Чернігів

Токарчук Тетяна Сергіївна – кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри гігієни тварин та ветеринарного забезпечення кінологічної служби Національної поліції України Подільського державного аграрно-технічного університету, м. Кам'янець-Подільський, +380961034930, ttocarchuk@gmail.com

Тристан Дар'я Володимирівна – науковий співробітник лабораторії Загальної біотехнології кафедри біотехнології та хімії Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава, +380955579504, daria.trystan18@gmail.com

Халак Віктор Іванович – кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, завідувач лабораторії тваринництва Державної установи Інститут зернових культур НААН, м. Дніпро, +380678924404, v16kh91@gmail.com

Хмельова Олена Володимирівна – кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри фізіології, біохімії тварин і лабораторної діагностики Дніпровського державного аграрно-економічного університету, м. Дніпро, +380957193354, khmeleva@hotmail.com

Хоботова Еліна Борисівна – доктор хімічних наук, професор, професор кафедри хімії та хімічної технології Харківського національного автомобільно-дорожнього університету, м. Харків, +380958804419, elinahobotova@gmail.com

Цехмістренко Світлана Іванівна – доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувач кафедри хімії Білоцерківського національного аграрного університету, м. Біла Церква, +380680344848, Svetlana.tsehmistrenko@gmail.com

Чабан Леся Василівна - науковий співробітник Дослідної станції «Маяк» Інституту овочівництва і баштанництва НААН, сел. Крути, Чернігівська обл., +380961903116, dsmayak@ukr.net

Чайка Тетяна Олександрівна – кандидат економічних наук, старший науковий співробітник Полтавського відділення Академії наук технологічної кібернетики України, м. Полтава, +380994332344, chayka_ta@ukr.net

Шабанов Денис Миколайович – здобувач вищої освіти СВО Магістр Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», м. Харків

ПДАУ 2024

Шабанова Галина Миколаївна - доктор технічних наук, професор, професор кафедри технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, +380509065380, gala-shsbanova@ukr.net

Шакалій Світлана Миколаївна – кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри рослинництва Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава, +380953963328, shakaliysveta@gmail.com

Шахов Іван Валерійович – молодший науковий співробітник лабораторії фізіології та біохімії рослин Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва, м. Харків

Шепель Катерина – здобувач вищої освіти СВО Магістр Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава

Шинкаренко Дмитро Юрійович - завідувач сектору ДНЗПРАП відділу МРВ Черкаського НДЕКЦ МВС Науково-дослідного експертно-криміналістичного центру МВС України в Черкаській області, м. Черкаси, +380635609712, Dimashyn91@gmail.com

Шипілова Анастасія Юріївна – здобувач вищої освіти ступеня доктора філософії, фахівець кафедри хімії та хімічної технології Національного авіаційного університету, м. Київ, +380507596374, Shipilova091198@gmail.com

Шумейко Віта Миколаївна - кандидат технічних наук, науковий співробітник кафедри технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, +380973085815, shum-vita@ukr.net

Якуба Марина Станіславівна – кандидат біологічних наук, доцент, доцент кафедри садово-паркового мистецтва та ландшафтного дизайну Дніпровського державного аграрно-економічного університету, м. Дніпро, +380686382652, YS_MARINA@meta.ua

Ястреб Тетяна Олегівна – кандидат біологічних наук, доцент, старший науковий співробітник лабораторії фізіології та біохімії рослин Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва, м. Харків

ПДАУ 2024

ЗМІСТ

<i>Привітання директора навчально-наукового інституту агротехнологій, селекції та екології Маренича Миколи Миколайовича</i>	5
---	---

СЕКЦІЯ І

АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ ХІМІЇ ТА БІОТЕХНОЛОГІЇ	
MICROBIOTA MODIFIERS IN QUAILS	
<i>Zvenihorodska T., Shepel K., Slawinska A.</i>	7
THE GENOTYPING OF PIGS OF UKRAINIAN BREEDS BY MICROSATELLITE LOCI WITH TETRANUCLEOTIDE MOTIVE	
<i>Olejnychenko E.K., Korinnyi S.M.</i>	11
THEORETICAL STUDY OF 5-(BENZYLIDENE)PYRIMIDINE-2,4,6-TRIONES SPECTRAL PROPERTIES	
<i>Mendigalieva S., Irgibaeva I.S.</i>	14
WATER-SOLUBLE POLYMER FOR VARIOUS APPLICATIONS	
<i>Korotkova I.V., Chaika T. O.</i>	18
THE ROLE OF THE HYDROPHOSPHATE STRUCTURAL INCLUSION IN ENHANCEMENT OF APATITE DISSOLUTION	
<i>Sakhno Yuriy, Jaisi Deb P., Miletto Iv</i>	21
АНАЛІЗ ПОВЕРХНОСТЕЙ ГІРШФЕЛЬДА КРИСТАЛУ ТЕТРАСЕЛЕНАТЕТРАТІА[8]ЦИРКУЛЕНУ	
<i>Карауш-Кармазін Н. М., Мінаєв Б. П.</i>	24
НОВИЙ ЗМІСТ ПОНЯТТЯ «ТРИПЛЕТ МЕТІОНІНУ» І РОЛЬ СПІН-ОРБІТАЛЬНОЇ ВЗАЄМОДІЇ У ФОТОХІМІЇ БІЛКІВ	
<i>Мінаєв Б. П., Сухина М. С.</i>	26
АНАЛІЗ МІЖМОЛЕКУЛЯРНИХ ВЗАЄМОДІЙ МЕТОДОМ ПОВЕРХОНЬ ГІРШФЕЛЬДА У КРИСТАЛІ ТЕСТОСТЕРОНУ	
<i>Мінаєва В. О., Карауш-Кармазін Н. М., Панченко О. О., Мінаєв Б. П.</i>	35
ОПТИМІЗАЦІЯ рН ЕЛЕКТРОЛІТУ ОСАДЖЕННЯ СПЛАВУ Ni-Mo-Zr	
<i>Ненастіна Т.О., Сахненко М.Д., Романюк А.Д.</i>	38
БІОТЕХНОЛОГІЇ СИНТЕЗУ НАНОЧАСТИНОК МЕТАЛІВ ТА НЕМЕТАЛІВ ЗА УЧАСТІ ВОДОРОСТЕЙ	
<i>Цехмістренко С.І., Бітюцький В.С., Мельниченко Ю.О. Токарчук Т.С.</i>	43
РУЙНУВАННЯ ДВОВИДОВИХ БАКТЕРІАЛЬНИХ БІОПЛІВОК ЗА ДІЇ СУМІШІ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН RHODOCOCCLUS ERUTHROPOLIS ІМВ Ас-5017 ТА ЕФІРНОЇ ОЛІЇ	
<i>Охмакевич А.М., Дон Є.А., Ключка Л.В., Пирог Т.П.</i>	48
ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ БІОПАЛИВА НА ОСНОВІ ЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР	
<i>Микитенко А. О., Ромашко Т.П.</i>	51

ВИКОРИСТАННЯ БІОПРЕПАРАТІВ В СУЧАСНОМУ АГРОВИРОБНИЦТВІ	
<i>Ромашко Т.П., Завенягіна Г.В.</i>	53
БІОЛОГІЧНО АКТИВНІ ВЛАСТИВОСТІ ФЛАВОНОЇДІВ В РОСЛИННИХ ЕКСТРАКТАХ	
<i>Горбач Д. А., Ромашко Т. П.</i>	57
ПРОБЛЕМИ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛАСТАЗ МІКРООРГАНІЗМІВ	
<i>Гудзенко О.В.</i>	58
МІКРОБІОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ БІОТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА БІОГАЗУ	
<i>Дігтяр С.В., Пасенко А.В.</i>	61
ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ТРАВЛЕННЯ СПЛАВУ БРБ2 У РІЗНИХ ЕЛЕКТРОЛІТАХ	
<i>Єгорова Л.М.</i>	64
ЗМІННОСТРУМОВА ХРОНОПОТЕНЦІОМЕТРІЯ В ДОСЛІДЖЕННІ ОКИСНО-ВІДНОВНИХ ПРОЦЕСІВ БАРВНИКІВ	
<i>Лут О.А., Галаган Р.Л., Коваль В.О.</i>	71
СУЧАСНІ МЕДИЧНІ БІОТЕХНОЛОГІЇ В АСПЕКТІ СУДОВОЇ МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧНОЇ ЕКСПЕРТИЗИ	
<i>Метлицька О.І., Канюка О.Ю.</i>	73
ОДЕРЖАННЯ, ВЛАСТИВОСТІ ТА ЗАСТОСУВАННЯ ФЕРОМАГНІТНОГО НАНОТРЕЙСЕРА $Fe_xCo_yO_z$ ДЛЯ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ПЕРЕМІШУВАННЯ РІДКИХ КОРМІВ	
<i>Панченко В.Г. Сахно Т.В., Семенов А.О. Барашков М.М. Сахно Ю.Е.</i>	78
ГОМЕОСТАЗ МАСИ Й КОНЦЕНТРАЦІЇ СКЛАДОВИХ ВОДНИХ ЕКСТРАКТІВ ТКАНИН І СЕКРЕТІВ СТАТЕВИХ ОРГАНІВ: СТАН І ПЕРСПЕКТИВА	
<i>Стадницька О. І., Максим'юк В. М. Максимюк Г. В.</i>	81
ВИЗНАЧЕННЯ ЙОНІВ ФЕРУМУ В СТИЧНИХ ТА ПРИРОДНИХ ВОДАХ ПОЛТАВСЬКОГО РЕГІОНУ	
<i>Куленко О.А., Стрижак С.В. Куленко Р.А.</i>	84
ПРАЙМІНГ НАСІННЯ СОЇ – БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ МЕТОД	
<i>Бей К.С., Сахно Т.В.</i>	90
ТЕХНОЛОГІЯ МІКРОБНОГО СИНТЕЗУ ПЕНІЦИЛІНУ	
<i>Титаренко О. В., Киричко О. Б.</i>	95
ПЕРЕРОБКА ШТОРМОВИХ ВИКИДІВ МОРСЬКОЇ ТРАВИ РОДИНИ ZOSTERACEAE З ПОДАЛЬШИМ ВИКОРИСТАННЯМ ЇХ У РІЗНИХ ГАЛУЗЯХ ПРОМИСЛОВОСТІ	
<i>Кустовська А.Д., Шупілова А.Ю.</i>	98
ВИРОБНИЦТВО ОДНОРІДНИХ КОРМОСУМІШЕЙ - ЗАПОРУКА ЗДОРОВИХ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ ДЛЯ ЛЮДЕЙ	
<i>Крикунова В.Ю., Боса Ж.О.</i>	100

**ПОРІВНЯННЯ КЛІТИННИХ ЕФЕКТІВ ГРАМІЦИДИНУ ПРИ
ВИКОРИСТАННІ НАНОРОЗМІРНИХ НОСІЇВ ДЛЯ ДОСТАВКИ**

Берест В.П...... 107

**ВПЛИВ СКЛАДУ МОЛОКА, БАКТЕРІАЛЬНИХ ЗАКВАСОК ТА ІНШИХ
ФАКТОРІВ НА БРОДІННЯ ЛАКТОЗИ ТА КОАГУЛЯЦІЇ КАЗЕЇНУ**

Ромашко Т.П., Манашина Д.В., Тристан Д.В...... 112

**БІОМОНІТОРИНГ ПРИРОДНИХ ВОД З ВИКОРИСТАННЯМ НАСІННЯ
RAPHANUS RAPHANISTRUM ЯК ТЕСТ-СИСТЕМИ**

Галушко І. А., Ромашко Т. П...... 114

СЕКЦІЯ II

ХІМІЯ, ЕКОЛОГІЯ ТА ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ

РЕСУРСНА ЦІННІСТЬ ВІДВАЛЬНИХ ДОМЕННИХ ШЛАКІВ

Хоботова Е.Б., Грицай К.М...... 118

**З'ЯСУВАННЯ ПОВЕДІНКИ РОСЛИН В УМОВАХ ПІДВИЩЕНОГО
ВМІСТУ CO₂**

Китайгора К.О., Дрючко О.Г., Голік Ю.С., Соловійов В.В., Бунякіна Н.В...... 123

**ОЦІНКА ДІЇ БІОГЕННИХ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН І
РОСЛИНИ-РЕМЕДІАНТА НА ДЕГІДРОГЕНАЗНУ АКТИВНІСТЬ
ПОРОДНИХ ВІДВАЛІВ ВУГІЛЬНИХ ШАХТ У ПРОЦЕСІ
БІОРЕМЕДІАЦІЇ**

Баня А.Р., Корецька Н.І. Покиньброда Т.Я., Карпенко О.В...... 130

**РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧА ТЕХНОЛОГІЯ ОДЕРЖАННЯ БЕТОНУ З
ВИКОРИСТАННЯМ ВІДХОДІВ ГІРСЬКИХ ПОРІД**

Корогодська А.М., Шабанова Г.М., Кривобок Р.В., Шумейко В.М., Шабанов Д.М...... 133

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВМІСТУ ВІТАМІНУ С У ФРУКТАХ
ЙОДОМЕТРИЧНИМ МЕТОДОМ**

Копанцева Л.М., Іващенко О.Д., Соломаха В.А...... 137

БІОХІМІЯ КРОВІ ТА ГЕМОСТАЗ

Жалій Б.О., Кутімов А.Я...... 140

**КОЛОРИМЕТРИЧНИЙ СЕНСОР НА ОСНОВІ СЕМІСКВАРАЇНОВОГО
БАРВНИКА ДЛЯ ДЕТЕКЦІЇ КАТІОНІВ РТУТІ (II)**

Кулик О. Г., Свояков Р. П., Вакслер Є. О., Татарець А. Л...... 143

**АНРОПОГЕННИЙ ВПЛИВ АВТОМАГІСТРАЛІ КИЇВ-ЧОП НА
ЛОКАЛЬНУ ФАУНУ С. СОЛОНКА НА ЛЬВІВЩИНІ**

Паламаренко О.В...... 147

**ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОД РІЧКИ ДНІПРО ЗА СУХИМ ЗАЛИШКОМ В ЗОНІ
ВПЛИВУ СКИДІВ СТОКІВ ПІДЗЕМНИХ ВОД**

Петрушина Г.О., Ковальова Л.С. Максимова Н.М...... 149

НЕБЕЗПЕКА ВПЛИВУ ХІМІЧНИХ РЕЧОВИН НА ОРГАНІЗМ ЛЮДИНИ

Дрожжана О. У...... 151

**ТОКСИЧНІСТЬ ВИСОКИХ КОНЦЕНТРАЦІЙ
ДИМЕТИЛСУЛЬФОКСИДУ ЗА РОСТОВИМ ТЕСТОМ З RAPHANUS
RAPHANISTRUM SUBSP. SATIVUS (L.) DOMIN.**

Ткачук О.В., Ткачук Н.В...... 157

ЗАСТОСУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ПРИНЦИПІВ У ОЗЕЛЕНЕННІ МІСТ

Якуба М. С...... 158

СЕКЦІЯ III

**ПРОБЛЕМИ ФАХОВОЇ ТА МЕТОДИЧНОЇ
ПІДГОТОВКИ З ХІМІЇ ТА БІОТЕХНОЛОГІЇ У ВНЗ
THE ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN LEARNING FOREIGN
LANGUAGES**

Компанієтс І.В...... 162

**РЕЙТИНГИ IQ У РІЗНИХ КРАЇНАХ СВІТУ ТА НЕГАТИВНИЙ ЕФЕКТ
ФЛІННА**

Лобурець А.Т., Заїка С.О...... 165

**ХІМІЧНІ ПРИГОДИ: ВІДКРИТТЯ ІНТЕРАКТИВНИХ РОБОЧИХ
АРКУШІВ**

Лут О.А., Лахаєв В.Т...... 171

**РЕАЛІЗАЦІЯ ПРАКТИКО-ОРІЄНТОВАНОГО ПІДХОДУ В
ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ
ХІМІЇ У ЗАКЛАДАХ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Стрижак Д.О...... 174

**РОЗВИТОК КРИТИЧНОГО МИСЛЕННЯ У ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ
ОСВІТИ ХІМІЧНИХ ТА БІОТЕХНОЛОГІЧНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ**

Благодарь К.С...... 176

СЕКЦІЯ IV

**СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ АГРОПРОМИСЛОВОГО
КОМПЛЕКСУ**

**THE EFFECT OF MINERAL FERTILIZERS AND PLANT GROWTH
BIOSTIMULANT ON PRODUCTIVITY OF PEAS**

Yeremko L.S. Hanhur V.V.179

**THE EFFECT OF MINERAL FERTILIZATION AND SEED INOCULATION
ON SEED YIELD OF SOYBEAN**

Yeremko L.S. Hanhur V.V.181

**FORMATION OF SUNFLOWER LEAF APPARATUS AND EFFICIENCY OF
ITS FUNCTIONING DEPENDS ON GROWTH FACTORS**

Shakalii S. M., Baryshnikov D. O...... 183

**СПІН ОРБІТАЛЬНА ВЗАЄМОДІЯ В СУПЕРОКСИДІ ТА ПРОБЛЕМА
УРОЖАЙНОСТІ ЗЕРНОВИХ**

Мінаєв Б. П., Панченко О. О...... 187

СПАДКОВА МІНЛИВІСТЬ У ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗА ДІЇ ТРИТОН-305X

Бейко В.С., Назаренко М.М......191

**ФОРМУВАННЯ ВИСОТИ РОСЛИН І ПРИКРІПЛЕННЯ КАЧАНА У
РОСЛИН КУКУРУДЗИ ПІД ВПЛИВОМ МАКРО- І МІКРОДОБРИВ**

Вахній С.П., Засуха А.А., Павліченко К.В., Німенко С.С......195

**РОЗШИРЕННЯ ГЕНОФОНДУ ВІТЧИЗНЯНИХ СОРТІВ І ЛІНІЙ
САЛАТУ ПОСІВНОГО МЕТОДОМ ІНДУКОВАНОГО МУТАГЕНЕЗУ В
КОНТЕКСТІ СТВОРЕННЯ СЕЛЕКЦІЙНИХ ІННОВАЦІЙ ДЛЯ
ОРГАНІЧНОГО ОВОЧІВНИЦТВА**

Кондратенко С.І. Позняк О.В., Чабан Л.В.198

**ВІДТВОРЮВАЛЬНІ ЯКОСТІ СВИНОМАТОК ВЕЛИКОЇ БІЛОЇ
ПОРОДИ ФРАНЦУЗЬКОЇ СЕЛЕКЦІЇ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ЇХ ОЦІНКИ ЗА
ДЕЯКИМИ ПОЛІКОМПОНЕНТНИМИ СЕЛЕКЦІЙНИМИ ІНДЕКСАМИ**

Халак В. І., Хмельова О. В. Прудніков В. Г., Данілова Т. М. Бордун О. М. Ільченко М. О...... 202

**ВІДГОДІВЕЛЬНІ І М'ЯСНІ ЯКОСТІ МОЛОДНЯКУ СВИНЕЙ РІЗНИХ
ГЕНОТИПІВ ТА ЇХ ЗВ'ЯЗОК З ДЕЯКИМИ ПОКАЗНИКАМИ ІНТЕР'ЄРУ**

Халак В. І...... 208

**ЗМІНА ФОТОСИНТЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ПОСІВІВ КУКУРУДЗИ
ЗАЛЕЖНО ВІД ЗАСТОСУВАННЯ МІКРОДОБРИВ ТА РЕГУЛЯТОРІВ
РОСТУ РОСЛИН**

Басюк П.Л., Грабовський М. Б., Козак Л.А., Качан Л.М...... 214

ПРОДУКТИВНІСТЬ ТА ЯКІСТЬ НОВИХ ГІБРИДІВ СОНЯШНИКУ

Жила П.А., Назаренко М.М...... 217

**ДЕПРЕСИВНІ ЕФЕКТИ У МУТАНТНОЇ ПОПУЛЯЦІЇ ПШЕНИЦІ
ОЗИМОЇ**

Окселенко О.М., Назаренко М.М......220

**ІНДУКУВАННЯ ПРОРОСТАННЯ НАСІННЯ ЗЛАКІВ З НИЗЬКОЮ
СХОЖІСТЮ ДІЄЮ ДОНОРА НІТРОГЕН ОКСИДУ (NO) ТА ЙОГО
ВПЛИВ НА ПРО-/АНТИОКСИДАНТНУ РІВНОВАГУ**

Колупаєв Ю.Є. Ястреб Т.О., Кокорев О.І., Шахов І.В. Сахно Т.В.224

**АГРОХІМІЧНИЙ АНАЛІЗ ҐРУНТІВ ХРОМАТОГРАФІЧНИМ
МЕТОДОМ**

Литвин В.А., Шинкаренко Д.Ю...... 229

**ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ ЩОДО ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ
АВСТРАЛІЙСЬКОГО ЧЕРВОНОПАЛОГО РАКА**

Іщук О.В., Світельський М.М...... 232

**ОСОБЛИВОСТІ ПІДЖИВЛЕННЯ МІКРОДОБРИВАМИ ПОСІВІВ
ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ**

Лень О.І., Ласло О.О., Кононенко В.Ю. 235

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ІНОКУЛЯЦІЇ НАСІННЯ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СОРТІВ ГОРОХУ ПОСІВНОГО (*Pisum sativum*)

Баган А.В., Жорник І.І...... 238

УНІВЕРСАЛЬНІСТЬ РОСЛИНИ РІПАКУ

Бараболя О.В., Склезь Л.Л...... 241

ВПЛИВ СТРОКІВ СІВБИ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ПШЕНИЦІ ЯРОЇ М'ЯКОЇ

Бараболя О.В., Гарагуля Р.О...... 244

ДОБОВА ДИНАМІКА ВМІСТУ КАРОТИНУ В ЗЕЛЕНІЙ МАСІ ЛЮЦЕРНИ ТА ЕСПАРЦЕТУ

Біленко О.П...... 246

ЯКІСТЬ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД ПОШКОДЖЕННЯ КЛОПОМ-ЧЕРЕПАШКОЮ В УМОВАХ СТЕПУ

Гасанова І. І...... 248

ПРОДУКТИВНІСТЬ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ І ДИНАМІКА ВМІСТУ ГУМУСУ У ҐРУНТІ ЗА РІЗНИХ СИСТЕМ ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ТА УДОБРЕННЯ

Глуценко Л.Д., Лень О.І., Олєпів Р.В...... 251

ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ІНОКУЛЯЦІЇ ТА МІКРОДОБРІВ В АГРОЦЕНОЗАХ СОЇ

Онїпко В. В., Маломижєв А. С...... 254

РЕГУЛЮВАННЯ СТУПЕНЯ ЗАБУР'ЯНЕНОСТІ ПОСІВІ СОЇ ПІСЛЯ СХОДІВ КУЛЬТУРИ

Ласло О.О., Мовчан О.С...... 259

ОСОБЛИВОСТІ ПІДЖИВЛЕННЯ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ В ОСІННІЙ ПЕРІОД

Ласло О.О., Мацак Д.А...... 262

ЕКОЛОГІЧНИЙ МЕТОД ОТРИМАННЯ ГЕОТЕРМАЛЬНОЇ ЕНЕРГІЇ ТА ОЦІНКА ЇЇ ТЕПЛОВОГО ПОТЕНЦІАЛУ

Семенов А.О., Горбань О.С., Атрєп'єв В.О...... 265

ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМКИ ВИКОРИСТАННЯ УЛЬТРАФІОЛЕТОВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ В ЕЛЕКТРИЧНІЙ ТА БІОЛОГІЧНІЙ ІНЖЕНЕРІЇ АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ

Семенов А.О., Луценко М.О., Теренько А.Р...... 268

ВПЛИВ СТРОКІВ СІВБИ НА ВРОЖАЙНІСТЬ ТА ЯКІСТЬ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ

Чайка Т. О...... 271

ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ГІБРИДІВ СОНЯШНИКА ЗАЛЕЖНО ВІД БІОПРЕПАРАТІВ

Шакалій С. М., Бублик Р. Г...... 276

**СПОСОБИ УДОБРЕННЯ ТА ЗАХИСТУ РІПАКУ ОЗИМОГО ЯК
ФАКТОРИ ПІДВИЩЕННЯ ЙОГО ВРОЖАЙНОСТІ**

Короткова І. В., Дробітько А. М...... 279

**ВПЛИВ АЗОТНИХ ДОБРИВ ТА ІНГІБІТОРІВ НІТРИФІКАЦІЇ НА ФАЗИ
РОЗВИТКУ ПРИ ВИРОЩУВАННІ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО**

Короткова І. В., Біднина В. Ю...... 282

**ВПЛИВ НОРМИ ВНЕСЕННЯ АЗОТУ НА ГУСТОТУ СХОДІВ І ФАЗИ
РОЗВИТКУ КУКУРУДЗИ**

Короткова І. В., Ляхно А. Ю...... 285

**ВПЛИВ САЛІЦИЛОВОЇ КИСЛОТИ НА РІСТ КОРЕНІВ ТА ЗАГАЛЬНУ
БІОМАСУ ПРОРОСТКІВ ПШЕНИЦІ**

Короткова І.В., Дробаха А.В., Тристан Д.В...... 289

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ..... 293

ЗМІСТ..... 309