

АНОТАЦІЯ

Дьомін Д. Г. Агроекологічне обґрунтування вирощування енергетичних культур для виробництва біосировини. Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 «Агрономія» (галузь знань 20 «Аграрні науки та продовольство»). – Полтавський державний аграрний університет Міністерства освіти і науки України, Полтава, 2024.

У дисертаційній роботі обґрунтовано теоретичні положення та запропоновано практичні рекомендації щодо удосконалення агротехнології вирощування енергетичних культур задля отримання біосировини – біомаси для виготовлення біопалив та продуктів з доданою вартістю.

На даний час, актуальною проблемою є створення ефективних та екологічно-безпечних агротехнологій вирощування енергетичних культур, зокрема малопоширених, як одного з найбільш перспективних джерел біосировини: як для виробництва біопалив, так і продуктів із доданою вартістю. У зв'язку з чим, для підвищення ефективності виробництва біомаси та отримання максимальної продуктивності енергокультур необхідно раціонально використовувати земельні угіддя, особливо маргінальні землі. При цьому, рекультивация таких земель є частиною проблеми раціонального використання природних ресурсів та охорони навколишнього середовища. Таким чином, питання відновлення порушених земель в Україні та отримання рослинної сировини для виробництва біопалив є досить актуальним і потребує подальшого вивчення. У зв'язку з чим, було вивчено ефективність вирощування традиційних та малопоширених енергетичних культур протягом 2018-2023 років на маргінальних землях Лісостепу та Степу України.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у тому що *вперше*, в умовах України, вивчено особливості росту й розвитку, закономірності формування продуктивності рослин малопоширених енергетичних культур (сорговник поникаючий, біг-блуестем та сорго багаторічне) за різних

агрозаходів.

Удосконалено агротехнологію вирощування сорго багаторічного завдяки застосування допосівної обробки насінневого матеріалу та застосування підживлення, що позначилось на збільшенні врожайності біомаси.

Набули подальшого розвитку питання вивчення особливостей ростових процесів рослин енергетичних культур, методичні підходи до визначення біоенергетичної та економічної ефективності їх вирощування.

За результатами багаторічних досліджень удосконалено основні складові управління енергетичними посівами: світчграсу, сорго багаторічного, Біг-блуестему, індіанграсу. Що здійснено на основі удосконалення елементів технології вирощування енергетичних культур. За результатами вивчення ***впливу умов вирощування на мінливість біометричних показників, продуктивності та якості енергетичних культур*** встановлено, що урожайність біомаси за досліджуваними культурами, у середньому за роки, варіювала: від 8,2 до 12,3 т/га (умови Степу), від 9,0 до 12,7 т/га (умови Лісостепу). При цьому відмічена динаміка щорічного збільшення врожаю (від першого по четвертий вегетаційний рік) по усім культурам незалежно від умов вирощування. Якість біомаси енергетичних культур залежно від умов вирощування не має значних змін.

За результатами проведення визначення ***впливу сумісного вирощування у фітоценозі на врожайність біомаси енергетичних культур в різних умовах*** встановлено, що сумісне вирощування енергетичних культур дозволяє оптимізувати структуру фітоценозу і найбільш доцільно використати площу. Це сприяє рівномірному розподілу рослин у відсотковому складі, інтенсивнішому росту й розвитку енергетичних культур, затіненню й витісненню ними бур'янів.

Визначено, що одновидові посіви енергетичних культур займали 100 % склад, тоді як у сумісних посівах відмічалось варіювання за даним показником – від 43,7 до 55,7 % (Степ) та від 44,0 до 56,0 % (Лісостеп) у залежності від

складу травосумішки. Цю закономірність пов'язуємо із природньою конкуренцією рослин за світло та поживні речовини при розміщенні їх сумісно на одній площі. Оптимізація видового складу у сумісних посівах енергетичних культур також впливає на збільшення врожайності біомаси рослинних компонентів енергокультур в розрізі умов Степу і Лісостепу України. Найбільшу врожайність біомаси за сухою речовиною в умовах Степу забезпечили варіанти сумісного вирощування Sw+Ig – на рівні 13,7 т/га (прибавка 0,7 т/га) та Sw+Bb – 13,4 т/га (прибавка 0,3 т/га). На рівні стандарту (в межах НІР₀₅) врожайність за сухою масою була на варіантах: Sw+Sa – 12,3 т/га.

Для Лісостепу найбільша врожайність біомаси була на варіантах сумісного вирощування Sw+Ig – на рівні 10,7 т/га (прибавка 0,5 т/га) та одновидового вирощування Sw – 10,2 т/га. На рівні стандарту (в межах НІР₀₅) врожайність за сухою масою була на інших варіантах. У сумісних посівах найбільш урожайним виявилось поєднання проса прутоподібного та індіанграсу на варіантах підживлення посівів 11,0 т/га (прибавка 0,3 т/га).

За результатами визначення ***впливу препарату «Агростимулін» на формування продуктивності біомаси сорго багаторічного*** визначено що тривалість міжфазних періодів цієї енергокультури залежала як від сортових властивостей, так і від застосування препарату. Встановлено, що вегетаційний період для сорго багаторічного сорту Колумбо становив 132–140,7 діб, та 116,7–122,6 діб – для сорту Парана. За результатами спостережень встановлено, що рослини сорго багаторічного, за роки вирощування, можуть досягати до 3–3,5 метрів висоти. Найбільш інтенсивний приріст рослин відбувається у літні місяці (у липні). Обґрунтовано, що застосування препарату «Агростимуліну» для допосівної підготовки насіння дозволяє скоротити тривалість початкових етапів росту та розвитку рослин. Це дозволяє контролювати рівень забур'яненості посіву сорго багаторічного, що створює сприятливі умови для росту і розвитку рослин сорго.

За роки дослідження з-поміж варіантів поставлених на вивчення, найбільший вплив на врожайність зеленої маси та вихід сухої речовини сорго багаторічного має допосівна обробка насіння та позакореневе підживлення посівів препаратом «Агростимулін». Для сорту Коломбо отримали збільшення врожайності до 45,2 т/га зеленої маси і 12,1 т/га сухої речовини, а у сорту Парана – на рівні 38,1 т/га зеленої маси і 10,7 т/га сухої речовини.

Визначено енергетичну ефективність сумісного вирощування енергетичних культур, в порівнянні з одновидовими посівами. Цей агрозахід збільшує кількість енергії, отриманої з одного га для Степу:

- світчграсу і сорговника поникаючого – 198,1 ГДж/га (K_{ec} 3,2),
- світчграсу та біг-блуестему – 191,8 ГДж/га (K_{ec} 3,3),
- біг-блуестему та сорговника поникаючого – 143,1 ГДж/га (K_{ec} 2,9).

Сумісне вирощування енергокультур збільшує кількість енергії, що отримана з одного га і для Лісостепу:

- світчграсу і сорговника поникаючого – 163,0 ГДж/га (K_{ec} 2,9),
- світчграсу та біг-блуестему – 130,5 ГДж/га (K_{ec} 2,7),
- біг-блуестему та сорговника поникаючого – 93,8 ГДж/га (K_{ec} 2,3).

На інших варіантах досліду, за сумісного вирощування енергетичних культур, отримана енергопродуктивність на рівні контролю.

Обґрунтовано, що ефективність виробництва біомаси енергетичних культур, яка реалізована за оптимізації та екологізації елементів технології вирощування відкриває нові пріоритетні можливості для виробництва біосировини та виробництва з неї енергоємної біомаси та продуктів із доданою вартістю.

З метою ефективного вирощування енергетичних культур для отримання стабільно високого урожаю біомаси, виробництва твердого біопалива й продуктів з доданою вартістю в умовах України рекомендуємо:

- розміщувати в сумісних посівах світчграс й біг-блуестем, світчграсу й сорговник поникаючий, що дозволить отримувати збільшену врожайність за сухою біомасою – до 10,7-13,7 т/га.

- для отримання найбільшої кількості енергії з одиниці площі на маргінальних землях проводити сумісне вирощування світчграсу й сорговника поникаючого для умов Лісотепу (163,0 ГДж/га) та світчграсу й біг-блуестему (191,8 ГДж/га) для умов Степу.

- за вирощування сорго багаторічного, з метою отримання збільшеного виходу біомаси застосовувати допосівну обробку насіння та позакореневе підживлення посівів препаратом «Агростимулін». При цьому збільшення врожайності для сорту Коломбо становитиме 45,2 т/га зеленої маси і 12,1 т/га сухої речовини, для сорту Парана (38,1 т/га зеленої маси і 10,7 т/га сухої речовини).

***Ключові слова:** енергетичні культури, інтродукція, агроєкосистеми, сумісні посіви, технологія вирощування, біометричні показники, посівні якості, продуктивність, урожайність, біомаса, ефективність.*

ABSTRACT

D'omin D.H. Agroecological substantiation of energy crops cultivation for the production of biological raw materials. Qualifying scientific paper, manuscript copyright.

The dissertation for the degree of Doctor of Philosophy by the speciality 201 “Agronomy” (branch of knowledge 20 “Agrarian sciences and food”). – Poltava State Agrarian University, Ministry of Education and Science of Ukraine, Poltava, 2024.

The dissertation justifies theoretical provisions and offers practical recommendations for improving agrotechnology of energy crops cultivation in order to obtain bio raw materials - biomass for the production of biofuels and value-added products.

The development of efficient and environmentally friendly agricultural technologies for growing energy crops, including less common ones, as one of the most promising sources of biological raw materials for both biofuels and high value-added products, is currently an important issue. In this regard, in order to increase

the efficiency of biomass production and maximise the productivity of energy crops, it is necessary to use land resources, especially low-productive land, rationally.

However, reclamation of such lands is part of the problem of rational use of natural resources and environmental protection. Thus, the issue of restoring disturbed lands in Ukraine and obtaining plant material for biofuel production is quite relevant and requires further study. In this regard, the efficiency of growing traditional and less common energy crops on low-productive land of the Forest-Steppe and Steppe of Ukraine during the period of 2018-2023 was investigated.

The scientific novelty of the obtained results lies in the fact that for *the first time* in Ukraine, the peculiarities of growth and development, patterns of formation of plant productivity of less common energy crops (indiangrass, big bluestem and perennial sorghum) under different agricultural practices of their cultivation were studied.

The agrotechnology of growing perennial sorghum *was improved* by applying pre-sowing seed treatment and fertilisation, which increased biomass yields.

The study on the peculiarities of growth processes of energy crops and methodological approaches to determining the bioenergy and economic efficiency of their cultivation *was further developed*.

The main components of management of energy crops such as switchgrass, perennial sorghum, big bluestem and indiangrass were improved based on the results of long-term research. This was done by improving the elements of energy crops cultivation technology. The results of the study of **the influence of growing conditions on the variability of biometric indicators, productivity and quality of energy crops** proved that the biomass yield of the studied crops varied on average over the years from 8.2 to 12.3 t/ha (Steppe conditions), from 9.0 to 12.7 t/ha (Forest-Steppe conditions). The biomass of energy crops remains in the minds of growth and does not cause significant changes.

The dynamics of annual yield increase (from the first to the fourth vegetation year) for all crops regardless of growing conditions was noted.

Based on the results of determining the **influence of joint cultivation in the phytocoenosis on the yield of energy crop biomass under different conditions**, it was found that joint cultivation of energy crops allows optimising the structure of the phytocoenosis and making the most appropriate use of the area.

This contributes to a uniform distribution of plants in the percentage composition, more intensive growth and development of energy crops, shading and displacement of weeds.

It was determined that single-species energy crops occupied 100 % of the composition, while in mixed crops there was a fluctuation of this indicator - from 43.7 to 55.7 % (Steppe) and from 44.0 to 56.0 % (Forest-Steppe), depending on the composition of the grass mixture. We explain this pattern by the natural competition of plants for light and nutrients when they are placed together on the same area. The optimisation of species composition in joint crops of energy crops also affects the increase in biomass yield of plant components of energy crops in the Steppe and Forest-Steppe of Ukraine. The highest biomass yield in terms of dry matter in the Steppe was provided by the variants of joint cultivation of Sw+Ig - at the level of 13.7 t/ha (an increase of 0.7 t/ha) and Sw+Bb - 13.4 t/ha (an increase of 0.3 t/ha. At the level of the standard (within LSD_{05}), the yield by dry weight was in the other variants..

For the Forest-Steppe, the highest biomass yield was in the variants of joint cultivation Sw+Ig – at the level of 12.3 t/ha (an increase of 0.5 t/ha) and a single-species cultivation Sw –10.0 t/ha. The dry weight yield was at the level of the standard (within LSD_{05}) in the other variants. In of joint cultivation, the highest yields were found to be similar to millet and Indiangrass in the variants of advanced sowing of 11.0 t/ha (an increase of 0.3 t/ha).

The results of **determining the influence of the preparation “Agrostymulin” on the formation of biomass productivity of perennial sorghum** showed that the duration of the interphase periods of this crop depended on both varietal properties and the preparation use. It was found that the vegetation period for the perennial sorghum of variety Columbo was 132-140.7 days, and

116.70-122.6 days for the variety Parana. According to the observation results, it was found that perennial sorghum plants can reach up to 3-3.5 meters in height during the years of cultivation. The most intensive plant growth is in the summer months (in July). It was proved that the use of “Agrostymulin” for pre-sowing seed treatment allows to reduce the duration of the initial stages of plant growth and development. This controls the level of weed infestation of perennial sorghum crops, which creates favourable conditions for the growth and development of sorghum plants.

Over the research years, among the studied variants, pre-sowing seed treatment and foliar fertilising of crops with “Agrostymulin” have the greatest impact on the yield of green mass and dry matter yield of perennial sorghum. The yield of the Columbo variety increased to 45.2 t/ha of green mass and 12.1 t/ha of dry matter, and the yield of the Parana variety increased to 38.1 t/ha of green mass and 10.7 t/ha of dry matter.

The energy efficiency of the joint cultivation of energy crops in comparison with single-species crops was determined. This agricultural measure increases the amount of energy obtained from one hectare for Step:

- switchgrass and indiangrass – 186.1 GJ/ha (K_{ee} 3.2),
- switchgrass and big bluestem – 191.8 GJ/ha (K_{ee} 3.3),
- big bluestem and indiangrass – 143.1 GJ/ha (K_{ee} 2.9).

This agricultural measure increases the amount of energy obtained from one hectare for ForestStep:

- switchgrass and indiangrass – 163.0 GJ/ha (K_{ee} 3.2),
- switchgrass and big bluestem – 130.5 GJ/ha (K_{ee} 2.7),
- big bluestem and indiangrass – 93.8 GJ/ha (K_{ee} 2.3).

In other variants of the experiment, with joint cultivation of energy crops, energy productivity was obtained at the level of control

It was substantiated that the efficiency of energy crops biomass production, which is achieved by optimising and greening the elements of cultivation

technology, creates new priority opportunities for the production of biological raw materials and obtaining energy-intensive biomass and value-added products from it.

For the effective cultivation of energy crops in order to obtain consistently high yields of biomass, solid biofuels and value-added products in Ukraine, we recommend:

- to place switchgrass and big bluestem, switchgrass and indiangrass in joint crops, which will increase the yield of dry biomass up to 10.7-13.7 t/ha.

- to cultivate switchgrass and indiangrass (163.0 GJ/ha) for the minds ForesStep and switchgrass and big bluestem (191.8 GJ/ha) for the minds Step together in order to obtain the highest amount of energy per unit area on low productive lands.

- to apply pre-sowing seed treatment and foliar fertilising of crops with “Agrostymulin” in the cultivation of perennial sorghum, in order to obtain an increased biomass yield. Thus, the yield increase for the Columbo variety will be 45.2 t/ha of green mass and 12.1 t/ha of dry matter, for the Parana variety (38.1 t/ha of green mass and 10.7 t/ha of dry matter).

Keywords: *energy crops, introduction, agroecosystems, joint crops, cultivation technology, biometric indicators, sowing qualities, productivity, yield, biomass, efficiency.*