

# РОЛЬ СІВОЗМІННОГО ЧИННИКА В СЕКВЕСТРАЦІЇ КАРБОНУ



CO<sub>2</sub>

Лектор: Володимир ГАНГУР,  
доктор с.-г. наук, завідувач кафедри  
рослинництва

Полтавського державного аграрного університету

Впродовж останніх десятиріч двадцятого і початку двадцять першого століття гостро стоїть питання зростання планетарних процесів та проблем, які пов'язані із розвитком суспільства та антропогенною діяльністю. До переліку таких питань входить і забруднення навколишнього природного середовища та збільшення викидів парникових газів із якими пов'язане підвищення середньорічної температури.



Збільшення температури на 1–2°C має різні наслідки для різних регіонів України. Північні області країни можуть забезпечити ефективну сільськогосподарську діяльність за цих умов, зокрема розширювати площі теплолюбних культур, які раніше не були домінуючими в регіоні. Але південні області, зокрема через можливе посилення посушливих явищ, стикаються з серйозними проблемами. Прогнозується, що до 2030 року південна частина України може стати непридатною для сільського господарства через негативний вплив зміни клімату. Тому не випадковим є актуалізація та рух до низьковуглецевих технологій.



З метою поліпшення екологічних умов необхідним є вжиття цілеспрямованих заходів з впровадження сівозмін як чинника біологізації землеробства, що сприятиме підвищенню виробництва екологічно чистих продуктів харчування. Чисельні дослідження щодо біологізації землеробства, як в Україні, так і в інших країнах світу, свідчать, що сівозміна – незамінний чинник поліпшення фітосанітарного стану в агрофітоценозах і на її основі повинна базуватись вся концепція біологізації.



Кожна сівозміна – це розумний компроміс між основними вимогами виробництва, організацією території та охороною навколишнього середовища, розміщенням культур з урахуванням сприятливого їх поєднання; дотримання параметрів оптимально допустимого насичення тією чи іншою культурою, а значить і можливого терміну повернення її на попереднє місце вирощування з урахуванням при цьому прийнятої тривалості ротації. Урожайність зернових та олійних культур в науково-обґрунтованій сівозміні вища на 20–30%, ніж в беззмінних посівах. Це пояснюється тим, що в беззмінних посівах зернових культур помітно збільшується кількість бур'янів, зростає рівень ураження рослин хворобами та пошкодження їх шкідниками, порушується баланс поживних речовин у ґрунті.



# Продуктивність пшениці озимої за беззмінного вирощування, т/га

Роки	Беззмінний посів, варіанти удобрення							В сівозміні
	N <sub>10</sub> P <sub>10</sub> K <sub>10</sub>	N <sub>40</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	гній 20 т/га + N <sub>40</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>60</sub>	гній 20 т/га + N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>60</sub>	N <sub>60</sub> P <sub>80</sub> K <sub>80</sub>	гній 20 т/га + N <sub>60</sub> P <sub>80</sub> K <sub>80</sub>	N <sub>40</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>
1965-1974	2,72	2,68	2,74	2,67	2,71	2,75	2,68	3,05 (+13,8%)
Реконструкція дослідів								
	N <sub>20</sub> P <sub>20</sub> K <sub>20</sub>	N <sub>50</sub> P <sub>50</sub> K <sub>50</sub>	гній 20 т/га + N <sub>50</sub> P <sub>50</sub> K <sub>50</sub>	N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>60</sub>	гній 20 т/га + N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>60</sub>	N <sub>90</sub> P <sub>110</sub> K <sub>110</sub>	гній 20 т/га + N <sub>90</sub> P <sub>110</sub> K <sub>110</sub>	N <sub>50</sub> P <sub>50</sub> K <sub>50</sub>
1975-1982	2,27	2,37	2,28	2,27	2,21	2,42	2,21	3,83 (+61,6%)
Реконструкція дослідів								
	Контроль (без добрив)			Гній 30 т/га (один раз на три роки) + N <sub>51</sub> P <sub>51</sub> K <sub>51</sub> щорічно		Гній 30 т/га + N <sub>50</sub> P <sub>50</sub> K <sub>50</sub> щорічно		N <sub>50</sub> P <sub>50</sub> K <sub>50</sub>
1983-2020	2,74			3,59		3,71		4,38 (+22,0%)

# Рівень продуктивності кукурудзи на зерно за беззмінного вирощування та у сівозміні, т/га

Роки	Система удобрення			
	беззмінне вирощування			сівозміна
	$N_{10}P_{10}K_{10}$	гній 20 т/га + $N_{60}P_{40}K_{60}$	гній 20 т/га + $N_{60}P_{80}K_{80}$	гній 20 т/га + $N_{60}P_{40}K_{60}$
1964–1973	3,49	3,79	3,68	3,54
1974–1983	3,55	3,94	4,13	4,29
1964-1983	<b>3,52</b>	<b>3,87</b>	<b>3,91</b>	<b>3,92</b> <b>(+11,4%)</b>
Роки	без добрив (контроль)	гній 30 т/га щорічно + $N_{60}P_{40}K_{60}$	гній 30 т/га 1 раз у три роки + $N_{51}P_{51}K_{55}$	гній 30 т/га + $N_{60}P_{40}K_{60}$
1984–1993	3,22	4,51	4,66	5,28
1994–2003	4,18	5,04	5,09	5,67
2004–2013	5,22	6,26	6,63	6,72
2014–2017	3,59	4,36	4,57	6,57
1984–2020	<b>4,05</b>	<b>5,04</b>	<b>5,24</b>	<b>6,06</b> <b>(+15,6%)</b>

## Рівень продуктивності буряку цукрового за беззмінного вирощування та в сівозміні, т/га

Роки	Система удобрення					
	беззмінне вирощування					сівозміна
	без добрив (контроль)	N <sub>90</sub> P <sub>110</sub> K <sub>110</sub>	гній 30 т/га + N <sub>90</sub> P <sub>110</sub> K <sub>110</sub>	гній 30 т/га + N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>60</sub>	N <sub>120</sub> P <sub>160</sub> K <sub>160</sub>	гній 30 т/га + N <sub>90</sub> P <sub>110</sub> K <sub>110</sub>
1978–1982	29,7	33,1	36,6	39,1	38,1	41,0
1983–1987	21,8	30,1	31,4	32,0	34,1	42,2
1988–1992	17,1	22,6	26,8	26,6	28,3	41,7
1993–1997	21,9	31,3	33,7	32,6	34,4	42,3
1998–2002	14,4	26,1	28,7	28,6	29,6	41,5
2003–2007	23,1	32,4	34,8	32,9	35,1	46,6
2008–2012	21,0	27,6	30,5	31,8	27,2	43,9
1978-2012	21,3	29,0	<b>31,8</b>	31,9	32,4	<b>42,7</b> <b>(+34,3%)</b>



Сівозміна інтенсивно-екологічного напрямку – це агроєкосистема, в якій здійснюється чергування сільськогосподарських культур і пару в часі та на певній території з метою поліпшення родючості ґрунту, отримання високих і стабільних урожаїв високоякісної продукції, економії енергетичних та трудових ресурсів, охорони навколишнього середовища



# ЯК СІВОЗМІНА ВПЛИВАЄ НА ПОГЛИНАННЯ КАРБОНУ?

Секвестрація вуглецю - це процес використання вуглекислого газу з атмосфери рослинами в процесі фотосинтезу та його зберігання у генетичному профілі ґрунту і рослинній біомасі (стебла, листя, корені). При цьому якщо рослини є прикладами систем відносно короткотривалого зберігання вуглецю, то ґрунти за умов їх правильного використання здатні зберігати його вічно. Вуглецеві сполуки «консервуються» в ґрунті, перетворюючись на ґрунтовий гумус, який є джерелом органічного вуглецю.



Науково-практична значущість проблеми полягає в тому, що ґрунт має бути ефективним поглиначем, а не джерелом парникових газів. За умови раціонального використання земельних угідь і застосування відповідних землеробських технологій орні землі здатні до секвестрації значної частини втрат вуглецю з ґрунту. Згідно з експертною думкою науковців секвестрація вуглецю буде тим ефективнішою, чим вищий відносний уміст стабільної органічної речовини в ґрунті. Управління процесами кругообігу та секвестрації вуглецю в ґрунті є ключовою ланкою в розв'язанні проблеми, аспектом якої є подолання деградації ґрунтів і пом'якшення наслідків кліматичних змін.



# Сівозміна впливає на секвестрацію вуглецю за допомогою різних чинників:

**Збільшення вмісту органічних речовин:** Підвищення акумуляції органічної речовини в ґрунті (секвестрації вуглецю) можливе за умови запровадження науково обґрунтованих екологічно збалансованих сівозмін і оптимізації структури посівних площ, які компенсують негативний вплив інтенсивного виробництва рослинницької продукції. Саме в сівозмінах закладається можливість запобігання деградації і підвищення родючості ґрунту, особливо зі значним відсотком багаторічних трав, зокрема бобових (конюшини, люцерни, еспарцету), які є стабілізуючою основою.

Різні сільськогосподарські культури залишають в ґрунті неоднакову кількість рослинних решток: багаторічні трави (бобові, злакові та їх суміші) за високої врожайності накопичують 5,0-8,0 т/га і більше сухої маси рослинних решток, озимі зернові – 3,5-4,0, ярі зернові – 1,5-4,0, просапні – картопля, буряки цукрові – 1,0-1,5, кукурудза 2,5-3,0 т/га.

Співвідношення між кількістю рослинних решток і урожаєм надземної маси у різних культур коливається у широкому інтервалі. Так на чорноземах у багаторічних трав воно становить 1,1-1,6, у однорічних культур суцільної сівби – 0,4-0,8; у кукурудзи – 0,20-0,29; буряків цукрових – 0,08-0,10; гороху – 0,2-0,3.

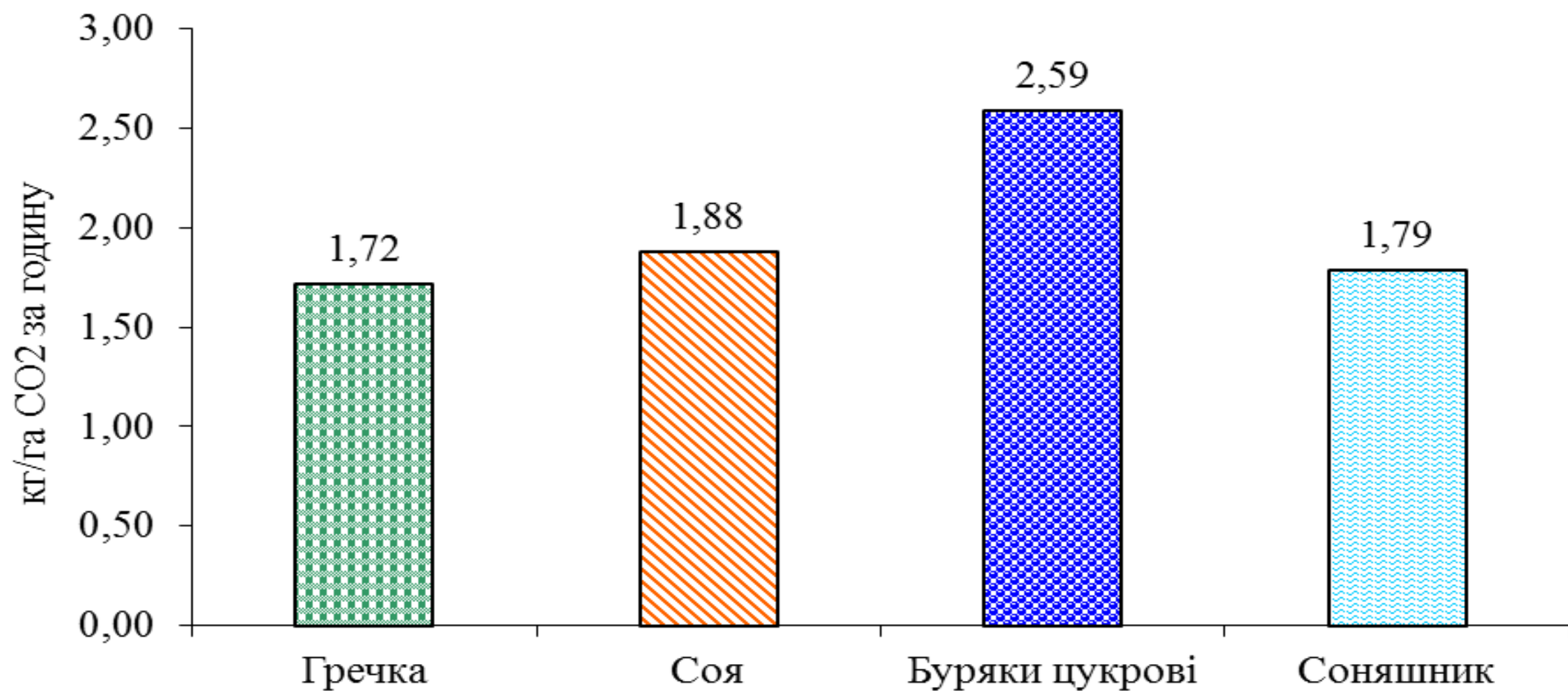
# Коренева система та мікоризні гриби.

Згідно з традиційним підходом, вирощування культур, які залишають більше біомаси (коренів і післяжнивних залишків), сприяє насиченню ґрунту вуглецем. Різноманітні рослинні угруповання з кореневими системами, що різняться за розміром і структурою коріння, розвивають міцну мережу ґрунтових пор, які дуже важливі для зберігання та захисту вуглецю

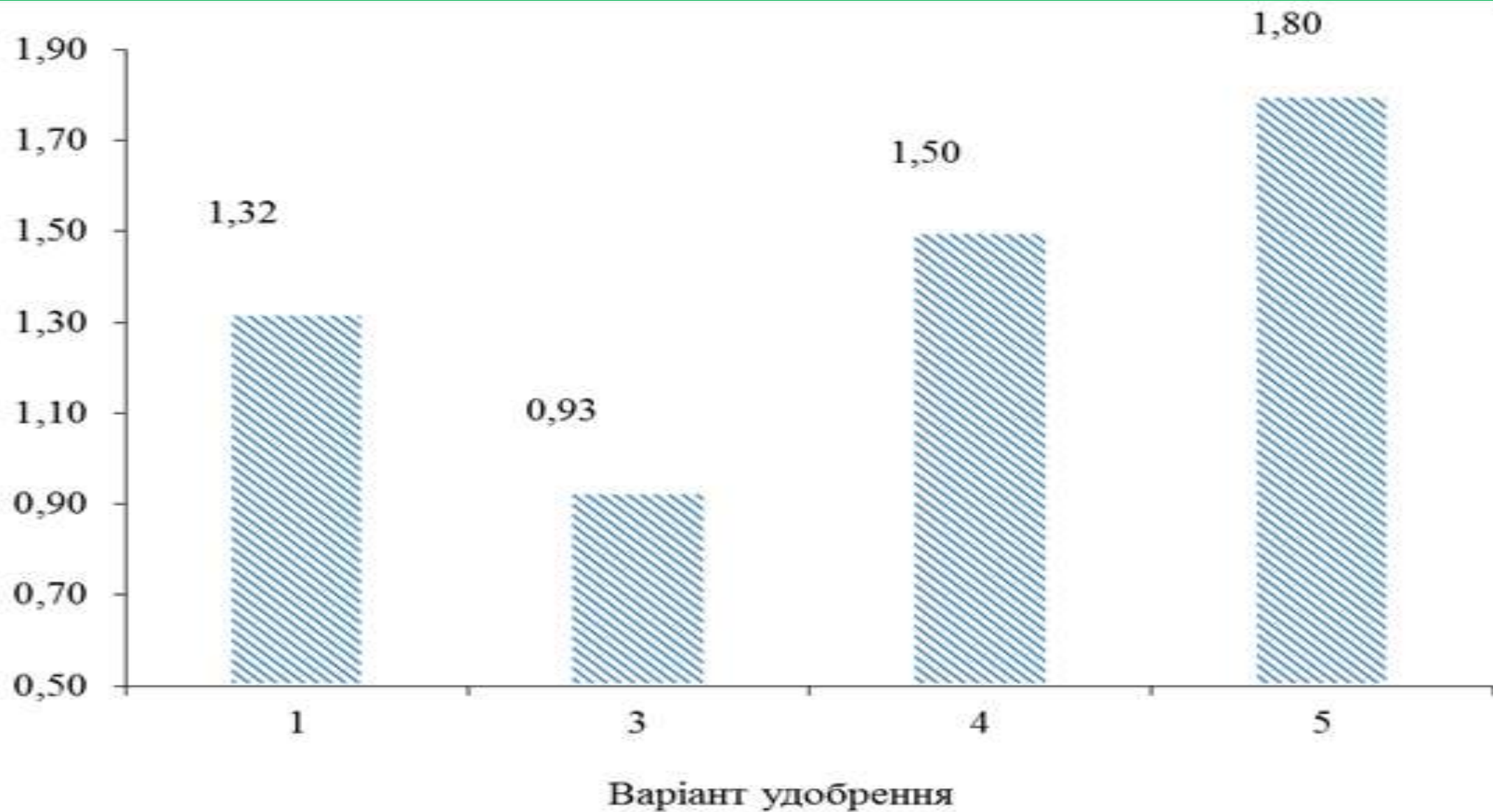
Деякі культури утворюють вигідні партнерства з мікоризними грибами, які посилюють переміщення сполук вуглецю у ґрунт.

Окрім того, всі органічні виділення кореневої системи стають поживними субстратами для ґрунтових мікроорганізмів у ризосфері рослин. За дослідженнями ряду вчених маса сухої речовини корневих виділень може дорівнювати масі високих врожаїв зерна.

<b>№ вар.</b>	<b>Набір та чергування культур у сівозміні</b>	<b>Надходження органічних речовин, т</b>	<b>Утворилось органічного карбону всього, т</b>	<b>Утворилось органічного карбону на 1 га сівозмінної площі, т</b>
1.	Соняшник-кукурудза на зерно	8,15	0,90	0,45
2.	Горох-пшениця озима-соняшник	11,62	1,32	0,44
3.	Соя-кукурудза-кукурудза	12,61	1,37	0,46
4.	Горох-пшениця озима-кукурудза	11,77	1,25	0,42
5.	Горох-пшениця озима-соняшник-кукурудза	16,38	1,81	0,45
6.	Соя-кукурудза-кукурудза-ячмінь ярий	16,03	1,78	0,45
7.	Горох-пшениця озима-соняшник-кукурудза- ячмінь ярий	21,13	2,36	0,47
8.	Однорічні трави- пшениця озима-буряк цукровий- горох-пшениця озима-соняшник- кукурудза	25,85	2,90	0,41



кг/га CO<sub>2</sub> за годину



Система удобрення: 1 – без добрив (контроль); 3 – N60P60K60 + післядія гною; 4 – післядія гною; 5 – солома гороху + післядія гною.



# Біорізноманіття.

- Науково-обґрунтована сівозміна дозволяє збільшити біорізноманіття сільськогосподарських культур в польових умовах, що призводить до зростання різних видів рослин з різними характеристиками надходження вуглецю. Різноманітність культур у сівозміні створює різноманіття у середовищі, що сприяє розвитку різних видів корисних мікроорганізмів та комах, які можуть бути корисними для ґрунту та рослин.
- Збільшення біологічного різноманіття допомагає стабілізувати екосистему та зменшує ризик виникнення погіршення умов для рослин.
- Ці мікроорганізми сприяють активному циклу вуглецю, допомагаючи його збереженню та підтримці родючості ґрунту.
- Різноманітність культур в сівозміні допомагає зберегти структуру ґрунту, що зменшує його вразливість до ерозії.
- Це сприяє утриманню органічного вуглецю в ґрунті, оскільки менше матеріалу втрачається через водну або вітрову ерозію.

# Зниження порушення ґрунту

У добре спланованій системі сівозміни можливе менше порушення ґрунту порівняно з тривалим монокультурним вирощуванням. Практика мінімального або нульового обробітку ґрунту тісно пов'язана з сівозміною, запобігаючи емісії накопиченого вуглецю з ґрунту в атмосферу.

# Боротьба зі шкідниками та хворобами

Порушення оптимальної структури посівних площ сільськогосподарських культур призводить до порушення сівозмін, розміщення культур після умовно допустимих і недопустимих попередників або у повторних посівах. За цих умов, як правило, різко погіршується фітосанітарний стан в агроценозі, порушується біологічна рівновага ґрунту, відбувається накопичення фітопатогенних мікроорганізмів – збудників кореневих гнилей, що, у свою чергу, призводить до зниження продуктивності сільськогосподарських культур.

Впровадження сівозмін і чітке їх дотримання порушує життєвий цикл спеціалізованих шкідників та хвороб. Знижуючи потребу в хімічних пестицидах, цим можна опосередковано підтримувати мікробні співтовариства ґрунту та потенціал зв'язування вуглецю.

# Поліпшення фітосанітарного стану ґрунту

Під впливом беззмінного вирощування сільськогосподарських рослин і високим насиченням ними сівозмін у ґрунті значно збіднюється груповий склад мікрофлори і з'являються фітотоксичні види, які підвищують токсичність ґрунту та знижують рівень його родючості.

Було встановлено, що у ґрунті беззмінних посівів порівняно інтенсивніше проходять процеси мінералізації органічної речовини та відповідно збільшення емісії карбону.

Науково-обґрунтоване чергування різних за біологічними особливостями культур, дотримання інтервалу повторного повернення їх на попереднє місце вирощування значно покращує фітосанітарний стан ґрунту за рахунок зменшення накопичення специфічних патогенів та шкідників, які пов'язані з тривалим монокультурним вирощуванням. Здорові ґрунти краще утримують вуглець.

# Кругообіг поживних речовин

Різні культури мають різні потреби в поживних речовинах і характер їхнього кругообігу. Це може призвести до покращення кругообігу поживних речовин у ґрунті, сприяючи посиленню зв'язування вуглецю.

# Довгостроковий вплив

Згодом сукупний вплив сівозміни на секвестрацію вуглецю може стати значним. Поступове збільшення вмісту органічної речовини та покращення якості ґрунту сприяють довгостроковому зберіганню вуглецю.

Важливо відзначити, що ефективність сівозміни для зв'язування вуглецю залежить від таких факторів, як конкретний набір культур, послідовність їх розміщення у сівозміні, регіональні особливості клімату та ґрунтові умови, а також методи ведення сільськогосподарського виробництва. Крім того, секвестрація вуглецю — лише одна з багатьох переваг сівозміни, яка також включає боротьбу зі шкідниками та хворобами, підвищення родючості ґрунту та диверсифікацію джерел доходу для фермерів. З цих причин впровадження добре спланованих систем сівозміни є ключовою стратегією сталого та екологічно чистого сільського господарства.

A wide-angle photograph of a rural landscape. In the foreground, there is a dense field of green, leafy plants, likely a vegetable or crop field. The plants are vibrant green and appear to be growing in dark soil. In the middle ground, there is a field of golden-brown crops, possibly wheat or corn, which are slightly out of focus. The background shows a flat horizon line with a line of trees under a clear, bright blue sky. The overall scene is bright and sunny.

**ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!**