

**О. В. ХАРЧЕНКО, Ю. Г. МІЩЕНКО, І. М. МАСИК,
В. І. ПРАСОЛ, Г. А. ДАВИДЕНКО**

**АГРОЕКОНОМІЧНЕ ТА ЕКОЛОГІЧНЕ
ОЦІНЮВАННЯ СІВОЗМІНИ**

(наукове видання)

2015

УДК 631.582

Рекомендовано до друку вченою радою Сумського національного аграрного університету. Протокол №2 від 28 вересня 2015р.

Рецензенти:

Д. В. Літвінов, доктор сільськогосподарських наук, професор, в.о. зав. відділом сівозмін і землеробства на меліорованих землях, ННЦ «інститут землеробства НААН»

П.Г. Копитко, доктор сільськогосподарських наук, професор кафедри землеробства Уманського національного університету садівництва

Автори: О. В. Харченко, Ю. Г. Міщенко, І. М. Масик, В. І. Прасол, Г. А. Давиденко

Агроекономічне та екологічне оцінювання сівозміни: наукове видання / За ред. Харченка О. В., Міщенко Ю. Г. – Суми: Мрія. – 2015. – 70 с.

В даній роботі розглядається проблема порівняльного оцінювання сівозмін з точки зору агроекономічної ефективності та екологічної доцільності. При цьому пропонується проводити таку оцінку в два етапи. На першому проводиться оцінка окремих культур за їх продуктивністю по зернових одиницях та вартості продукції (агроекономічні показники) та за балансом гумусу і основних елементів живлення (екологічні показники). На другому етапі за вказаними критеріями проводиться оцінювання кожної сівозміни зі своєю структурою культур. При цьому оцінці підлягають три варіанти, або рівні удобрення: без добрив, при внесенні першого центнера діючої речовини та при внесенні екологічно обґрунтованих норм добрив.

Видання розраховане на керівників сільськогосподарських підприємств, спеціалістів, фермерів. Може бути корисним магістрам і науковцям, фахівцям у галузі сільськогосподарського виробництва та землеустрою.

© Сумський національний аграрний університет

© О. В. Харченко, Ю. Г. Міщенко, І. М. Масик, В. І. Прасол, Г. А. Давиденко
2015

ВСТУП

Основою проектування будь якої сівозміни є перш за все біологічні обмеження, суть яких полягає в післядії попередника. Це включає такі чинники як хвороби, шкідники, бур'яни, вологозабезпеченість, диференціація по шарах ґрунту і по окремих елементів споживання поживних речовин і т.п. Крім того існують інші обмеження щодо структури культур в сівозміні. Серед них слід зазначити такі як зовнішньо економічні та внутрішні організаційно економічні. Перші зумовлюються попитом виробництва культур на ринку та її реалізаційною ціною, що досить часто і визначає фактичну структуру посівних площ, яка далеко не завжди узгоджується з біологічними особливостями культури. Внутрішні організаційно економічні вимоги полягають у залежності структури культур в сівозміні від інших галузей господарства, наприклад, тваринництва.

Загалом можна стверджувати, що для створення умов стійкого розвитку рослинництва необхідною умовою повинно бути суворе дотримання біологічних умов формування структури посівних площ у сівозміні, що на наш погляд, повинно бути однією з умов оренди земель сільськогосподарського призначення. При цьому в будь-якому разі реалізація сівозміни повинна не допустити зниження природної родючості ґрунтів, а при можливості – забезпечити її підвищення. Це в свою чергу забезпечить зростання урожайності, що формується за рахунок природної родючості ґрунтів, а отже зменшення необхідної норми мінеральних добрив для формування планової врожайності сільськогосподарських культур

Метою цієї праці є розробка методики порівняльної оцінки різних сівозмін для вибору оптимального варіанта за необхідними чи заданими критеріями. При цьому доцільним є розгляд варіантів без удобрення і при застосуванні добрив. Варіант без добрив є базовим, або фоновим, що характеризує продуктивність сівозміни на ґрунтах конкретної природнокліматичної зони. Варіант застосування добрив характеризує їхню ефективність на цих ґрунтах при тій чи іншій структурі посівних площ. При цьому, враховуючи той факт, що з підвищенням норм добрив їх ефективність зменшується, можна вважати за доцільне розглянути ефективність першого центнера діючої речовини мінеральних добрив та такої його величини, що забезпечить екологічну доцільність рівня врожайності культур.

Слід зазначити, що продуктивність сівозміни залежить як від продуктивності кожної культури в сівозміні, так і від її частки в структурі посівних площ. Це в свою чергу вказує на доцільність проведення дослідження в два етапи. Першим слід вважати повну оцінку продуктивності всіх основних культур сівозміни, а другим – оцінку можливих чи заданих схем сівозмін залежно від структури посівних площ.

1. АГРОБІОЛОГІЧНІ ОСНОВИ СКЛАДАННЯ СІВОЗМІН

Підвищення культури землеробства передбачає впровадження у виробництво заходів, що становлять науково обґрунтовану його систему. Серед них важливе значення мають правильні сівозміни, які є головною і незамінною її ланкою та займають особливе місце за різноманітним сприятливим впливом на родючість ґрунту і врожайність сільськогосподарських культур.

Сівозміна дає можливість розробляти технологію вирощування сільськогосподарських культур з урахуванням їх взаємного впливу, а також післядії кожного заходу, що застосовується під найближчі попередники. Ось чому зростання культури землеробства може бути забезпечене лише в разі дотримання науково–обґрунтованих сівозмін, які відповідають конкретним природно-кліматичним умовам і спеціалізації сільськогосподарського виробництва [5].

На основі сівозмін створюють системи удобрення, механічного обробітку ґрунту і захисту посівів від бур'янів, шкідників та збудників хвороб. Безсистемне проведення цих заходів, без врахування того, що вирощували на полі в попередні і що буде висіяне в наступні роки, призводить до низької ефективності й занедбаності полів. У сівозмінах краще проявляються об'єктивні закони землеробства, а дотримання їх дає змогу регулювати кругообіг елементів живлення рослин у сільському господарстві [8].

Враховуючи біологічні особливості й здатність польових культур не лише використовувати, а й активно відновлювати родючість ґрунту, сівозміна істотно впливає на такі фактори родючості, як забезпеченість поживними речовинами і вологою, вміст гумусу, біологічний режим, фізичні властивості та швидкість детоксикації шкідливих речовин, що надходять у ґрунт при його сільськогосподарському використанні. Науково обґрунтована сівозміна є заходом, що майже без додаткових матеріальних витрат сприяє підвищенню врожайності різних польових культур, більшість з яких негативно реагують на вирощування в умовах монокультури чи беззмінного посіву.

Крім того, сівозміна зумовлює агрономічну стратегію підвищення продуктивності ґрунту і врожайності сільськогосподарських культур, визначає та пов'язує в єдиний комплекс усі ланки системи землеробства. Від спеціалізації сівозмін, складу і чергування культур залежать системи удобрення, механічного обробітку ґрунту та інших агротехнічних і меліоративних заходів.

Агрономічна роль сівозміни на різних етапах розвитку землеробства, особливо за умов його інтенсифікації впливає із загального завдання наукового землеробства. За визначенням К. А. Тімірязєва і Д. М. Прянишнікова, це завдання полягає в узгодженні вимог культурних рослин з умовами вирощування. За відповідних

кліматичних умов і природних властивостей ґрунту оцінка сівоzmіни залежить від того, як впливають попередні культури і заходи їх вирощування (обробіток ґрунту, удобрення та ін.). Відомо, що цей вплив неоднаковий. Отже, створюються деякі відмінності у властивостях ґрунту і його родючості залежно від попередніх культур. Їх необхідно враховувати при розміщенні сільськогосподарських культур на полях, інакше кажучи, встановлювати науково-обґрунтоване чергування культур [6].

Властивості ґрунтів, навіть найродючіших, таких як чорноземи, не завжди відповідають потребам культурних рослин, особливо їх високоврожайних сортів. Тому створення необхідних умов для росту сільськогосподарських культур, раціональне використання і захист ґрунтів, збереження та підвищення їхньої родючості є основним завданням на всіх етапах розвитку землеробства. На підставі узагальненого досвіду щодо впливу на баланс і вміст гумусу німецькі дослідники поділяють сільськогосподарські культури на чотири групи.

1. Багаторічні кормові культури на орних землях при малій інтенсивності обробітку ґрунту збагачують ґрунт гумусом і азотом.

2. Однорічні бобові збагачують ґрунт азотом і не зменшують запаси гумусу.

3. Зернові колосові культури при незначній інтенсивності обробітку менше знижують вміст гумусу і азоту, ніж просапні культури.

4. Просапні культури, які вирощують при інтенсивному обробітку, сильно знижують вміст гумусу й азоту в ґрунті.

Олійні та спеціальні культури відповідно з їх впливом розміщують у перших трьох групах [2, 8].

Всі польові культури залежно від реакції та чергування їх у сівоzmіни можна поділити на такі групи: стабільні або самосумісні (жито, кукурудза, люпин жовтий, соя, просо, картопля – на полях, де відсутні нематоди); лабільні, що негативно реагують на повторні посіви (пшениця, овес, цукрові буряки, кормові буряки, конюшина, люцерна, горох, льон, соняшник, капуста); сівоzmінолабільні, які не можна висівати одну після іншої, наприклад, пшеницю після ячменю, овес після ячменю і навпаки.

Залежно від реакції рослин на беззмінне вирощування на полі всі польові культури поділяють на три групи: дуже чутливі (льон, буряки цукрові, соняшник, горох, люпин жовтий, просо, конюшина), середньо-чутливі (одні краще переносять - озимі зернові, другі гірше — ярі зернові, кукурудза, гречка), та малочутливі (картопля, коноплі, тютюн, рис, бавовник) [10].

Багаторічними дослідженнями наукових установ вирішено ряд питань теорії й практики застосування сівоzmін в окремих ґрунтово-кліматичних зонах України, а саме: місце, тривалість вирощування,

сумісність і період повернення культур у сівозмінах з урахуванням вимог інтенсивних технологій, ступінь насичення сівозмін провідними культурами в господарствах різного виробничого напрямку тощо.

НААН України, національним науковим центром «Інститут землеробства НААН» прийнято вважати можливими таку допустиму концентрацію посівів у сівозмінах: зернові культури – 60–80%, цукрові буряки – 20–25%, кукурудза – 50–60%, коноплі – 50%, картопля – 30–50%, соняшник і льон – 14–16% [17, 19]. Ці межі можуть істотно змінюватись (табл. 1).

Таблиця 1

Структура посівних площ з урахуванням науково обґрунтованих сівозмін на основі ґрунтово – екологічних принципів ведення землеробства на перспективу [2].

Природно-с.-г. регіон	Структура посівних площ, %							
	зернові і зерно бобові	технічні культури			картопля й овочеві	кормові культури		пар чорний
		всього	у т. ч.			всього	у т. ч. б. трави	
			ріпак / соя	соняшник				
Поліський	35-80	3-25	0,5-4	0,5	8-25	20-60	5-20	-
Лісостеповий	25-95	5-30	3-5 / 2-4	5-9	3-5	10-75	10-50	-
Північно-степовий	45-80	10-30	10 / 1-2	10	до 20	10-60	10-16	5-14
Південно-степовий	40-82	5-35	5-10	12-15	до 20	до 60	до 25	18-20
Перед-каратський	25-60	5-10	-	-	8-20	25-60	10-40	-

Рекомендовано співвідношення культур у сівозміні, яке не є абсолютно жорстким. Це, насамперед, стосується таких культур як кукурудза, соняшник, ріпак тощо. Зрозуміло, що науково обґрунтоване обмеження площ використання окремих культур, які найбільше виснажують ґрунт, покликане забезпечувати відновлення та збереження його родючості, запасів поживних речовин і гумусу, запобігти поширенню шкідників і збудників хвороб сільськогосподарських культур.

Тривалість ротації сівозміни залежить від культури, яка має найдовший період повернення на попереднє місце вирощування. Дотримання цієї вимоги дає змогу вирощувати культуру на максимально можливій площі.

Наукові принципи побудови сівозмін передбачають правильний підбір попередників та оптимальне поєднання одновидових культур із дотриманням допустимої періодичності їх повернення на одне й те ж поле (табл. 2). За такої побудови сівозміни, перш за все, виконують основну біологічну функцію – фітосанітарну і дозволяють максимально зменшити обсяги застосовуваних хімічних засобів захисту рослин. [14, 16].

Таблиця 2

Періодичність повернення сільськогосподарських культур на попереднє місце вирощування [16].

Культура	Роки повернення культури на попереднє місце	
	Лісостеп	Полісся
Озима пшениця	2-3	2-3
Озиме жито	1-2	1-2
Озимий ячмінь	1-2	1-2
Ячмінь, овес	1-2	1-2
Гречка	1-2	1-2
Просо	3-4	3-4
Горох, вика, чина, соя, кормові боби	3-4	3-4
Ріпак ярий та озимий	3-4	3-4
Цукрові і кормові буряки	3-4	3
Картопля	1-2	1-2
Соняшник	7-9	-
Еспарцет	2-3	-
Конюшина	3-4	3-4
Люцерна	3-4	3-4
Багаторічні злакові трави	3-4	3-4
Суданська трава	3	3
Сорго	3-4	3-4
Чорний пар	10	-
Кукурудза, кукурудза на силос	0-5	0-5
Однорічні трави	1-3	1-3

Процес спеціалізації сільського господарства в передових країнах почався давно і неухильно поширюється в Україні. З поглибленням цього процесу (насиченням сівозмін інтенсивними культурами, впровадженням нових високоврожайних сортів і гібридів, зростанням масштабів застосування добрив і хімічних засобів захисту рослин та енергомістких технологій вирощування) ускладнюється система управління родючістю, підвищуються вимоги до ґрунтів. Вони повинні забезпечувати посіви не лише сприятливим водно-повітряним і поживним режимами, а й мати помітну фітосанітарну функцію, здатність запобігати утворенню високої концентрації внесених хімічних сполук тощо.

Виробники в погоні за «швидкими» грошима концентрують зусилля на виробництві максимальної кількості високоприбуткової продукції. Так, на сьогоднішній час надзвичайно актуальною є проблема раціонального розміщення інтенсивних культур – таких як соняшник, кукурудза, ріпак та соя. І хоча «оптимізація» їх розміщення не є досить повно вивчена, в ряді районів України вже спостерігаються значні протиріччя спеціалізації їх виробництва з природними факторами. Зокрема повторне чи беззмінне вирощування найбільш

масово поширених в теперішній час кукурудзи та соняшнику призводить до помітного зниження їх врожайності та зростання чисельності бур'янів, зокрема специфічних видів [13]. Так у фазі викидання волоті кукурудзи у плодозмінній сівоzmіні нараховувалося 30 бур'янів на 1 м², у повторних посівах – 94, а в окремі роки – 281 шт./м². Крім того, вирощування кукурудзи протягом 2–3 років супроводжувалося нагромадженням у ґрунті личинок дротяників до 13,5-16,8 шт./га, збільшувалося пошкодження рослин стебловим метеликом і пухирчастою сажкою, вогнищем яких були післязбиральні рештки й корені кукурудзи. В посівах соняшника при недотриманні оптимальних строків повернення на попереднє місце вирощування масово поширюються бур'яни паразити [2, 8].

За беззмінного вирощування сільськогосподарських культур спостерігається зниження їх врожайності і погіршення якості врожаю, що найбільш часто пов'язано не лише з зростанням забур'яненості посівів і ушкодження їх шкідниками та хворобами, а й однобічним використанням поживних речовин ґрунту та накопиченням у ґрунті різних токсичних речовин – продуктів життєдіяльності рослин і мікроорганізмів.

Науково-технічний прогрес і зростання виробничо-ресурсного потенціалу певною мірою нівелюють існуючі протиріччя. За умов оптимального забезпечення добривами і пестицидами, використання стійких до хвороб сортів, біопрепаратів і інших засобів захисту рослин значення чергування культур щодо мінерального живлення, боротьби з бур'янами, шкідниками і хворобами послаблюється, зростає можливість повторного вирощування культур.

Головним критерієм доцільності чергування культур іноді гостро стає вологозабезпечення через зміну в теперішній час кліматичних умов до більш посушливих. Вирішення проблеми регулювання водного режиму може здійснюватися технічними засобами – зокрема застосуванням зрошення.

Щодо біологічних факторів (таких як діяльність ґрунтової біоти, гумусовий і фітотоксичний режими ґрунту), то з поглибленням спеціалізації вони важче піддаються управлінню, тому багато в чому лімітують продуктивність землі [7].

Якщо більшість стримуючих факторів може бути усунена різними засобами, питання лише в мірі витратності та екологічної безпеки застосування препаратів і технологій, то нездоланною перешкодою на шляху поглиблення спеціалізації сівоzmін є біологічна ґрунтовтома внаслідок нагромадження в ґрунті колінів. Ґрунтовтома виникає як правило при беззмінній сівбі деяких культур і призводить до значного зниження врожайності. Відомі льоновтома, буряковтома, соняшниковтома, конюшиновтома та ін. В агрономічній науці постійну увагу приділяють виявленню причин ґрунтовтоми. З'ясовано, що існує багато загальних причин, але для окремих культур встановлено

й специфічні: для льоновтоми – поширення грибних захворювань, зокрема фузаріозу; для буряковтоми – поширення нематоди, для конюшиновтоми – збіднення ґрунту на фосфор і калій. Але цим не вичерпуються причини ґрунтовтоми: навіть при усуненні зазначених причин за беззмінної культури врожаї залишаються нижчими, ніж за науково - обґрунтованого чергування культур [5].

На цей час до проблемних факторів, що не дозволяють уникнення науково обґрунтованого чергування культур без великих затрат, відносять розвиток бурякової нематоди, кореневої гнилі, вовчка соняшникового та ряд інших. У тих випадках, коли беззмінне вирощування культур призводить до нагромадження специфічних шкідників, помітно зростає витратність виробництва внаслідок застосування інсектицидів і ще більше — екологічний ризик унаслідок їх токсичності [8].

Одним із дієвих заходів усунення негативних наслідків беззмінного вирощування культур можливо розглядати проміжні посіви, які розміщують між двома головними культурами сівозміни і створюють плодозмінну ланку [2].

У випадках спрощення сівозмін до 3-4 полів слід максимально залучати посіви проміжних сидеральних культур для відновлення біологічних та агрофізичних факторів родючості з метою послаблення явищ алелопатичної ґрунтовтоми, що дозволяє суттєво зменшити потребу в застосовуванні пестицидів та інших агрохімікатів [8, 20].

Сучасними дослідженнями встановлено, що сидерація ефективна проти хвороб рослин у зв'язку з посиленням активності сапрофітних мікроорганізмів, які є антагоністами таких збудників хвороб, як фузаріоз льону, ризоктоніоз картоплі. Високою є проти фунгіцидна дія таких сидератів, як овес, гірчиця, редька олійна, жито озиме, гречка, фацелія, та сидеральні сумішки.

Сидерація – дієвий чинник взаємодії біотичних і абіотичних процесів, що трансформують органічну речовину за допомогою ґрунтової мікрофлори у доступні для засвоєння рослинами сполки. Органічна речовина бобових і «молодих» сидератів характеризується вузьким співвідношенням C : N (1:20), що обумовлює інтенсивну мінералізацію фітомаси та відповідно вищий відсоток забезпеченості ґрунту поживними речовинами на початкових етапах розвитку культурних рослин [4].

Коренева система сидератів, пронизуючи товщу ґрунту, взаємодіє з ним, забезпечуючи рівномірний розподіл органічної речовини та запобігаючи розвитку ерозійних процесів. Одночасно при цьому поліпшуються основні агрофізичні показники ґрунту та руйнується так звана «плужна підшва», що в кінцевому результаті покращує використання необхідних для рослин факторів життя [12].

Для досягнення дієвого ефекту сидеральні культури в проміжних посівах повинні відповідати наступним вимогам:

а) накопичувати достатню вегетативну масу (не менше 100–150 ц/га) за короткий вегетаційний період (40–60 днів) із сумою ефективних температур 800–1000°C і вологозабезпеченості на рівні 120 – 200 мм. опадів;

б) бути холодо- і зимостійкими (легко переносити зниження температур в осінній період);

в) мати високий коефіцієнт розмноження насіння (1: 40–60), тобто насіння повинно бути дешевим.

В першу чергу цим вимогам відповідають хрестоцвіті культури – озимий і ярий ріпак, редька олійна, гірчиця біла, рижій, яра й озима суріпиця, а також озиме жито, гречка, фацелія вика та сумішки цих культур.

Вітчизняний і зарубіжний досвід показує, що використання сидератів у проміжних посівах надає можливість дотримуватися науково-обґрунтованого чергування культур з різними біологічними та виробничими особливостями. За таких умов виконуються всі основні завдання, що передбачені при вирощуванні культур у сівозмінах: поповнення джерел органічних речовин та азоту в ґрунті; зменшення непродуктивних витрати вологи та елементів живлення за рахунок зниження процесів інфільтрації з верхнього шару ґрунту і тим самим підвищення коефіцієнту використання опадів, добрив та хімічних меліорантів; уповільнення процесів ерозії, зменшення забур'яненості посівів, а в ряді випадків і грибкових захворювань культурних рослин; посилення біологічної активності та поліпшення структурного стану і будови ґрунту [20].

Таким чином, підсумовуючи вище викладене, варто відмітити, що при досягненні в структурі посівних площ максимально допустимих меж насичення культурами виникають протиріччя між плодозміною і спеціалізацією землеробства, які можуть загострюватись. Тому дотримання сівозмін залишається одним з обов'язкових чинників, що забезпечує найраціональніше використання орних земель, матеріальних і трудових ресурсів. Вони є організаційно-територіальною основою сталого землеробства, а їх порушення та нехтування елементарними вимогами до чергування культур, біології ґрунту і рослин призводить до втрати родючості ґрунту і зменшення продуктивності культур, та спричиняє різного роду екологічні небезпеки для навколишнього середовища.

2. КРИТЕРІЇ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ОЦІНЮВАННЯ ОСНОВНИХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

2.1. Критерії оцінювання у варіанті без удобрення

2.1.1. АГРОЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА

Суть визначень полягає у встановленні урожайності кожної культури за природною родючістю ґрунтів, тобто без застосування добрив, по основній продукції і зернових одиницях та її вартості

Основою для таких розрахунків є бонітет ґрунту, як середній по сівозміні (Б), ціна одного балу бонітету урожайністю культури (Ц_Б), перевідні коефіцієнти в зернові одиниці (К_{ЗО}), також відомий чи прийнятий рівень інтенсивності сорту (RiC) та закупівельної ціною (Ц_П).

Бонітет ґрунту (Б) являє собою кількісну оцінку його природної родючості та виражається в балах бонітету (Б ≤ 100 балів). Звичайно не викликає сумніву, що кожне поле характеризується своїми конкретними агрохімічними показниками, а отже і конкретним балом бонітету. Однак, враховуючи, що сівозміна оцінюється не в умовах конкретного року, а за ротацію, то в розрахунки доцільно вводити середнє значення для сівозміни. Визначається це значення із умови:

$$B = \frac{\sum B_i \times F_i}{\sum F_i}, \text{ бал} \quad (1)$$

Наразі існують різні підходи щодо бонітування ґрунтів за оціною урожайності культури [1]:

1. Загальний бонітет за врожайністю культури.
2. Агрохімічний бонітет.
3. Еколого-агрохімічний бонітет.

Загалом можна стверджувати, що кожному підходу до оцінки бонітету відповідає своє значення ціни балу бонітету (Ц_Б). Наразі рекомендованим є еколого-агрохімічний бал бонітету [8, 10], що включає в себе крім агрохімічних показників ще ряд екологічних критеріїв (агро-кліматичні умови, засоленість, кислотність, заболоченість, забруднення радіонуклідами, важкими металами, залишками пестицидів). При цьому ціна бала складає для всіх культур складає 0,41 ц з.о./га, тобто добуток бонітету та вказаної величини ціни являє собою врожайність культури в зернових одиницях:

$$Y_B = 0,41B / K_{ZO}, \text{ ц з.о./га} \quad (2)$$

Для переведу цієї величини в урожайність основної продукції культури необхідно розділити на коефіцієнт переведу (К_{ЗО}):

$$Y_B = 0,41B / K_{ZO}, \text{ ц о.п./га} \quad (3)$$

Значення еколого-агрохімічного бонітету визначається в системі «Держродючість», а перевідні коефіцієнти наводяться в таблиці 3.

Таблиця 3

Перевідні коефіцієнти в зернові і кормові одиниці [1, 3]

№ п/п	Культура	K _{зо}	№ п/п	Культура	K _{зо}
1.	Пшениця озима	1,00	8.	Буряк цукровий	0,26
2.	Ячмінь озимий	0,90	9.	Соняшник	2,00
3.	Жито озиме	0,90	10.	Ріпак на зерно	2,00
4.	Кукурудза на зерно	1,00	11.	Соя	2,00
5.	Ячмінь ярий	0,80	12.	Картопля	1,80
6.	Овес	0,70	13.	Люцерна (з/м)	0,15
7.	Горох	1,40	14.	Редька олійна (з/м)	0,12

Все наведене трактування можна вважати достатнім для проведення практичних розрахунків, проте, на нашу думку, неврахованим залишається істотний факт – особливості сорту та технології.

Стосовно сорту слід зазначити, що кожний із нових сортів характеризується індивідуальним рівнем урожайності, визначеним його генетичними особливостями. Отже оскільки кожний новий сорт є більш урожайним, то він є і більш інтенсивним за попередні чи прийняті за стандарт. Таким чином, якщо новий сорт чи гібрид сформував більшу урожайність ніж сорт, що прийнятий за стандарт, в тих же погодних умовах (перш за все умови зволоження) і на тому ж рівні живлення (природна родючість ґрунтів та рівень удобрення), то це вказує, що він (новий сорт) характеризується вищим коефіцієнтом використання елементів з ґрунту і добрив і меншим коефіцієнтом сумарного водоспоживання. Таким чином, кількісно такий стан речей можна визначити як рівень інтенсивності сорту чи гібриду (R_i) і визначатися він може як співвідношення фактичного за останні три роки врожайності культури даного сорту та нормативного його рівня.

$$R_i C = \frac{Y_{\phi}}{Y_H} \quad (4)$$

З точки зору реалізації культурою такого ресурсу як існуючого рівня живлення, нормативна урожайність визначається за існуючими залежностями, прийнятими в агрономії [4, 15, 22, 23]. Зрозуміло, що таке трактування є слушним тільки за умови рівності всіх інших технологічних умов. У випадку, коли при вирощуванні нового сорту додатково застосовують інші технологічні операції як то: застосування стимуляторів росту, дробне внесення добрив, позакореневе підживлення і т.п. то виникає необхідність додатково оцінювати і рівень інтенсивності технології (RiT). Разом ці два показники можуть

визначити рівень інтенсивності агротехніки в цілому (RiA). В цих розрахунках доцільно використовувати поняття рівень інтенсивності сорту (RiC), оскільки при кількісному оцінюванні інтенсивності технології мають місце деякі методичні неузгодженості. В нашому випадку можемо стверджувати, що якщо урожайність існуючих чи базових сортів без застосування добрив, тобто за природною родючістю ґрунтів, визначається залежностями 2 і 3, то для нових сортів вона буде в « RiC » раз більшою. Стосовно кількісного значення цього показника, то однозначно можна стверджувати лише те, що кожний новий сорт вимагає такого оцінювання. Проведені нами розрахунки показали, що для переважної більшості сільськогосподарських культур цей показник у виробничих умовах коливається в межах 1,20-1,50 [1]. Отже формули 2 і 3 можна уточнити як:

$$Y_B = 0,41 \cdot RiC \cdot B, \text{цз.о.} / \text{га} \quad (2a)$$

$$Y_B = 0,41 \cdot RiC \cdot B / K_{30}, \text{цз.п.} / \text{га} \quad (3a)$$

Вартість цієї продукції визначається закупівельною ціною (C_{Π}), і за аналогією з попереднім вартість продукції з одного гектара, що зайнята даною культурою визначиться як:

$$BP = 0,41B \cdot C_{\Pi} \cdot RiC / K_{30})_i, \text{грн} / \text{га} \quad (5)$$

Як приклад, в таблиці 4 подаються такі розрахунки для основних сільськогосподарських культур

Таблиця 4

Приклад розрахунків зі встановлення продуктивності основних сільськогосподарських культур ($B = 60$ балів)

№ п/п	Культура	Прийнятий рівень інтенсивності сорту (RiC)	Урожайність культури, ц/га		Закупівельна ціна (C_{Π}), грн./ц	Вартість продукції, грн./га
			в зернових одиницях	в основній продукції		
1	Пшениця озима	1,50	36,9	36,9	180	6642
2	Горох	1,20	29,5	21,0	250	5250
3	Ячмінь ярий	1,20	29,5	32,9	160	5264
4	Кукурудза на зерно	1,50	36,9	36,9	110	4059
5	Соняшник	1,20	29,5	14,8	800	11840

Отже з одного гектара сівозмінної площі без застосування добрив слід очікувати 29,5 до 36,9 ц зернових одиниць з одного гектара або дохід від 4059 до 11840 грн./га доходу.

2.1.2. ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА

Загально відомо, що формування врожайності сільськогосподарських культур відбувається за рахунок використання таких факторів як світло, тепло, волога, повітря та мінеральні речовини, які являють собою основні елементи живлення. Ресурси всіх вказаних факторів є так чи інакше відновлювальними і тільки елементи живлення, які входять в склад основної продукції, відчужуються разом з нею. Слід також зазначити, що процес використання основних елементів з ґрунту відбувається паралельно з мінералізацією гумусу, що також є джерелом необхідних для рослин мінеральних елементів. При цьому існує думка, що біля половини азоту, який необхідний для формування врожаю, постачається через мінералізацію гумусу [1]. При цьому необхідно також зазначити, що як вміст основних елементів живлення (N, P, K) в ґрунті так і вміст гумусу є основними показниками природної родючості ґрунтів. Все вказане дозволяє говорити про те, що екологічна оцінка вирощування сільськогосподарських культур повинна враховувати і дефіцит балансу гумусу і дефіцит основних елементів живлення. Крім того в ряді випадків, особливо в існуючій ситуації, можна вважати за доцільне оцінювати як культуру так і сівозміну за кількістю тої частини побічної продукції, яка може бути товарною, особливо зернових колосових культур.

а). За дефіцитом балансу гумусу

Загально відомо, що дефіцит балансу гумусу являє собою різницю між втратами гумусу (B_r) та його надходженням (H_r).

Втрати гумусу. Ця стаття балансу є найбільш складною і суперечливою з точки зору природи цього явища [22]. Загалом наразі нормативними документами рекомендовано визначати цей показник за залежністю [14, 15]:

$$B = G \cdot h \cdot d \cdot K_1 \cdot K_2, m / \text{га} \quad (8)$$

де: G – вміст гумусу в ґрунті, %;

h – глибина орного шару ґрунту, см;

d – щільність ґрунту, t/m^3 ;

K_1 – коефіцієнт мінералізації гумусу,

K_2 – відносний індекс біологічної продуктивності.

Із зазначених показників більш за все залежить від культури коефіцієнт мінералізації гумусу, який на чорноземних ґрунтах Полісся складає [1, 18]:

- під багаторічними травами – 0,0037-0,0032;
- під зерновими – 0,0060-0,0052;
- під просапними – 0,0125-0,0108

Отже, для зони Лісостепу ($K_2 = 1,065$) при $G = 3,60\%$, $h = 22\text{см}$, $d = 1,25\text{т/м}^3$ Втрати гумусу в середньому складуть:

- під зерновими

$$B_{\Gamma} = 3,60 \cdot 22 \cdot 1,25 \cdot 0,0056 \cdot 1,065 = 0,590\text{т/га}$$

- під просапними

$$B_{\Gamma} = 3,60 \cdot 22 \cdot 1,25 \cdot 0,0116 \cdot 1,065 = 1,201\text{т/га}$$

Таким чином, можна стверджувати, що чим більша питома вага просапних культур в сівозміні, тим більшими є втрати гумусу на мінералізацію і навпаки.

Надходження гумусу. При вирощуванні будь-якої культури після відчуження основної продукції в полі загалом залишається вся побічна продукція. Сама ця продукція за останніми рекомендаціями складається з соломи чи то листостебельної маси та стерні і коренів. Загальний вихід побічної продукції можна визначити через коефіцієнт перерахунку до основної продукції (K_{CB}) та долями в цій продукції соломи (K_C) та стерні і коренів (K_K). Слід також зазначити, що перша половина побічної продукції може бути товарною, оскільки може бути відчужена для тваринництва, енергетики, будівництва і т.п. Отже та побічна продукція, яка залишається на полі, загортається в ґрунт (вся чи тільки стерня і корені) і в результаті гуміфікації перетворюється в гумус. Коефіцієнт гуміфікації рослинних решток ($K_{ГР}$) є індивідуальним для зони та культури [1, 10, 15]. Крім того загально відомо, що для забезпечення оптимальних умов гуміфікації-мінералізації необхідним є внесення азотних добрив в кількості 8-10 кг д.р./т побічної продукції, а частіш за все тільки соломи чи листостебельної маси.

Отже виходячи із зазначеного можна стверджувати, що кількість гумусу, утворювана з побічної продукції без застосування органічних добрив з одного гектара посіву визначається як:

$$H_{\Gamma} = (Y_{оп} \cdot K_{CB} \cdot K_K \cdot K_{ГР}), \text{т/га} \quad (9)$$

В цій залежності маємо, що коли в ґрунт загортається вся побічна продукція, то $K_K = 1$.

Всі необхідні вихідні дані для подальших розрахунків наведені в таблиці 5.

Таблиця 5

Вихідні дані до розрахунків по утворенню гумусу під основними сільськогосподарськими культурами [10, 15]

№ п/п	Культура	K_{CB}	K_C	K_K	$K_{ГР}$
1	Пшениця озима	1,4	0,53	0,47	0,20
2	Горох	1,3	0,54	0,46	0,21
3	Ячмінь ярий	1,1	0,51	0,49	0,20
4	Кукурудза на зерно	1,5	0,58	0,42	0,20
5	Соняшник	2,0	0,50	0,50	0,15

Розрахунки по оцінці балансу гумусу через його дефіцит зведені в таблиці 6.

Отримані результати показують, що під кожною культурою утворюється досить різна кількість побічної продукції, а отже і різна кількість гумусу здатна утворитися. Встановлено, що за прийнятих умов при загортанні соломи в ґрунт під такими культурами як пшениця озима і ячмінь ярий кількість гумусу зростає, тобто має місце профіцит балансу гумусу. Під горохом, кукурудзою на зерно та особливо під соняшником відмічається зменшення гумусу з дефіцитом відповідно 0,017, 0,093 і 0,757 т/га. При умові відчуження соломи під всіма зазначеними культурами відмічається хоча і різний за величиною дефіцит балансу гумусу.

Зрозуміло, що баланс гумусу в сівозміні залежить від структури культур в ній, тобто залежить не тільки від культур, а від їх питомої ваги в цій структурі. За логікою розрахунків маємо, що чим більшу урожайність формує культура, тим більшою є маса побічної продукції, тим більше формується гумусу. Це вказує на те, що існує така величина врожайності культури, яку можна характеризувати як мінімальну, за якої під культурою має місце нульовий дефіцит балансу в ґрунті.

Ця величина може бути визначена :

- при умові загортання соломи в ґрунт

$$Y_{\min} \geq \frac{10B_{\Gamma}}{K_{CB} \cdot K_{ГР}}, \text{ т/га} \quad (10)$$

- при відчуженні соломи

$$Y_{\min} \geq \frac{10B_{\Gamma}}{K_{CB} \cdot K_K \cdot K_{ГР}}, \text{ т/га} \quad (11)$$

Таблиця 6

Розрахунок дефіциту балансу гумусу під основними сільськогосподарськими культурами

№ п/п	Культура	Урожайність, ц/га	Втрати гумусу (B_r), т/га	Побічна продукція, т/га			Надходження гумусу (H_r), т/га		Дефіцит гумусу ($D_r = B_r - H_r$), т/га	
				Вся	В т.ч.		З усієї побічної продукції	Зі стерні і коренів	При загортанні соломи	При відчужені соломи
					Солома	Стерня і корені				
1	Пшениця озима	36,9	0,590	5,16	2,74	2,42	1,032	0,484	-0,442	0,106
2	Горох	21,0	0,590	2,73	1,47	1,26	0,573	0,265	0,017	0,325
3	Ячмінь ярий	32,9	0,590	3,62	1,85	1,77	0,724	0,354	-0,134	0,236
4	Кукурудза на зерно	36,9	1,201	5,54	3,04	2,50	1,108	0,500	0,093	0,701
5	Соняшник	14,8	1,201	2,96	1,48	1,48	0,444	0,222	0,757	0,979

Наведені в таблиці 7 урожайні дані із розрахунку на 1 га посіву можуть бути орієнтирами по якісній оцінці балансу гумусу.

Таблиця 7

Мінімальна урожайність сільськогосподарських культур за умовами бездефіцитності балансу гумусу

№ п/п	Культура	Мінімальна урожайність, ц/га	
		При загортанні соломи	При відчужені соломи
1	Пшениця озима	21,1	44,8
2	Горох	21,6	47,0
3	Ячмінь ярий	26,8	54,7
4	Кукурудза на зерно	40,0	95,3
5	Соняшник	40,0	80,0

б). За дефіцитом основних елементів живлення

Дефіцит балансу основних елементів живлення в ґрунті, за аналогією з попереднім також являє собою різницю між втратами елементів та їх надходженням. Однак в даному випадку, за умови невнесення добрив, стаття балансу «надходження» відсутня, а втрати визначаються виносом вказаних елементів з урожаєм основної продукції, а у випадку відчуження соломи – в тому числі і з нею. Отже втрати основних елементів живлення через виніс їх врожаєм і являє собою дефіцит їх балансу. Вихідні дані до розрахунків наведені в табл. 8. Виходячи із зазначеного можна стверджувати, що вирощування сільськогосподарських культур без застосування добрив є екологічно не обґрунтованим, оскільки в цьому випадку апріорі має місце дефіцит балансу основних елементів живлення. Кількісно цей дефіцит представлено в табл. 9.

Таблиця 8

Характеристика хімічного складу врожаю основних сільськогосподарських культур [15]

Культура	Вміст в основній продукції, кг/ц ($C_{оп}^E$)			Всього Σ НРК, кг/ц	Вміст в побічній продукції, кг/ц ($C_{пп}^E$)			Винос на 1 ц основної та відповідної кількості соломи, кг/ц ($C_{оп}^E + K_{св} \cdot K_c \cdot C_{пп}^E$)			Всього Σ НРК, кг/ц
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
Пшениця озима	2,80	0,85	0,50	4,15	0,45	0,20	0,90	2,93	1,00	1,17	5,10
Ячмінь ярий	2,10	0,85	0,55	3,50	0,50	0,20	1,00	2,38	0,96	1,11	4,45
Соняшник	2,61	1,39	0,96	4,96	1,56	0,76	5,25	4,17	2,15	6,21	12,53
Кукурудза на зерно	1,91	0,57	0,37	2,85	0,75	0,30	1,64	2,56	0,83	2,83	6,22
Соя (Горох)*	5,80	1,04	1,26	8,10	1,20	0,31	0,63	6,64	1,26	1,70	9,60

* без врахування азотфіксації

Таблиця 9

Кількісна оцінка дефіциту балансу основних елементів живлення
при вирощуванні без добрив

№ п/п	Культура	Урожай- ність, ц/га	Втрати (дефіцит) Σ NPK на 1 га, кг/га	
			При загортанні соломи	При відчуженні соломи
1	Пшениця озима	36,9	153,1	188,2
2	Горох	21,0	170,1	201,6
3	Ячмінь ярий	32,9	115,2	146,4
4	Кукурудза на зерно	36,9	105,2	229,5
5	Соняшник	14,6	72,4	182,9

Отже, отримані дані показують, що при вирощуванні сільськогосподарських культур без застосування добрив при загортанні соломи в ґрунт втрати основних елементів живлення через відчуження основної продукції коливаються від 72,4 до 170,1 кг/га, що і являє собою щорічний дефіцит елементів. У випадку відчуження частини побічної продукції (соломи та листостеблової маси) цей дефіцит суттєво зростає і коливається в межах 146,4 – 229,5 кг/га. Зрозуміло, що за необхідності така оцінка може бути проведена і по окремих елементах.

Таким чином, оцінка сівозміни без застосування добрив є базовою основою оцінювання конкретної сівозміни в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах. Крім того необхідно зазначити, при вирощуванні культури без застосування добрив всяке підвищення врожайності має різний ефект як з точки зору балансу гумусу, так і з точки зору балансу основних елементів. Тобто, зростання врожайності веде до зростання побічної продукції, а отже і до збільшення надходження гумусу, однак при цьому зростає виніс основних елементів живлення з ґрунту за відсутності їх надходження.

2.2. Можливі критерії оцінювання культур при застосуванні добрив

2.2.1. АГРОЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ САМИХ ДОБРІВ

Відомо, що ефективність мінеральних добрив визначається особливостями сільськогосподарської культури та природно-кліматичними умовами. Крім того, при врахуванні того, що відгук культури на норму добрив піддається дії закону спадної дохідності [15, 22], то цей ефект залежить і від величини самої норми.

На даному етапі оцінювання можна вважати за доцільне визначитися перш за все з ефективністю використання першого центнера мінеральних добрив, тобто як найбільш ефективного, при вирощуванні тих чи інших культур в умовах зони конкретних ґрунтів.

При врахуванні ефективності добрив за умови дії закону спадної дохідності приріст урожайності культури описується одновершинною куполоподібною кривою рівнянням квадратичної параболи, яка в нашому випадку має вид (Рис. 1):

$$\Delta Y_M = RiC(aX^2 + bX) \quad (12)$$

де: RiC – рівень інтенсивності сорту;

X – норма мінеральних добрив, ц д.р./га;

a і b – емпіричні коефіцієнти, які є індивідуальними для культури, зони (тип ґрунту) та умов.

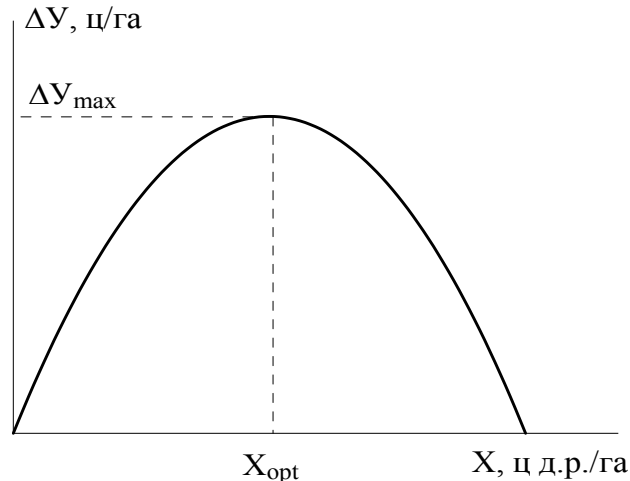


Рис. 1. Характер відгуку культури приростом урожайності (ΔY) на норму добрив (X)

В таблиці 10 наведено розрахунки щодо ефективності 1 ц діючої речовини повного мінерального живлення окремих культур і сівозміни в цілому на чорноземах типових реградованих та вилугуваних [15]. Одержані дані показують, що при існуючих цінах вартість додаткової продукції, що може бути отримана від внесення одного (першого) центнера діючої речовини повного мінерального живлення є дуже різною і коливається в межах 865,6 – 3328,0 грн/га. При цьому необхідно зазначити, що якщо вартість 1 ц діючої речовини разом з витратами на внесення наразі складає біля 1000 грн, то тільки для ячменю ярого застосування добрив є збитковим.

Таблиця 10

Агроекономічна оцінка ефективності 1 ц мінеральних добрив при застосуванні під культури сівозміни

№ п/п	Культура	Прийнятий рівень інтенсивності сорту (R/C)	Базова модель відгуку $\Delta Y_M = aX^2 + bX$	Приріст урожаю, ц/га		Вартість додаткової продукції, грн./га
				основної продукції	зернових одиниць	
1	Пшениця озима	1,50	$-0,98X^2 + 8,26X$	10,92	10,92	1965,6
2	Горох	1,20	$-0,72X^2 + 5,28X$	5,47	7,66	1367,5
3	Ячмінь ярий	1,20	$-0,58X^2 + 5,09X$	5,41	4,33	865,6
4	Кукурудза на зерно	1,50	$-0,97X^2 + 9,27X$	12,45	12,45	1369,5
5	Соняшник	1,20	$-0,45X^2 + 3,92X$	4,16	8,32	3328,0

2.2.2. АГРОЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ КУЛЬТУР ПРИ ЗАСТОСУВАННІ ДОБРІВ

За аналогією з попередніми визначеннями в таблиці 11 наводиться індивідуальна агроекономічна оцінка основних сільськогосподарських культур при внесенні 1 ц д.р./га. При цьому урожайність кожної культури визначалася як сума урожайності, що може бути сформована за рахунок природної родючості ґрунтів (Y_B) та приросту врожаю від застосування добрив (ΔY).

Таблиця 11

Агроекономічна оцінка основних сільськогосподарських культур при внесенні 1 ц/га мінеральних добрив

№ п/п	Культура	Прийнятий рівень інтенсивності сорту (RiC)	Урожайність культури, ц/га		Закупівельна ціна (C_p), грн./ц	Вартість продукції, грн./га
			в зернових одиницях	в основній продукції		
1	Пшениця озима	1,50	47,8	47,8	180	8604,0
2	Горох	1,20	37,1	26,5	250	6625,0
3	Ячмінь ярий	1,20	30,6	38,3	160	6128,0
4	Кукурудза на зерно	1,50	49,5	49,4	110	5434,0
5	Соняшник	1,20	38,0	19,0	800	15200,0

2.2.3. ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ҐРУНТІВ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ ДОБРІВ

а). По дефіциту балансу гумусу

Баланс гумусу розраховують за аналогією з попереднім, а результати цих визначень зведені в табл. 12.

Доведено, що застосування мінеральних добрив нормою 1 ц забезпечує не тільки суттєве зростання урожайності, а і підвищення кількості побічної продукції, а отже і надходження гумусу. При цьому із умови загортання в ґрунт соломи дефіцит гумусу відмічається тільки по соняшнику.

Таблиця 12

Розрахунок дефіциту балансу гумусу під основними сільськогосподарськими культурами
при внесенні 1 ц д. р./га

№ п/п	Культура	Урожайність, ц/га	Втрати гумусу (В _Г), т/га	Побічна продукція, т/га			Надходження гумусу (Н _Г), т/га		Дефіцит гумусу (Д _Г = В _Г - Н _Г), т/га	
				Вся	В т.ч.		З усієї побічної продукції	Зі стерні і коренів	При загортанні соломи	При відчужені соломи
					Солома	Стерня і корені				
1	Пшениця озима	47,8	0,590	6,69	3,55	3,14	1,338	0,628	-0,548	-0,038
2	Горох	26,5	0,590	3,45	1,86	1,59	0,725	0,334	-0,135	0,256
3	Ячмінь ярий	38,3	0,590	4,21	2,15	2,06	0,842	0,354	-0,134	0,236
4	Кукурудза на зерно	49,4	1,201	7,41	4,30	3,11	1,482	0,622	-0,281	0,579
5	Соняшник	19,0	1,201	3,80	1,90	1,90	0,570	0,285	0,631	0,916

б). По дефіциту основних елементів живлення

При встановленні дефіциту основних елементів в ґрунті в даній сівоzmіні розрахунки виконувалися за аналогією з попередніми з врахуванням того, що надходження цих елементів під кожену культуру визначалося нормою внесених добрив, яка складала, за умовою, 100 кг д. р./га (табл. 13).

В результаті проведених розрахунків встановлено, що така норма добрив (100 кг) суттєво вплинула на дефіцит основних елементів живлення в ґрунті, проте він за виключенням соняшнику залишається істотним.

2.3. Оцінка культур за умови забезпечення бездефіцитності основних елементів у ґрунті

2.3.1. УМОВИ БЕЗДЕФІЦИТНОСТІ ОСНОВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ У ҐРУНТІ

Суть подальших розрахунків полягає в тому, щоб провести оцінювання сівоzmіні при умові, коли вирощування кожної культури забезпечить бездефіцитний баланс основних елементів живлення. Такі умови є можливими тільки в тому випадку, коли кількість основних елементів, що виносяться врожаєм культури (основною продукцією чи основною і частково побічною) буде співпадати з кількістю елементів, що вноситься в ґрунт в якості добрив. Зрозуміло, що внесення добрив веде до зростання врожаю, що само по собі вказує на пошук такого рівня урожайності, за якої винос основних елементів врожаєм відповідатиме нормі внесених добрив.

Відомо, що урожайність сільськогосподарської культури залежить від природної родючості ґрунту чи його бонітету ($Y_B = f(B)$) та норми добрив, що вноситься ($\Delta Y = f_1(X)$):

$$Y = Y_B + \Delta Y, \quad (13)$$

При існуючих наразі різних методів визначення складових даної залежності, вважаємо за доцільне проводити визначення урожайності культури за рахунок еколого-агрохімічного бонітету ґрунту, а приріст урожайності від застосування добрив – методом спадної дохідності. З врахуванням встановленого чи прийнятого рівня інтенсивності сорту (RiC) значення цих величин можуть бути встановленими відповідно за формулами 3а та 14.

Таблиця 13

Кількісна оцінка дефіциту балансу основних елементів живлення при нормі удобрення 1ц д. р./га

№ п/п	Культура	Урожай- ність, ц/га	Надходже ння Σ NPK на 1 га, кг/га	Втрати Σ NPK на 1 га, кг/га		Дефіцит Σ NPK на 1 га, кг/га	
				При загортанні соломи	При відчужені соломи	При загортанні соломи	При відчужені соломи
1	Пшениця озима	47,8	100	198,4	243,8	98,4	143,8
2	Горох	26,5	100	214,6	254,4	114,6	154,4
3	Ячмінь ярий	38,3	100	134,1	170,4	34,1	70,4
4	Кукурудза на зерно	49,4	100	140,8	307,3	40,8	207,3
5	Соняшник	19,0	100	94,2	238,1	-5,8	138,1

Отже виходячи із зазначеного за аналогією з формулою 13 може бути формалізована залежністю типу (нова метод):

$$Y = aX^2 + bX + c, \text{ ц/га} \quad (14)$$

Де c – урожайність, що може бути отримана за рахунок природної родючості ґрунтів.

З врахуванням даних табл. 4 і 10 для конкретних умов і культур маємо:

- для пшениці озимої – $Y = -1,47X^2 + 12,39X + 36,9, \text{ ц/га}$;
- для гороху – $Y = -0,86X^2 + 6,34X + 21,0, \text{ ц/га}$;
- для ячменю ярого – $Y = -0,70X^2 + 6,11X + 32,9, \text{ ц/га}$;
- для кукурудзи на зерно – $Y = -1,45X^2 + 13,91X + 36,9, \text{ ц/га}$;
- для соняшника – $Y = -0,54X^2 + 4,70X + 14,6, \text{ ц/га}$

(14a)

З іншого боку, зрозуміло, що з кожним центнером основної продукції виноситься якась кількість НРК ($C = C_{оп}^E$). У випадку відчуження соломи з кожним центнером основної продукції виноситься дещо більша кількість елементів ($C_1 = (C_{оп}^E + K_{св} \cdot K_c \cdot C_{пл}^E)$), що наведено в табл. 6. Отже виходячи із зазначеного можна стверджувати, що кількість основних елементів живлення (X , ц/га), яка виноситься врожаєм (Y , ц/га) визначиться як:

$$X = 0,01Y \cdot C, \text{ ц/га}, \text{ або } X = 0,01Y \cdot C_1, \text{ ц/га} \quad (15)$$

Звідси маємо, кожній кількості виносу елементів відповідає конкретна урожайність:

$$Y = \frac{100X}{C}, \text{ ц/га} \quad \text{або} \quad Y_1 = \frac{100X}{C_1}, \text{ ц/га} \quad (16)$$

Отже, забезпечення бездефіцитності основних елементів можливе при умові рівності залежностей 14 і 16, а необхідна норма добрив при цьому визначається із моделі:

$$aX^2 + b_1X + c = 0, \text{ ц/га} \quad (17)$$

$$\text{де} \quad b_1 = \left(b - \frac{100}{C}\right) \quad \text{або} \quad b_1 = \left(b - \frac{100}{C_1}\right) \quad (18)$$

Величина цієї норми визначиться як рішення квадратного рівняння:

$$X_{1,2} = \frac{-b_1 \pm \sqrt{b_1^2 - 4ac}}{2a}, \text{ ц/га} \quad (19)$$

Всі допоміжні визначення зведені в табл. 12.

Таблиця 14

Розрахунки по встановлення урожайності сільськогосподарських культур та необхідної норми добрив для забезпечення умов бездефіцитності NPK

№ п/ п	Культу ра	Параметр «в ₁ »		Необхідна норма добрив (X), ц/га		Необхідний рівень урожайності, ц/га		Приріст урожайності від добрив, ц/га	
		при загорта нні соломи	при відчуж ені солом и	при загорта нні соломи	при відчуж ені солом и	при загорта нні соломи	при відчуж ені солом и	при загорта нні соломи	при відчуж ені солом и
1	Пшени ця озима	-11,71	-7,22	2,42	3,11	58,3	61,0	21,4	24,1
2	Горох	-6,00	-4,08	2,56	3,11	31,6	32,4	10,6	11,4
3	Ячмінь ярий	-22,46	- 16,36	1,40	2,62	40,0	58,9	7,1	26,0
4	Кукуру дза на зерно	-21,18	-2,18	1,57	4,34	55,1	69,8	18,2	32,9
5	Соняш ник	-15,46	-3,24	0,92	3,00	18,5	23,9	3,9	9,3

2.3.2. ОЦІНЮВАННЯ ОСНОВНИХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР ЗА УМОВИ ЗАБЕЗПЕЧЕННІ БЕЗДЕФІЦИТНОГО БАЛАНСУ NPK

Всі подальші розрахунки по оцінюванню культур проводяться за аналогією з попередніми. Так, за результатами агроекономічної оцінки (табл. 15) можна стверджувати, що для забезпечення заданої умови при загортанні соломи в ґрунт необхідна норма добрив складає 0,92 – 2,56 ц д. р./га, а при її відчуженні – 2,62 – 4,34 ц д. р./га. При таких нормах добрив додаткова урожайність основної продукції і зернових одиниць суттєво зростає, як і зростає вартість додаткової продукції.

Стосовно екологічного оцінювання, то можна стверджувати, що за визначенням баланс основних елементів не оцінюється, а підлягає оцінці тільки баланс гумусу. Результати розрахунку балансу гумусу, зведені в таблицях 16 і 17, переконливо показують, що в такому варіанті удобрення культур заданої сівозміни при загортанні соломи забезпечується суттєвий профіцит гумусу після всіх культурах крім соняшника, а у варіанті відчуження соломи профіцит гумусу відмічається тільки після пшениці озимої та ячменю ярого.

Таблиця 15

Агроекономічна оцінка основних культур за внесення
бездефіцитної норми мінеральних добрив

№ п/п	Культура	Бездефіцитна норма добрив, ц д. р.		Приріст врожайності основної продукції, ц/га		Приріст врожайності в зернових одиницях, ц/га		Вартість додаткової продукції, грн./га	
		при загортанні соломи	при відчужені соломи	при загортанні соломи	при відчужені соломи	при загортанні соломи	при відчужені соломи	при загортанні соломи	при відчужені соломи
1	Пшениця озима	2,42	3,11	21,4	24,1	21,4	24,1	3852,0	4338,0
2	Горох	2,56	3,11	10,6	11,4	14,8	16,0	2650,0	2850,0
3	Ячмінь ярий	1,40	2,62	7,1	26,0	5,7	20,8	1136,0	4160,0
4	Кукурудза на зерно	1,57	4,34	18,2	32,9	18,2	32,9	2002,0	3619,0
5	Соняшник	0,92	3,00	3,9	9,3	7,8	18,6	3120,0	7440,0

Таблиця 16

Надходження біомаси та утворення гумусу під основними сільськогосподарськими культурами
за умови бездефіцитності NPK

№ п/п	Культура	Необхідний рівень урожайності, ц/га		Кількість побічної продукції, що згортається в ґрунт, т/га		Утворення гумусу, т/га	
		при загортанні соломи в ґрунт	при відчуженні соломи	при загортанні соломи в ґрунт	при відчуженні соломи	при загортанні соломи в ґрунт	при відчуженні соломи
1	Пшениця озима	58,3	61,0	8,16	4,01	1,632	0,802
2	Горох	31,6	32,4	4,11	1,94	0,863	0,407
3	Ячмінь ярий	40,0	58,9	4,40	3,17	0,880	0,634
4	Кукурудза на зерно	55,1	69,8	8,26	4,40	1,652	0,880
5	Соняшник	18,5	23,9	3,70	2,39	0,555	0,358

Таблиця 17

Баланс гумусу під основними культурами
за умови бездефіцитності NPK

№ п/п	Культура	Втрати гумусу, (B_{Γ}), т/га	Надходження гумусу (H_{Γ}), т/га		Дефіцит гумусу ($D_{\Gamma} = B_{\Gamma} - H_{\Gamma}$), т/га	
			у варіанті загортання соломи	у варіанті відчуження соломи	у варіанті загортання соломи	у варіанті відчужен-ня соломи
1	Пшениця озима	0,590	1,632	0,802	-1,042	-0,212
2	Горох	0,590	0,863	0,407	-0,273	0,183
3	Ячмінь ярий	0,590	0,880	0,634	-0,290	-0,044
4	Кукурудза на зерно	1,201	1,652	0,880	-0,451	0,321
5	Соняшник	1,201	0,555	0,358	0,646	0,843

3. ПРИКЛАДИ ОЦІНЮВАННЯ СІВОЗМІН ЗА РІЗНИМИ ПОКАЗНИКАМИ ПРОДУКТИВНОСТІ

Для прикладу оцінювання вибрано три сівозміни:

1). Семипільна – 1 горох, 2,3 пшениця озима, 4 кукурудза на зерно, 5 ячмінь ярий, 6 кукурудза на зерно, 7 соняшник.

2). Чотирьохпільна – 1 горох, 2 пшениця озима, 3 кукурудза на зерно, 4 ячмінь ярий.

3). Чотирьохпільна – 1 горох, 2,3 кукурудза на зерно, 4 ячмінь ярий.

Формалізована структура культур указаних сівозмін наведена в таблиці 18.

Таблиця 18

Структура сівозмін, що підлягають оцінюванню

Культура	Доля культур в сівозміні (α)		
	сівозміна 1	сівозміна 2	сівозміна 3
Пшениця озима	0,29	0,25	–
Горох	0,14	0,25	0,25
Ячмінь ярий	0,14	0,25	0,25
Кукурудза на зерно	0,29	0,25	0,50
Соняшник	0,14	–	–

3.1. Без застосування добрив

3.1.1. АГРОЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА

а). За продуктивністю одного гектара сівозмінної площі

Зрозуміло, що за вказаними вище залежностями (формули 2а і 3а) визначають урожайність культури з 1га, а для встановлення частки урожаю в одному гектарі сівозмінної площі необхідно вказані величини помножити на частку культури в сівозміні (α_i).

Отже все наведене дозволяє стверджувати, що збір урожаю з частини одного гектара сівозмінної площі визначається як:

$$Y_B^{СП} = \alpha_i Y_B \quad (20)$$

Отже наведені дані показують, що найбільший вихід з одного гектара сівозмінної площі зернових одиниць відмічено в першій семипільній сівозміні (33,3ц/га), а інших чотирьохпільних вони виявилися однаковими і склали 32,4ц/га (табл.. 19).

Таблиця 19

Встановлення продуктивності
1га сівозмінної площі прийнятих сівозмін (Б = 60 балів)

№ п/п	Культура	Урожайність (Y_B), ц/га		Частка врожаю в гектарі сівозмінної площі ($Y_B^{CP} = \alpha_i Y_B$), ц					
		осн. прод	зерн. один	сівозміна 1		сівозміна 2		сівозміна 3	
				осн. прод	зерн. один	осн. прод	зерн. один	осн. прод	зерн. один
1	Пшениця озима	36,9	36,9	10,7	10,7	9,2	9,2	—	—
2	Горох	21,0	29,5	2,9	4,1	5,2	7,4	5,2	7,4
3	Ячмінь ярий	32,9	29,5	4,6	3,7	8,2	6,6	8,2	6,6
4	Кукурудза на зерно	36,9	36,9	10,7	10,7	9,2	9,2	18,4	18,4
5	Соняшник	14,8	29,5	2,1	4,1	—	—	—	—
		—	—	—	$\Sigma 33,3$	—	$\Sigma 32,4$	—	$\Sigma 32,4$

б). За вартістю основної продукції з одного гектара сівозмінної площі

Вартість основної продукції визначається закупівельної ціною (C_{II}), і за аналогією з попереднім вартість продукції з одного гектара сівозміни визначиться як сума вартості урожаю всіх культур з одного гектара сівозмінної площі:

$$BII = 0,41B\Sigma(C_{II} \cdot \alpha \cdot RiC / K_{30})_i, \text{ грн / га} \quad (21)$$

Приклад розрахунків цього показника наведено в таблиці 20.

За економічними показниками можна стверджувати, що найбільша вартість продукції з одного гектара очікується в першій сівозміні (6244грн/га), а найменша – в третій (4636грн/га).

Таблиця 20

Приклад економічної оцінки одного гектара сівозмінної площі без застосування добрив для різних сівозмін

№ п/п	Культура	Закупівельна ціна (Ц _п), грн./ц	Сівозміна 1		Сівозміна 2		Сівозміна 3	
			уро-жай, ц	вар-тість, грн	уро-жай, ц	вар-тість, грн	уро-жай, ц	вар-тість, грн
1	Пшениця озима	180	10,7	1926	9,2	1656	—	—
2	Горох	250	2,9	725	5,2	1300	5,2	1300
3	Ячмінь ярий	160	4,6	736	8,2	1312	8,2	1312
4	Кукурудза на зерно	110	10,7	1177	9,2	1012	18,4	2024
5	Соняшник	800	2,1	1680	—	—	—	—
				Σ6244	—	Σ5280	—	Σ4636

3.1.2. ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА

а). За дефіцитом балансу гумусу

Загалом втрати гумусу з одного гектара сівозміни можна визначити як:

$$B_{\Gamma}^{СП} = \Sigma(\alpha \cdot B_{\Gamma})m / \text{га} \quad (22)$$

Всі розрахунки по встановленню втрат гумусу зведені в таблиці 21.

Таблиця 21

Приклад розрахунків втрат гумусу на мінералізацію в прийнятих сівозмінах

№ п/п	Культура	Втрати гумусу з 1га посіву культури, т/га	Втрати гумусу з еквівалентної частини 1 га площі сівозміни, т		
			сівозміна 1	сівозміна 2	сівозміна 3
1	Пшениця озима	0,590	0,171	0,148	—
2	Горох	0,590	0,083	0,148	0,148
3	Ячмінь ярий	0,590	0,083	0,148	0,148
4	Кукурудза на зерно	1,201	0,348	0,300	0,600
5	Соняшник	1,201	0,168	—	—
		—	Σ0,853	Σ0,744	Σ0,896

Наведене дозволяє стверджувати, що найбільші втрати гумусу відмічені в третій сівозміні (0,896 т/га), а найменші – в другій (0,744т/га)

Дані про надходження біомаси та утворення гумусу представлено в таблицях 22а, 22б і 22в.

Таблиця 22а

Надходження біомаси та утворення гумусу в першій сівозміні без застосування добрив

№ п/п	Культура	Частка врожаю основної продукції в 1 га сівозмінної площі, ц	Побічна продукція, ц			Гумус, т	
			вся	в т.ч.		з усієї продукції	зі стерні і коренів
				солома	стерня і корені		
1	Пшениця озима	10,7	15,0	8,0	7,0	0,300	0,140
2	Горох	2,9	3,8	2,0	1,8	0,080	0,037
3	Ячмінь ярий	4,6	5,1	2,6	2,5	0,102	0,050
4	Кукурудза на зерно	10,7	16,1	9,3	6,8	0,322	0,135
5	Соняшник	2,1	4,2	2,1	2,1	0,063	0,032
		—	Σ44,2	Σ24,0	Σ20,2	Σ0,867	Σ0,394

Таблиця 22б

Надходження біомаси та утворення гумусу в другій сівозміні без застосування добрив

№ п/п	Культура	Частка врожаю основної продукції в гектарі сівозмінної площі, ц	Побічна продукція, ц			Гумус, т	
			вся	в т.ч.		з усієї продукції	зі стерні і коренів
				солома	стерня і корені		
1	Пшениця озима	9,2	12,9	6,8	6,1	0,258	0,122
2	Горох	5,2	6,8	3,6	3,2	0,143	0,066
3	Ячмінь ярий	8,2	9,0	4,6	4,4	0,180	0,088
4	Кукурудза на зерно	9,2	13,8	8,0	5,8	0,276	0,116
5	Соняшник	—	—	—	—	—	—
		—	Σ42,5	Σ23,0	Σ19,5	Σ0,857	Σ0,392

Таблиця 22в

Надходження біомаси та утворення гумусу в третій сівозміні без застосування добрив

№ п/п	Культура	Частка врожаю основної продукції в гектарі сівозмінної площі, ц	Побічна продукція, ц			Гумус, т	
			вся	в т.ч.		з усієї продукції	зі стерні і коренів
				солома	стерня і корені		
1	Пшениця озима	—	—	—	—	—	—
2	Горох	5,2	6,8	3,6	3,2	0,143	0,066
3	Ячмінь ярий	8,2	9,0	4,6	4,4	0,180	0,088
4	Кукурудза на зерно	18,4	27,6	16,0	11,6	0,552	0,232
5	Соняшник	—	—	—	—	—	—
		—	Σ43,4	Σ24,2	Σ19,2	Σ0,875	Σ0,386

Баланс гумусу по кожній із сівозмін представлений в табл. 23а, 23б і 23в. встановлено, що якщо в першій і другій сівозміні при загортанні соломи спостерігається деякий профіцит гумусу, то в третій незначний дефіцит. При відчужені соломи в усіх випадках має місце дефіцит.

Таблиця 23а

Баланс гумусу в першій сівозміні у варіанті без застосування добрив на 1 га площі

№ п/п	Культура	Втрати гумусу, (В _Г)т	Надходження гумусу (Н _Г), т		Дефіцит гумусу (Д _Г = В _Г - Н _Г), т	
			з усією побічною продукцією	зі стернею і коренями	з усією побічною продукцією	зі стернею і коренями
1	Пшениця озима	0,171	0,300	0,140	-0,129	0,031
2	Горох	0,083	0,080	0,037	0,003	0,046
3	Ячмінь ярий	0,083	0,102	0,050	-0,019	0,033
4	Кукурудза на зерно	0,348	0,322	0,135	0,026	0,213
5	Соняшник	0,168	0,063	0,032	0,105	0,136
		Σ0,853 т/га	Σ0,867 т/га	Σ0,394 т/га	Σ-0,014 т/га	Σ0,459 т/га

Таблиця 23б

Баланс гумусу в другій сівозміні
у варіанті без застосування добрив на 1 га площі

№ п/п	Культура	Втрати гумусу, (В _Г)т	Надходження гумусу (Н _Г), т		Дефіцит гумусу (Д _Г = В _Г - Н _Г), т	
			з усією побічною продукц.	зі стернею і кореннями	з усією побічною продукц.	зі стернею і кореннями
1	Пшениця озима	0,148	0,258	0,122	-0,110	0,026
2	Горох	0,148	0,143	0,066	0,005	0,082
3	Ячмінь ярий	0,148	0,180	0,088	-0,032	0,060
4	Кукурудза на зерно	0,300	0,276	0,116	0,024	0,184
5	Соняшник	—	—	—	—	—
		Σ0,744 т/га	Σ0,857 т/га	Σ0,392 т/га	Σ-0,113 т/га	Σ0,352 т/га

Таблиця 23в

Баланс гумусу в третій сівозміні
у варіанті без застосування добрив на 1 га площі

№ п/п	Культура	Втрати гумусу, (В _Г)т	Надходження гумусу (Н _Г), т		Дефіцит гумусу (Д _Г = В _Г - Н _Г), т	
			з усією побічною продукт.	зі стернею і кореннями	з усією побічною продукт.	зі стернею і кореннями
1	Пшениця озима	—	—	—	—	—
2	Горох	0,148	0,143	0,066	0,005	0,082
3	Ячмінь ярий	0,148	0,180	0,088	-0,032	0,060
4	Кукурудза на зерно	0,600	0,552	0,232	0,048	0,368
5	Соняшник	—	—	—	—	—
		Σ0,896 т/га	Σ0,875 т/га	Σ0,386 т/га	Σ0,021 т/га	Σ0,510 т/га

б). За дефіцитом основних елементів живлення

Розрахунки балансу основних елементів живлення в усіх трьох сівозмінах представлені в табл. 24.

Таблиця 24

Втрати (дефіцит балансу) Σ NPK в різних сівозмінах у варіанті без добрив

№ п/ п	Культура	Сівозміна 1			Сівозміна 2			Сівозміна 3		
		частка врожаю в 1 га сівозмінної площі, ц	при загортанні соломи, кг	при відчужені соломи, кг	частка врожаю в 1 га сівозмінної площі, ц	при загортанні соломи, кг	при відчужені соломи, кг	частка врожаю в 1 га сівозмінної площі, ц	при загортанні соломи, кг	при відчужені соломи, кг
1	Пшениця озима	10,7	43,6	53,6	9,2	38,2	46,9	—	—	—
2	Горох	2,9	23,5	27,8	5,2	42,1	49,9	5,2	42,1	49,9
3	Ячмінь ярий	4,6	16,1	20,5	8,2	28,7	36,5	8,2	28,7	36,5
4	Кукурудза на зерно	10,7	30,5	66,6	9,2	26,2	57,2	18,4	52,4	114,4
5	Соняшник	2,1	10,4	26,3	—	—	—	—	—	—
		—	Σ 124,1	Σ 194,8	—	Σ 135,2	Σ 190,5	—	Σ 123,2	Σ 200,8

3.2. При застосуванні 1 ц д.р./га добрив

3.2.1. АГРОЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ САМИХ ДОБРИВ

В цьому випадку за критеріями, визначеними в розділі 2.2 визначається кількість продукції кожної культури в одному гектарі сівозмінної площі в кожній сівозміні в одиницях основного продукції та в зернових одиницях (табл. 25). Після цього для кожної сівозміни визначають вартість додаткової продукції (табл. 26).

Таблиця 25

Агрономічна оцінка ефективності першого центнера добрив в різних сівозмінах

№ п/п	Культура	Приріст урожаю, ц/га		Приріст урожаю на еквівалентну площу, ц					
				Сівозміна 1		Сівозміна 2		Сівозміна 3	
		О.п.	З.о	О.п.	З.о	О.п.	З.о	О.п.	З.о
1	Пшениця озима	10,92	10,92	3,17	3,17	2,73	2,73	–	–
2	Горох	5,47	7,66	0,77	1,07	1,37	1,91	1,37	1,91
3	Ячмінь ярий	5,41	4,33	0,76	0,61	1,35	1,08	1,35	1,08
4	Кукурудза на зерно	12,45	12,45	3,61	3,61	3,11	3,11	6,22	6,22
5	Соняшник	4,16	8,32	0,58	1,16	–	–	–	–
		–	–	–	Σ9,62	–	Σ8,83	–	Σ9,21

Одержані дані показують, що найбільший вихід продукції в зернових одиницях відмічено в першій сівозміні (9,62 ц з. о./га), а найменший – в другій (8,83 ц з. о./га).

При існуючих закупівельних цінах вартість додаткової продукції з одного гектара сівозмінної площі найбільшою виявилася в першій сівозміні (1745,8 грн.), а найменшою – в третій (1244,3 грн.). При цьому за аналогією з п 2.2.1 можна зазначити, що якщо вартість 1 ц діючої речовини разом з витратами на внесення наразі складає біля 1000 грн., то тільки для всіх сівозмін внесення першого центнера мінеральних добрив є рентабельним з його величиною 74,6 – 24,4%.

Таблиця 26

Економічна оцінка ефективності першого центнера добрив в різних сівозмінах (по приросту врожаю)

№ п/п	Культура	Закуп. ціна, грн./ц	Сівозміна 1		Сівозміна 2		Сівозміна 3	
			уро-жай, ц	вартість, грн.	уро-жай, ц	вартість, грн.	уро-жай, ц	вартість, грн.
1	Пшениця озима	180	3,17	570,6	2,73	491,4	–	–
2	Горох	250	0,77	192,5	1,37	342,5	1,37	342,5
3	Ячмінь ярий	160	0,76	121,6	1,35	217,6	1,35	217,6
4	Кукурудза на зерно	110	3,61	397,1	3,11	342,1	6,22	684,2
5	Соняшник	800	0,58	464,0	–	–	–	–
			–	Σ1745,8	–	Σ1393,6	–	Σ1244,3

3.2.2. АГРОЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ КУЛЬТУР ПРИ ЗАСТОСУВАННІ ДОБРІВ

За аналогією з попередніми (табл. 11) в табл. 27 наводиться економічна оцінка вибраних сівозмін при внесенні 1 ц д. р./га. При цьому урожайність кожної культури визначалася як сума урожайності, що може бути сформована за рахунок природної родючості ґрунтів ($У_B$) та приросту врожаю від застосування добрив (ΔY).

Одержане дозволяє стверджувати, що у випадку –застосування добрив нормою 100кг/га з точки зору найбільшого доходу найкращою є перша сівозміна, а найгіршою – третя.

Таблиця 27

Агроекономічна оцінка різних сівозмін
при внесенні 1 ц/га мінеральних добрив

№ п/ п	Культура	Сівозмінна 1		Сівозмінна 2		Сівозмінна 3	
		уро- жай, ц з. о.	вар- тість, грн.	уро- жай, ц з. о.	вар- тість, грн.	уро- жай, ц з. о.	вар- тість, грн.
1	Пшениця озима	13,87	2496,6	11,93	2147,4	—	—
2	Горох	5,17	917,5	9,31	1642,5	9,31	1642,5
3	Ячмінь ярий	4,31	857,6	7,68	1529,6	7,68	1529,6
4	Кукурудза на зерно	14,31	1574,1	12,31	1354,1	24,62	2708,2
5	Соняшник	5,26	2144,0	—	—	—	—
		Σ42,92	Σ7989,8	Σ41,23	Σ6673,6	Σ41,61	Σ5880,3

3.2.3. ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА

а). За дефіцитом балансу гумусу

Таблиця 28а

Надходження біомаси та утворення гумусу в першій сівозміні при
нормі добрив 100кг/га

№ п/п	Культура	Частка врожаю основної продукції в 1 га сівозмінної площі, ц	Побічна продукція, ц			Гумус, т	
			вся	в т.ч.		з усієї продукції	зі стерні і коренів
				солома	стерня і корені		
1	Пшениця озима	13,9	19,5	10,3	9,2	0,390	0,184
2	Горох	3,7	4,8	2,6	2,2	0,101	0,046
3	Ячмінь ярий	5,4	5,9	3,0	2,9	0,118	0,058
4	Кукурудза на зерно	14,3	21,5	12,4	9,1	0,430	0,182
5	Соняшник	2,7	5,4	2,7	2,7	0,081	0,041
		—	Σ57,1	Σ31,0	Σ27,1	Σ1,120	Σ0,511

Таблиця 28б

Надходження біомаси та утворення гумусу в другій сівозміні при
нормі добрив 100кг/га

№ п/п	Культура	Частка врожаю основної продукції в гектарі сівозмінної площі, ц	Побічна продукція, ц			Гумус, т	
			вся	в т.ч.		з усієї продукції	зі стерні і коренів
				солома	стерня і корені		
1	Пшениця озима	11,9	17,2	9,1	8,1	0,344	0,162
2	Горох	6,6	8,6	4,6	4,0	0,181	0,084
3	Ячмінь ярий	9,6	10,6	5,4	5,2	0,216	0,104
4	Кукурудза на зерно	12,3	18,5	10,7	7,8	0,370	0,156
5	Соняшник	—	—	—	—	—	—
		—	Σ54,9	Σ29,8	Σ25,1	Σ1,111	Σ0,506

Таблиця 28в

Надходження біомаси та утворення гумусу в третій сівозміні при
нормі добрив 100кг/га

№ п/п	Культура	Частка врожаю основної продукції в гектарі сівозмінно ї площі, ц	Побічна продукція, ц			Гумус, т	
			вся	в т.ч.		з усієї продукції	зі стерні і коренів
				солома	стерня і корені		
1	Пшениця озима	—	—	—	—	—	—
2	Горох	6,6	8,6	4,6	4,0	0,181	0,084
3	Ячмінь ярий	9,6	10,6	5,4	5,2	0,216	0,104
4	Кукурудза на зерно	24,6	37,0	21,4	15,6	0,740	0,312
5	Соняшник	—	—	—	—	—	—
		—	Σ56,2	Σ31,4	Σ24,8	Σ1,137	Σ0,500

Таблиця 29а

Баланс гумусу в першій сівоzmіні
при внесенні 1 ц добрив на 1 га сівоzmінної площі

№ п/п	Культура	Втрати гумусу, (В _Г)т	Надходження гумусу (Н _Г), т		Дефіцит гумусу (Д _Г = В _Г - Н _Г), т	
			з усією побічною продукт.	зі стернею і кореннями	з усією побічною продукт.	зі стернею і кореннями
1	Пшениця озима	0,171	0,390	0,184	-0,219	-0,013
2	Горох	0,083	0,101	0,046	-0,018	0,037
3	Ячмінь ярий	0,083	0,118	0,058	-0,035	0,025
4	Кукурудза на зерно	0,348	0,430	0,182	-0,082	0,166
5	Соняшник	0,168	0,081	0,041	0,087	0,127
		Σ0,853 т/га	Σ1,120 т/га	Σ0,511 т/га	-0,267 т/га	0,342 т/га

Таблиця 29б

Баланс гумусу в другій сівоzmіні
при внесенні 1 ц добрив на 1 га сівоzmінної площі

№ п/п	Культура	Втрати гумусу, (В _Г)т	Надходження гумусу (Н _Г), т		Дефіцит гумусу (Д _Г = В _Г - Н _Г), т	
			з усією побічною продукт.	зі стернею і кореннями	з усією побічною продукт.	зі стернею і кореннями
1	Пшениця озима	0,148	0,344	0,162	-0,196	-0,014
2	Горох	0,148	0,181	0,084	-0,033	0,064
3	Ячмінь ярий	0,148	0,216	0,104	-0,068	0,044
4	Кукурудза на зерно	0,300	0,370	0,156	-0,070	0,144
5	Соняшник	—	—	—	—	—
		Σ0,744 т/га	Σ1,111 т/га	Σ0,506 т/га	Σ-0,367 т/га	Σ0,238 т/га

Таблиця 29в

Баланс гумусу в третій сівозміні
при внесенні 1 ц добрив на 1 га сівозмінної площі

№ п/п	Культура	Втрати гумусу, (В _Г)т	Надходження гумусу (Н _Г), т		Дефіцит гумусу (Д _Г = В _Г - Н _Г), т	
			з усією побічною продукт.	зі стернею і коренями	з усією побічною продукт.	зі стернею і коренями
1	Пшениця озима	–	–	–	–	–
2	Горox	0,148	0,181	0,084	-0,033	0,064
3	Ячмінь ярий	0,148	0,216	0,104	-0,068	0,044
4	Кукурудза на зерно	0,600	0,740	0,312	-0,140	0,288
5	Соняшник	–	–	–	–	–
		Σ0,896 т/га	Σ1,137 т/га	Σ0,500 т/га	Σ-0,241 т/га	Σ0,396 т/га

Отже внесення мінеральних добрив нормою 1ц.д.р./га не тільки підвищує урожайність і забезпечує підвищення показників агроекономічної ефективності, а і істотно впливає на показники балансу гумусу. Так, в цьому випадку для всіх трьох сівозмін при загортанні соломи в ґрунт має місце профіцит балансу гумусу, а при її відчуженні – дефіцит балансу суттєво зменшується.

б). По дефіциту основних елементів живлення

Розрахунки балансу основних елементів живлення в усіх трьох сівозмінах проводяться за аналогією з попереднім, при цьому надходження елементів складає 100 кг, як норма їх внесення. Результати таких визначень представлені в табл. 30

Таблиця 30

Втрати Σ NPK в різних сівозмінах у варіанті норми удобрення 100кг/га

№ п/ п	Культура	Сівозміна 1			Сівозміна 2			Сівозміна 3		
		частка врожаю в 1 га сівозм. площі, ц	при загортан. соломи, кг	при відчужені соломи, кг	частка врожаю в 1 га сівозм. площі, ц	при загортан. соломи, кг	при відчужені соломи, кг	частка врожаю в 1 га сівозм. площі, ц	при загортан. соломи, кг	при відчужені соломи, кг
1	Пшениця озима	13,9	57,7	70,9	11,9	49,4	60,7	—	—	—
2	Горох	3,7	30,0	35,5	6,6	53,5	63,4	6,6	53,5	63,4
3	Ячмінь ярий	5,4	18,9	24,0	9,6	33,6	42,7	9,6	33,6	42,7
4	Кукурудза на зерно	14,3	40,8	88,9	12,3	30,1	76,5	24,6	60,2	153,0
5	Соняшник	2,7	13,4	33,8	—	—	—	—	—	—
		—	Σ 160,8	Σ 253,1	—	Σ 166,6	Σ 243,3	—	Σ 147,3	Σ 259,1

Таблиця 31а

Баланс ΣNPK в першій сівозміні
при внесенні 1 ц добрив на 1 га сівозмінної площі

№ п/п	Культура	Надходження ΣNPK (H_E), кг	Втрати $\Sigma \text{NPK}(B_E)$, кг		Дефіцит ΣNPK ($D_E = B_E - H_E$), кг	
			при загортан. соломи, кг	при відчуженні соломи, кг	з усією побічною продукт.	зі стернею і кореннями
1	Пшениця озима	29	57,7	70,9	28,7	41,9
2	Горох	14	30,0	35,5	16,0	21,5
3	Ячмінь ярий	14	18,9	24,0	4,9	10,0
4	Кукурудза на зерно	29	40,8	88,9	11,8	59,9
5	Соняшник	14	13,4	33,8	-0,6	19,8
		$\Sigma 100$	$\Sigma 160,8$	$\Sigma 253,1$	$\Sigma 60,8$	$\Sigma 153,1$

Таблиця 31б

Баланс ΣNPK в другій сівозміні
при внесенні 1 ц добрив на 1 га сівозмінної площі

№ п/п	Культура	Надходження ΣNPK (H_E), кг	Втрати $\Sigma \text{NPK}(B_E)$, кг		Дефіцит ΣNPK ($D_E = B_E - H_E$), кг	
			при загортан. соломи, кг	при відчуженні соломи, кг	з усією побічною продукт.	зі стернею і кореннями
1	Пшениця озима	25	49,4	60,7	24,4	35,7
2	Горох	25	53,5	63,4	28,5	38,4
3	Ячмінь ярий	25	33,6	42,7	8,6	17,7
4	Кукурудза на зерно	25	30,1	76,5	5,1	51,5
5	Соняшник	—	—	—		
		$\Sigma 100$	$\Sigma 166,6$	$\Sigma 243,3$	$\Sigma 66,6$	$\Sigma 143,3$

Таблиця 31в

Баланс ΣNPK в третій сівозміні
при внесенні 1 ц добрив на 1 га сівозмінної площі

№ п/п	Культура	Надходження ΣNPK (H_E), кг	Втрати $\Sigma NPK(B_E)$, кг		Дефіцит ΣNPK ($D_E = B_E - H_E$), кг	
			при загортан. соломи, кг	при відчужені соломи, кг	з усією побічною продукт.	зі стернею і кореннями
1	Пшениця озима	–	–	–	–	–
2	Горох	25	53,5	63,4	28,5	38,4
3	Ячмінь ярий	25	33,6	42,7	8,6	17,7
4	Кукурудза на зерно	50	60,2	153,0	10,2	103,0
5	Соняшник	–	–	–		
		$\Sigma 100$	$\Sigma 147,3$	$\Sigma 259,1$	$\Sigma 47,3$	$\Sigma 159,1$

Проведені розрахунки показали, що при нормі добрив 100 кг/га підвищується втрати основних елементів з ґрунту проте суттєво зменшується і дефіцит цих елементів в кожній сівозміні, хоча і залишається істотним.

3.3. Оцінка сівозмін за умови забезпечення бездефіцитності основних елементів в ґрунті

В даних розрахунках за аналогією з попередніми кількості добрив на площу, зайняту даною культурою в 1 гектарі сівозмінної площі (α_i) як і приріст врожаю від даної кількості добрив визначався залежно від структури культур в сівозміні. При цьому основою для подальших розрахунків є дані табл. 12.

Враховуючи, що даний варіант розрахунків, за визначенням, передбачає бездефіцитність основних елементів живлення то подальші визначення полягають у оцінюванні за агроекономічними показниками (табл. 32, 33) та екологічними за балансом гумусу (табл. 34, 35).

Таблиця 32а

Агроекономічна оцінка першої сівозміни при внесенні
бездефіцитної норми мінеральних добрив на 1 га площі

№ п/п	Культура	Частка культур и в сівозміні	Бездефіцитна норма добрив, ц д.р.		Приріст врожаю основної продукції, ц		Приріст врожаю в зернових одиницях, ц		Вартість додаткової продукції, грн	
			при загортанні соломи	при відчужені соломи	при загортанні соломи	при відчужені соломи	при загортанні соломи	при відчужені соломи	при загортанні соломи	при відчужені соломи
1	Пшениця озима	0,290	0,702	0,902	6,21	6,99	6,21	6,99	1142,1	1258,2
2	Горох	0,140	0,358	0,435	1,48	1,60	2,07	2,24	370,0	400,0
3	Ячмінь ярий	0,140	0,196	0,367	0,99	3,64	0,79	2,91	158,4	502,4
4	Кукурудза на зерно	0,290	0,455	1,259	5,28	9,54	5,28	9,54	580,8	1049,4
5	Соняшник	0,140	0,129	0,420	0,55	1,30	1,10	2,60	880,0	2080,0
		Σ1,00	Σ1,840	Σ3,383	—	—	Σ15,45	Σ24,28	Σ3131,3	Σ5290,0

Таблиця 326

Агроекономічна оцінка другої сівозміни при внесенні
бездефіцитної норми мінеральних добрив на 1 га площі

№ п/п	Культура	Частка культур и в сівозміні	Бездефіцитна норма добрив, ц д. р.		Приріст врожаю основної продукції, ц		Приріст врожаю в зернових одиницях, ц		Вартість додаткової продукції, грн..	
			при загортанні соломи	при відчужені соломи	при загортанні соломи	при відчужені соломи	при загортанні соломи	при відчужені соломи	при загортанні соломи	при відчужені соломи
1	Пшениця озима	0,250	0,605	0,778	5,35	6,02	5,35	6,02	963,0	1083,6
2	Горох	0,250	0,640	0,778	2,65	2,85	3,71	3,99	662,5	712,5
3	Ячмінь ярий	0,250	0,350	0,655	1,78	6,50	1,42	5,20	284,8	1040,0
4	Кукурудза на зерно	0,250	0,392	1,085	4,55	8,22	4,55	8,22	500,5	904,2
5	Соняшник	–	–	–	–	–	–	–	–	–
		Σ1,00	Σ1,987	Σ3,296	–	–	Σ15,03	Σ23,43	Σ2410,8	Σ3740,3

Таблиця 32в

Агроекономічна оцінка третьої її сівозміни при внесенні
бездефіцитної норми мінеральних добрив на 1 га площі

№ п/п	Культура	Частка культур и в сівозміні	Бездефіцитна норма добрив, ц д. р.		Приріст врожаю основної продукції, ц		Приріст врожаю в зернових одиницях, ц		Вартість додаткової продукції, грн..	
			при загортанні соломи	при відчужені соломи	при загортанні соломи	при відчужені соломи	при загортанні соломи	при відчужені соломи	при загортанні соломи	при відчужені соломи
1	Пшениця озима	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	Горох	0,250	0,640	0,778	2,65	2,85	3,71	3,99	662,5	712,5
3	Ячмінь ярий	0,250	0,350	0,655	1,78	6,50	1,42	5,20	284,8	1040,0
4	Кукурудза на зерно	0,500	0,784	2,170	9,10	16,44	9,10	16,44	1001,0	1808,4
5	Соняшник	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		Σ1,00	Σ1,774	Σ3,603	—	—	Σ14,23	Σ25,63	Σ1948,3	Σ3560,9

Таблиця 33а

Агроекономічна оцінка різних сівозмін
при внесенні бездефіцитної норми мінеральних добрив
(при загортанні соломи)

№ п/п	Культура	Сівозміна 1		Сівозміна 2		Сівозміна 3	
		урожай, ц з.о.	вартість, грн.	урожай, ц з. о.	вартість, грн..	урожай, ц з. о.	вартість, грн..
1	Пшениця озима	16,91	3068,1	14,55	2619,0	—	—
2	Горох	6,17	1095,0	11,11	1962,5	11,11	1962,5
3	Ячмінь ярий	4,49	894,4	8,02	1596,8	8,02	1596,8
4	Кукурудза на зерно	15,98	1757,1	13,75	1512,5	27,50	3025,0
5	Соняшник	5,20	2560,0	—	—	—	—
		Σ48,75	Σ9374,6	Σ47,43	Σ7690,8	Σ46,63	Σ6584,3

Таблиця 33б

Агроекономічна оцінка різних сівозмін
при внесенні бездефіцитної норми мінеральних добрив
(при відчуженні соломи)

№ п/п	Культура	Сівозміна 1		Сівозміна 2		Сівозміна 3	
		урожай, ц з.о.	вартість, грн	урожай, ц з.о.	вартість, грн	урожай, ц з.о.	вартість, грн
1	Пшениця озима	17,69	3184,2	15,22	2739,6	-	—
2	Горох	6,34	1125,0	11,39	2012,5	11,39	2012,5
3	Ячмінь ярий	6,61	1238,4	11,80	2352,0	11,80	2352,0
4	Кукурудза на зерно	20,24	2226,4	17,42	1916,2	34,84	3832,4
5	Соняшник	6,70	3760,0	—	—	—	—
		Σ57,58	Σ11534,0	Σ55,83	Σ9020,3	Σ58,03	Σ8196,9

Таблиця 34а

Надходження біомаси та утворення гумусу в першій сівозміні при
бездефіцитній нормі добрив

№ п/п	Культура	При загортанні соломи			При відчужені соломи		
		частка врожаю в 1 га сівоз. площі, ц	побічна прод., що загорт. (вся), ц	утворений гумус, т	частка врожаю в 1 га сівоз. площі, ц	побічна прод., що загорт. (стер. і корені), ц	утворений гумус, т
1	Пшениця озима	16,9	23,7	0,473	17,7	11,6	0,233
2	Горох	4,4	5,7	0,120	4,5	2,7	0,056
3	Ячмінь ярий	5,6	6,2	0,124	8,2	4,4	0,088
4	Кукурудза на зерно	16,0	24,0	0,480	20,2	12,7	0,254
5	Соняшник	2,6	5,2	0,078	3,3	3,3	0,050
		–	Σ64,8	Σ1,275	–	Σ34,7	Σ0,681

Таблиця 34б

Надходження біомаси та утворення гумусу в другій сівозміні при
бездефіцитній нормі добрив

№ п/п	Культура	При загортанні соломи			При відчужені соломи		
		частка врожаю в 1 га сівоз. площі, ц	побічна прод., що загорт. (вся), ц	утворений гумус, т	частка врожаю в 1 га сівоз. площі, ц	побічна прод., що загорт. (стер. і корені), ц	утворений гумус, т
1	Пшениця озима	14,6	21,1	0,422	15,2	10,0	0,200
2	Горох	7,9	10,3	0,154	8,1	4,8	0,073
3	Ячмінь ярий	10,0	11,0	0,220	14,7	7,9	0,158
4	Кукурудза на зерно	13,8	20,7	0,414	17,4	11,0	0,220
5	Соняшник	–	–	–	–	–	–
			Σ63,1	Σ1,210	–	Σ32,7	Σ0,651

Таблиця 34в

Надходження біомаси та утворення гумусу в третій сівозміні при
бездефіцитній нормі добрив

№ п/п	Культура	При загортанні соломи			При відчужені соломи		
		частка врожаю в 1 га сівоз. площі, ц	побічна прод., що загорт. (вся), ц	утворений гумус, т	частка врожаю в 1 га сівоз. площі, ц	побічна прод., що загорт. (стер. і корені), ц	утворений гумус, т
1	Пшениця озима	–	–	–	-	–	–
2	Горох	7,9	10,3	0,154	8,1	4,8	0,073
3	Ячмінь ярий	10,0	11,0	0,220	14,7	7,9	0,158
4	Кукурудза на зерно	27,6	41,4	0,828	34,9	22,0	0,440
5	Соняшник	–	–	–	–	–	–
			Σ62,7	Σ1,202		Σ34,7	Σ0,671

Таблиця 35

Розрахунок балансу гумусу для різних сівозмін
при бездефіцитній нормі добрив

№ п/п	Культура	Втрати гумусу, (В _Г),т	При загортанні соломи		При відчужені соломи	
			надход- ження гумусу (Н _Г),т	дефіцит (Д _Г), т	надход- ження гумусу (Н _Г),т	дефіцит (Д _Г), т
Перша сівозміна						
1	Пшениця озима	0,171	0,473	-0,302	0,233	-0,062
2	Горох	0,083	0,120	-0,037	0,056	0,027
3	Ячмінь ярий	0,083	0,124	-0,041	0,088	-0,005
4	Кукурудза на зерно	0,348	0,480	-0,132	0,254	0,094
5	Соняшник	0,168	0,078	0,090	0,050	0,118
		Σ0,853 т/га	Σ1,275	Σ-0,422	Σ0,681	Σ0,172
Друга сівозміна						
1	Пшениця озима	0,148	0,422	-0,274	0,200	-0,052
2	Горох	0,148	0,154	-0,006	0,073	0,075
3	Ячмінь ярий	0,148	0,220	-0,072	0,158	-0,010
4	Кукурудза на зерно	0,300	0,414	-0,114	0,220	0,080
5	Соняшник	—	—	—	—	—
		Σ0,744 т/га	Σ1,210	Σ-0,466	Σ0,651	Σ0,093
1	Пшениця озима	—	—	—	—	—
2	Горох	0,148	0,154	-0,006	0,073	0,075
3	Ячмінь ярий	0,148	0,220	-0,072	0,158	-0,010
4	Кукурудза на зерно	0,600	0,828	-0,228	0,440	0,160
5	Соняшник	—	—	—	—	—
		Σ0,896 т/га	Σ1,202	Σ-0,306	Σ0,671	Σ0,225

3.4 Інтегральна оцінка сівозмін за визначеними показниками та інтенсивності окремих культур

Результати проведених визначень, які зведені в таблиці 36, дозволяють провести об'єктивне оцінювання наведених сівозмін, а при необхідності визначитися з одним із них за тими чи іншими критеріями.

Із одержаних даних можна стверджувати, що за продуктивністю 1 га сівозмінної площі (ц з. о./га) та вартості продукції (грн./га) найкращі показники, як правило, відмічені в першій сівозміні. За дефіцитом балансу гумусу і при відчуженні соломи і при її загортанні кращими показниками характеризується друга сівозміна. Стосовно балансу NPK, то встановлено, що у випадку загортання соломи в ґрунт кращі показники відмічені в третій сівозміні, а при її відчуженні – в другій.

Одним із варіантів компенсації втрат гумусу від відчуження соломи може бути вирощування сидеральних культур в проміжних посівах. Відомо, що при загортанні надземної маси сидеральних культур в ґрунт утворюється гумус в кількості близько 4% від урожаю надземної маси [4, 8]. Отже при урожайності зеленої маси сидеральних культур 180-200ц/га кількість новоутвореного гумусу складе 0,72-0,80т/га. Вартість цього заходу являє собою технологічні витрати на вирощування сидерату.

Отже проведені розрахунки показують, що у випадку дефіциту балансу гумусу при відчуженні соломи площа сидеральних культур, яка необхідна для забезпечення бездефіцитного балансу гумусу в різних варіантах коливається в межах 64 – 44% у варіанті вирощування без добрив до 28 – 12% у варіанті удобрення із умови бездефіцитності NPK (табл. 36). При цьому зрозумілим є узгодження необхідних площ під сидерат і можливих в кожній сівозміні. Тобто найбільш сприятливими ситуаціями є така, коли сидеральні культури вирощуються після зернових колосових, площа яких в сівозміні є прийнятною.

Не викликає сумніву, що найкращим з точки зору екологічності для всіх сівозмін є варіант внесення бездефіцитної норми NPK, при цьому компенсаційна площа під сидеральні культури є найменшою і загалом узгоджується з можливістю їх вирощування

При індивідуальній оцінці продуктивності культури в сівозміні проблема полягає в співставленні площі під культурою (α_i) та частки показника цієї культури від загальної суми ($\beta_i = \frac{\Pi_i}{\sum \Pi}$), що може характеризувати інтенсивність продуктивності культури (ІПК). При цьому нормативною величиною цього показника слід вважати значення 1,0. Це означає, що якщо культура займає площу поля в сівозміні 20%, то і її продукція в загальній сумі складає також 25% Так,

наприклад, із таблиці 17 маємо, що продуктивність 1 га сівозмінної площі у першій сівозміні без застосування добрив складає 33,3 ц з.о./га ($\Sigma\P$) а продуктивність пшениці озимої складає 10,7 ц з.о./га (Π_i). Отже частка показника пшениці озимої (β_i) складає (табл. 35) 0,321 (10,7/33,3). Це показує, що в цьому випадку культура займає площу 29*%, а формує продукцію в розмірі 32,1% від загальної суми, тобто інтенсивність цієї культури в сівозміні (ІПК) є вищою за нормативну і складає 1,107 (табл. 37).

Таблиця 36

Узагальнені показники оцінки зазначених сівозмін із розрахунку на 1 га сівозмінної площі

№ п/п	Показники та умови	Перша сівозміна	Друга сівозміна	Третя сівозміна
1	2	3	4	5
При вирощуванні без добрив				
1.	Продуктивність, ц з. о./га	33,3	32,4	32,4
2.	Вартість продукції, грн./га	6244	5280	4636
3.	Дефіцит балансу гумусу, т/га			
	– при загортанні соломи в ґрунт	-0,014	-0,113	0,021
	– при відчуженні соломи	0,459	0,352	0,510
4.	Компенсаційна площа (відносна) під сидеральні культури			
	– при загортанні соломи в ґрунт	–	–	0,03
	при відчуженні соломи	0,57	0,44	0,64
5.	Дефіцит балансу NPK, кг/га			
	– при загортанні соломи в ґрунт	124,1	135,2	123,2
	– при відчуженні соломи	194,8	190,5	200,8
При застосуванні 1 (першого) ц д.р./га				
6.	Додаткова продуктивність, ц з. о./га	9,6	8,8	9,2
7.	Вартість додаткової продукції, грн./га	1746	1394	1244
8.	Продуктивність, ц з. о./га	42,9	41,2	41,6
9.	Вартість продукції, грн./га	7990	6674	5880

Продовження таблиці 36

1	2	3	4	5
10.	Дефіцит балансу гумусу, т/га – при загортанні соломи в ґрунт – при відчуженні соломи	-0,267 0,342	-0,367 0,238	-0,241 0,396
11.	Компенсаційна площа (відносна) під сидеральні культури – при загортанні соломи в ґрунт при відчуженні соломи	– 0,43	– 0,30	– 0,049
12.	Дефіцит балансу NPK, кг/га – при загортанні соломи в ґрунт – при відчуженні соломи	60,8 153,1	66,6 143,3	47,3 159,1
При бездефіцитній нормі добрив (по NPK)				
13.	Норма мінеральних добрив, що забезпечує бездефіцитних баланс NPK, ц д. р./га – при загортанні соломи в ґрунт – при відчуженні соломи	1,840 3,383	1,987 3,296	1,774 3,603
14.	Додаткова продуктивність, ц з. о./га – при загортанні соломи в ґрунт – при відчуженні соломи	15,4 24,3	15,0 23,4	14,2 25,6
15.	Вартість додаткової продукції, грн./га – при загортанні соломи в ґрунт при відчуженні соломи	3131 5290	2411 3740	1948 3561
16.	Продуктивність, ц з. о./га – при загортанні соломи в ґрунт при відчуженні соломи	48,7 57,6	47,4 55,8	46,6 58,0
17.	Вартість продукції, грн./га – при загортанні соломи в ґрунт при відчуженні соломи	9375 11534	7691 9020	6584 8197

Продовження таблиці 36

1	2	3	4	5
18.	Дефіцит балансу гумусу, т/га – при загортанні соломи в ґрунт – при відчуженні соломи	-0,422 0,172	-0,426 0,093	-0,306 0,225
19	Компенсаційна площа (відносна) під сидеральні культури – при загортанні соломи в ґрунт при відчуженні соломи	– 0,22	– 0,12	– 0,28

Аналіз одержаних даних показує, що за критерієм продуктивності (ц з.о./га) в усіх варіантах удобрення і в усіх сівозмінах найбільшою інтенсивністю (ІПК>1) характеризується пшениця озима і кукурудза на зерно. Відносно вартості продукції (грн./га) культури можна зауважити, що якщо в першій і другій сівозмінах, у варіанті без добрив і при їх нормі 1 ц/га, найбільшими показниками характеризуються соняшник та пшениця озима, то у третій горох і ячмінь. При беззбитковій нормі мінеральних добрив при високій продуктивності соняшника та пшениці у другій і третій сівозміні при загортанні соломи зростає відносна продуктивність гороху, а при її відчуженні – ячменю ярого.

Загалом не виникає сумніву, що за всіх інших рівних умов продуктивність і сівозміни в цілому і окремих культу будуть суттєво залежати від прийнятого показника інтенсивності сорту та закупівельної ціни продукції. Отже для тих же сівозмін і тих же природно-кліматичних умов при інших значеннях вказаних показників їх характеристики можуть бути суттєво іншими.

Не викликає сумніву і той факт, що індивідуальну оцінку інтенсивності культур можна проводити і складовими як балансу гумусу, так і балансу Σ NPK.

Таблиця 37

Оцінка інтенсивності сільськогосподарських культур в окремих сівозмiнах
за агроекономічними показниками

Культура	Перша сівозмiна			Друга сівозмiна			Третя сівозмiна		
	Частка площі	Частка показн.	Інтенсивніс.	Частка площі	Частка показн.	Інтенсивніс.	Частка площі	Частка показн.	Інтенсивніс.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
У варіанті без добрив									
а). по продуктивності, ц з.о./га									
Пшениця озима	0,29	0,321	1,107	0,25	0,284	1,136	—	—	—
Горох	0,14	0,123	0,879	0,25	0,218	0,912	0,25	0,218	0,912
Ячмінь ярий	0,14	0,110	0,794	0,25	0,204	0,815	0,25	0,204	0,815
Кукурудза на зерно	0,29	0,321	1,107	0,25	0,284	1,136	0,50	0,568	1,136
Соняшник	0,14	0,123	0,879	—	—	—	—	—	—
б). по вартості продукції, грн./га									
Пшениця озима	0,29	0,308	1,064	0,25	0,314	1,255	—	—	—
Горох	0,14	0,116	0,829	0,25	0,246	0,985	0,25	0,280	1,122
Ячмінь ярий	0,14	0,118	0,842	0,25	0,248	0,994	0,25	0,283	1,132
Кукурудза на зерно	0,29	0,189	0,650	0,25	0,192	0,767	0,50	0,437	0,873
Соняшник	0,14	0,269	1,921	—	—	—	—	—	—
При нормі добрив 1 цд.р./га									
а). по продуктивності, ц з.о./га									
Пшениця озима	0,29	0,323	1,114	0,25	0,289	1,157	—	—	—
Горох	0,14	0,120	0,860	0,25	0,226	0,903	0,25	0,224	0,895

Продовження таблиці 37

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ячмінь ярий	0,14	0,100	0,717	025	0,186	0,745	0,25	0,185	0,738
Кукурудза на зерно	0,29	0,333	1,150	0,25	0,29*9	1,194	0,50	0,592	1,183
Соняшник	0,14	0,123	0,875	—	—	—	—	—	—
б). по вартості продукції, грн./га									
Пшениця озима	0,29	0,313	1,078	0,25	0,312	1,287	—	—	—
Горох	0,14	0,116	0,821	0,25	0,246	0,984	0,25	0,279	1,117
Ячмінь ярий	0,14	0,107	0,767	025	0,223	0,917	0,25	0,260	1,040
Кукурудза на зерно	0,29	0,197	0,679	0,25	0,203	0,812	0,50	0,460	0,921
Соняшник	0,14	0,268	1,917	—	—	—	—	—	—
При беззбитковій нормі добрив (при загортанні соломи)									
а). по продуктивності, ц з.о./га									
Пшениця озима	0,29	0,347	1,196	0,25	0,307	1,227	—	—	—
Горох	0,14	0,127	0,904	0,25	0,234	0,937	0,25	0,238	0,953
Ячмінь ярий	0,14	0,062	0,658	025	0,169	0,676	0,25	0,172	0,688
Кукурудза на зерно	0,29	0,328	1,130	0,25	0,290	1,160	0,50	0,590	1,180
Соняшник	0,14	0,107	0,762	—	—	—	—	—	—
б). по вартості продукції, грн./га									
Пшениця озима	0,29	0,327	1,128	0,25	0,341	1,362	—	—	—
Горох	0,14	0,117	0,834	0,25	0,255	1,020	0,25	0,298	1,192
Ячмінь ярий	0,14	0,095	0,681	025	0,207	0,831	0,25	0,242	0,970
Кукурудза на зерно	0,29	0,187	0,646	0,25	0,1+7	0,786	0,50	0,459	0,919

Продовження таблиці 37

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Соняшник	0,14	0,273	1,950	—	—	—	—	—	—
При беззбитковій нормі добрив (при відчужені соломи)									
а). по продуктивності, ц з.о./га									
Пшениця озима	0,29	0,307	1,059	0,25	0,273	1,090	—	—	
Горох	0,14	0,110	0,786	0,25	0,204	0,816	0,25	0,196	0,786
Ячмінь ярий	0,14	0,115	0,820	0,25	0,215	0,846	0,25	0,203	0,814
Кукурудза на зерно	0,29	0,352	1,212	0,25	0,312	1,076	0,50	0,601	1,201
Соняшник	0,14	0,116	0,829	—	—	—	—	—	
б). по вартості продукції, грн./га									
Пшениця озима	0,29	0,276	0,952	0,25	0,304	1,215	—	—	
Горох	0,14	0,098	0,697	0,25	0,223	0,892	0,25	0,245	0,982
Ячмінь ярий	0,14	0,107	0,767	0,25	0,261	1,042	0,25	0,287	1,148
Кукурудза на зерно	0,29	0,193	0,665	0,25	0,212	0,850	0,50	0,467	0,935
Соняшник	0,14	0,326	2,328	—	—	—	—	—	

4. ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ ЩОДО ОЦІНЮВАННЯ СІВОЗМІН

Проведена так чи інакше порівняльна оцінка сівозмін вимагає додаткового економічного обґрунтування прийнятих рішень. Загалом можна стверджувати, що економічний аналіз являє собою визначення чистого доходу, рентабельності та собівартості продукції як окремо по кожній культурі, так і по сівозмінах. Однак такий аналіз є суттєво визначений часовими межами, оскільки це вимагає щорічного врахування цін на добрива, насіння, пестициди та паливно-мастильні матеріали у зв'язку з їх нестабільністю.

Загалом в нашому випадку основою таких рішень є три складові, що вимагають визначення: технологічні витрати на вирощування сільськогосподарських культур, витрати на вирощування сидератів та витрати на удобрення.

У величині технологічних витрат на вирощування культур сівозміни окремого оцінювання вимагає удобрення (застосування мінеральних добрив), що викликано не завжди сприятливим співвідношення цін на самі добрива та продукцію. Основною вимогою тут слід вважати не допущення умови, коли застосування добрив є збитковим [15, 22]. Самі технологічні витрати загалом будучи відносно сталими за переліком операцій можуть відрізнятися за величиною залежно від сільськогосподарської техніки та засобів захисту рослин і в загальному є індивідуальними в кожному господарстві чи агрофірмі.

Витрати на вирощування сидеральних культур наведені в табл. 38.

Отже, загальні додаткові технологічні витрати на вирощування сидеральних культур (без луцення стерні та оранки) (умови 2013 року) складають 658,90грн/га, а з врахуванням необхідної чи прийнятої рентабельності цього компенсаційного заходу його вартість складе 856,7 грн ($658,9 \cdot 1,3$). Зрозуміло, що в даному випадку прийняті тільки змінні витрати, оскільки неврахованими є постійні, що все разом дещо зменшує фактичні затрати.

Найбільш важливим, на нашу думку, є економічне обґрунтування застосування мінеральних добрив. При цьому оскільки норми добрив є такими, що встановлені за критерієм бездефіцитності по NPK, то проблема полягає у встановленні приросту від цієї норми та необхідного співвідношення цін на самі добрива (C_d) та продукцію (C_p). В цьому випадку остаточним визначенням є порівняння між собою вартості додаткової продукції ($ВДП$) та витрат на удобрення ($ВУ$).

Вартість додаткової продукції, як відомо, являє собою добуток приросту врожайності (ΔY) та ціни продукції (C_p). Величина приросту урожайності може бути визначена із умови спадної дохідності, що разом з прийнятим чи

встановленим рівнем інтенсивності сорту (RiC) визначається по залежності 12 [1, 15, 22].

Таблиця 38

Технологічні витрати на вирощування післяжнивного сидерату
редьки олійної [4, 18]

Технологічні операції	Витрати на зарплату, грн./га	Пально-мастильні матеріали	
		л/га	грн/га при $C_{\Pi}=10,84$ грн/л
Лущення стерні 6-8 см в два сліди*	5,48	4,4	47,70
Навантаження міндобрив та насіння	9,77	0,3	3,25
Транспортування міндобрив та насіння	6,68	2,0	21,68
Сівба СЗТ-3,6	18,91	2,9	31,44
Коткування	4,74	2,9	31,44
Вартість насіння (30 кг/га редьки олійної)	210,0		
Вартість добрив (100 кг/га ам. селітри у фіз. вазі)	321,0		
Оранка на глибину 27-30 см*	27,66	23,10	250,40
Разом	604,24	35,6	385,90

* – операції, які є необхідними і без вирощування сидератів

Слід зазначити, що у зв'язку з наявністю додаткових витрат на збирання і доробку цього додаткового врожаю необхідне врахування додаткових витрат. Одним із варіантів такого врахування може бути застосування понижуючого коефіцієнта, який складає не менше ніж 0,9 [1, 15, 22]. Це означає, що додаткові витрати на збирання приросту врожаю не перевищують 10% від його ціни (C_{Π}). Враховуючи все сказане вартість додаткової урожайності (ΔY) від застосування норми добрив (X) може визначитися як:

$$ВДП = 0,9\Delta Y \cdot C_{\Pi} = 0,9C_{\Pi} \cdot RiC(aX^2 + bX), \text{ грн./га} \quad (23)$$

Вартість застосування добрив залежить від їх ціни та витрат на додаткові заходи, які включають в себе їх транспортування, внесення, збереження і т.п. і загалом можна вважати, що вони не перевищують 10% від їх ціни (C_D), що дозволяє визначати вартість застосування добрив як [1, 15, 22]:

$$BY = 1,1X \cdot C_D, \text{ грн./га} \quad (24)$$

Отже співвідношення між наведеними показниками (*ВУ* і *ВДП*), і є базовим умовами для визначення необхідного співвідношення цін на добриво і продукцію. Однак, враховуючи непрямо лінійність приросту врожайності від застосування добрив, виникає проблема з кількістю добрив, або їх нормою (*X*).

Суть запропонованих визначень полягає у встановленні максимально можливих (критичних) цін на мінеральні добрива залежно від цін на продукцію та норми добрив, або відповідної їй приросту урожайності.

Ілюстрація проведення вказаних наведена на рис. 2.

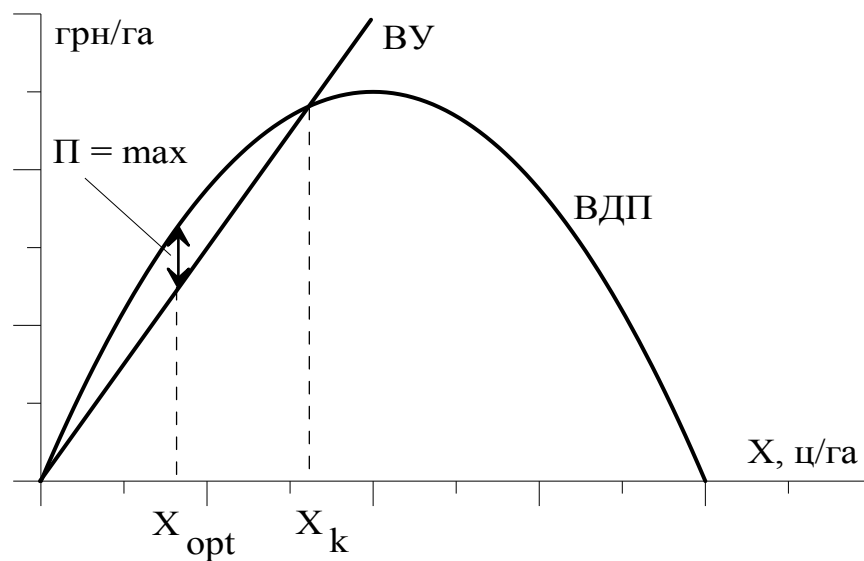


Рис. 2. Схема до визначення ефективності мінеральних добрив

Це вказує на те, що при відомих чи прийнятих цінах на добрива і продукцію мають місце наведені залежності, оскільки при зміні будь-якої ціни змінюються і відповідні залежності. При цьому загалом може бути два критерії з різного роду обмеженнями: максимального прибутку та беззбитковості.

1. При оцінці показників за критерієм максимального прибутку суть обмежень полягає у визначенні найбільш можливого значення ціни на добрива при різних цінах на продукцію та різних нормах добрив, при якій прибуток буде максимальним (X_{opt}):

$$\Pi = ВДП - ВУ = \max \quad \text{або} \quad 0,9\Pi_{II}(aX^2 + bX) - 1,1X \cdot \Pi_{II} = \max \quad (25)$$

Вказана умова можлива при [15]:

Одержані дані показують істотні відмінності різних культур до максимально можливої ціни добрив. В діапазоні вказаних цін на продукцію і при існуючій ціні добрив, наприклад 1200грн/ц д. р., економічно доцільно їх застосовувати тільки під пшеницю озиму та соняшник. Однак такі визначення є явно недостатніми оскільки мова йде про оцінку тієї чи іншої сівозміни, а отже і ціни добрив в цій сівозміні. Однозначно можна стверджувати, що чим більша площа в сівозміні зайнята пшеницею і соняшником, тим ефективніше буде використання мінеральних добрив в сівозміні. В таблиці 40 наводяться розрахунки допустимої ціни на добрива для кожної сівозміни при прийнятих цінах на продукцію.

Таблиця 40

**Встановлення допустимої ціни на мінеральні добрива
для різних сівозмін (при загортанні соломи)**

№ п/п	Показники	Культури					Всього
		пшениця озима	горох	ячмінь ярий	кукурудза на зерно	соняшник	
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	Ціна продукції (Цп), грн./ц	200	240	180	120	800	–
2.	Ціна добрив (Цд), грн./ц д. р.	1448	811	758	935	2760	–
Сівозміна 1							
3.	Частка культури в 1га с. п.	0,29	0,14	0,14	0,29	0,14	1,0
4.	Необхідна кількість добрив, ц д. р.	0,702	0,358	0,196	0,455	0,129	1,860
5.	Вартість добрив, грн..	1016	290	149	425	356	2236
6.	Допустима ціна добрив в сівозміні, грн./ц д. р	–	–	–	–	–	1202
Сівозміна 2							
7.	Частка культури в 1га с. п.	0,25	0,25	0,25	0,25	–	1,0
8.	Необхідна кількість добрив, ц д. р.	0,605	0,640	0,350	0,392	–	1,987
9.	Вартість добрив, грн	876	519	265	367	–	2027
10.	Допустима ціна добрив в сівозміні, грн./ц д. р	–	–	–	–	–	1020
Сівозміна 3							
11.	Частка культури в 1га с. п.	–	0,25	0,25	0,50	–	1,0
12.	Необхідна кількість добрив, ц д. р.	–	0,640	0,350	0,784	–	1,774

Продовження таблиці 40

1	2	3	4	5	6	7	8
13.	Вартість добрив, грн.	–	519	265	734	–	1518
14.	Допустима ціна добрив в сівозміні, грн./ц д. р	–	–	–	–	–	856

Одержані дані показують, що залежно від сівозміни допустима ціна на мінеральні добрива коливається в межах 1202 – 856 грн./ц д. р. Отже якщо існуюча (ринкова) ціна на мінеральні добрива складає наприклад 1200 грн/ц д. р. то їх ефективність слід очікувати тільки в першій сівозміні. Найбільш збиткове їх застосування буде відмічено в третій сівозміні, оскільки для неї добрива не повинні бути дорожчими за 856 грн/ц д. р.

Всі наведені визначення і розрахунки дозволяють сформулювати ряд основних і важливих, на наш погляд, положень:

1. З точки зору економічного оцінювання в усіх варіантах удобрення (без добрив, при внесенні 1цд.р./га та при бездефіцитній нормі) проблема полягає у виборі такої сівозміни, в якій:

- вихід зернових одиниць з 1 га сівозмінної площі та вартість продукції є максимальним (у випадку невідповідності цих показників вибір проводиться по одному з них за умовами замовника);

- допустима ціна на мінеральні добрива не є меншою за існуючу на ринку добрив (у випадку зворотного співвідношення одним із варіантів вирішення є необхідність державної підтримки товаровиробника на різницю в цінах).

2. З точки зору екологічного оцінювання проблема полягає в установленні бездефіцитної за основними елементами норми добрив, з подальшою компенсацією можливого дефіциту гумусу шляхом посіву сидеральних культур в проміжних посівах. При цьому доцільно зауважити наступне:

- всяке відчуження побічної продукції вимагає підвищення площі посіву цих культур;

- сама площа посіву повинна бути не більшою за площу культур, після яких цей посів можливий і ніяк не перевищувати площу сівозміни.

ЛІТЕРАТУРА

- 1 Агроекономічні і екологічні основи прогнозування та програмування рівня врожайності сільськогосподарських культур / За ред. д. с.-г. н. О. В. Харченка. – Суми: Університетська книга, 2014. – 239 с.
- 2 Бегей С. В. Екологічне землеробство: Підручник / С. В. Бегей, І. А. Шувар. – Львів: "Новий Світ-2000", 2007. – 429 с.
- 3 Біоенергетична оцінка сільськогосподарського виробництва / За ред. Ю. О. Тараріко. – К.: Наукова думка, 2005. – 200с.
- 4 Господаренко Г. М. Агрохімія. – К.: ННЦ «ІАЕ», 2010. – 400 с.
- 5 Гудзь В. П. Адаптивні системи землеробства: підручник. / В. П. Гудзь, І. А. Шувар, А. В. Юник, І. П. Рихлівський, Ю. Г. Міщенко. – К.: «Центр учбової літератури», 2014. – 336 с.
- 6 Гудзь В. П. Землеробство: Підручник. / В. П. Гудзь, І. Д. Примак, Ю. В. Будьонний. – К.: ЦУЛ, 2010 – 464 с.
- 7 Дегодюк Е. Г. Еколого–техногенна безпека України / Е. Г. Дегодюк, С. Е. Дегодюк. – К.: ЕКМО. – 2006. – 306 с.
- 8 Екологічні проблеми землеробства: Підручник / За ред. В. П. Гудзя. – Житомир: Вид-во «Житомирський національний агроекологічний університет», 2010. – 708 с.
- 9 Еколого-агрохімічна паспортизація полів та земельних ділянок (керівний нормативний документ) / за ред О. О. Созінова. – К, 1996. – 37 с.
- 10 Землеробство: Підручник / В. О. Єщенко, П. Г. Копитко, А. П. Бутило, В. П. Опришко; За редакцією В. О. Єщенка. – К.: Лазурит-Поліграф, 2013. – 376 с.
- 11 Методика агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення. К., 2003.– 63 с.
- 12 Культура сидерації : Наукові основи ефективного застосування зелених добрив у господарствах різних форм власності / За наук. ред.. Е. Г. Дегодюка, С. Ю. Булигіна. К.: Аграрна наука. – 2013. – 80 с.
- 13 Малієнко А. М. Система обробітку ґрунту та захист від бур'янів / А. М. Малієнко та ін.. // У кн. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Лісостепу. – К.: Аграрна наука. С. 137-142.
- 14 Методичні вказівки з охорони ґрунтів / В. О. Греков, Л. В. Дацько, В. А. Жилкін, М. І. Майстренко та ін. - К.:ДНТЦОРГ, 2011. - 108 с.
- 15 Методологічні аспекти еколого-економічного обґрунтування рівнів врожайності сільськогосподарських культур в проектах землеустрою /за ред.. д. с-г н. О. В. Харченка. – Суми: Університетська книга, 2013. – 63 с.

- 16 Оптимізація структури посівних площ та використання короткоотаційних сівозмін / В. М. Кабанець, М. П. Бондаренко, М. Г. Собко, та ін. – Сад, 2013. – 28 с.
- 17 Примак І. Д. Раціональні сівозміни в сучасному землеробстві / І. Д. Примак, В. П. Гудзь, В. Г. Рошко та ін. – Біла Церква, 2003. – 384 с.
- 18 Рекомендації з охорони і збереження родючості ґрунтів. / О. В. Греков, В. М. Панасенко, Н. М. Осередько та інші. – К.: Центрдержродючість, 2009. – 44 с.
- 19 Сучасні системи землеробства і технології вирощування сільськогосподарських культур. – К.: ННЦ «Інститут землеробства НААН». – 2012. – 195 с.
- 20 Ущільнені посіви для сталих агроценозів в Україні: Навчальний посібник / В. П. Гудзь, І. А. Шувар, В. В. Данік. – Вінниця: ТОВ «Нілан ЛТД», 2014. – 256 с.
- 21 Харченко О. В. До питань про вартість соломи зернових колосових при їх відчуженні / О. В. Харченко, В. І. Прасол, Ю. Г. Міщенко, І. М. Масик // Вісник СНАУ Серія «Агрономія і біологія». – 2014. – Випуск 3 (27). – С. 41–43.
- 22 Харченко О. В. Агроекономічне і екологічне обґрунтування рівня живлення сільськогосподарських культур / О. В. Харченко, В. І. Прасол, О. В. Ільченко. – Суми: Університетська книга, 2009. – 125 с.
- 23 Якість ґрунтів та сучасні стратегії удобрення / За ред. Дж. Гофмана, Д. Мельничука, М. Городнього. К.: Арістей, 2004. – 487 с.

ЗМІСТ

ВСТУП	3
1. АГРОБІОЛОГІЧНЕ ОСНОВИ СКЛАДАННЯ СІВОЗМІН	4
2. МОЖЛИВІ КРИТЕРІЇ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ОЦІНЮВАННЯ ОСНОВНИХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР	11
2.1. Можливі критерії оцінювання у варіанті без удобрення	11
2.1.1 АГРОЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА	11
2.1.2 ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА	14
2.2. Можливі критерії оцінювання культур при застосуванні добрив	21
2.2.1. АГРОЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ САМИХ ДОБРИВ	21
2.2.2. АГРОЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ КУЛЬТУР ПРИ ЗАСТОСУВАННІ ДОБРИВ	23
2.2.3. ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ПРИ ЗАСТОСУВАННІ ДОБРИВ	23
2.3 Оцінка культур за умови забезпечення бездефіцитності основних елементів у ґрунті	25
2.3.1 УМОВИ БЕЗДЕФІЦИТНОСТІ ОСНОВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ У ҐРУНТІ	25
2.3.2. ОЦІНЮВАННЯ ОСНОВНИХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР ЗА УМОВИ ЗАБЕЗПЕЧЕННІ БЕЗДЕФІЦИТНОГО БАЛАНСУ NPK	28
3 ПРИКЛАДИ ОЦІНЮВАННЯ СІВОЗМІН ЗА РІЗНИМИ ПОКАЗНИКАМИ ПРОДУКТИВНОСТІ	32
3.1 Без застосування добрив	32
3.1.1 АГРОЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА	32
3.1.2 ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА	34
3.2 При застосуванні 1 ц д.р./га добрив	39
3.2.1 АГРОЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ САМИХ ДОБРИВ	39
3.2.2 АГРОЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ КУЛЬТУР ПРИ ЗАСТОСУВАННІ ДОБРИВ	40
3.2.3 ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА	41
3.3 Оцінка сівозмін за умови забезпечення бездефіцитності основних елементів в ґрунті	47
3.4 Інтегральна оцінка сівозмін за визначеними показниками та інтенсивності окремих культур	55
4. ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ ЩОДО ОЦІНЮВАННЯ СІВОЗМІН ЛІТЕРАТУРА	62 68

