

АГРОЕКОНОМІЧНІ ТА ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ
ВСТАНОВЛЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО РІВНЯ
ВРОЖАЙНОСТІ НОВИХ СОРТІВ
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР
(в умовах Лісостепу)

Суми - 2018

УДК 631. 454(075.8)
ББК

Рекомендовано до друку вченою радою Сумського національного аграрного університету (протокол № 4 від 30 жовтня 2017р.) та вченою радою Інституту сільського господарства Північного Сходу НААН (протокол № 9 від 31.10.2017р.)

Рецензенти:

Г.М. Господаренко – доктор сільськогосподарських наук, професор кафедри агрохімії і ґрунтознавства Уманського національного університету садівництва

В.І. Троценко – доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувач кафедри рослинництва Сумського національного аграрного

Автори:

О.В. Харченко, В.І. Прасол (Сумський НАУ), В.М. Кабанець, М.Г. Собко (Інститут сільського господарства Північного Сходу НААН)

Монографія

Агроекономічні та екологічні аспекти встановлення оптимального рівня врожайності нових сортів сільськогосподарських культур / за ред. О.В. Харченка. – Суми:ФОП Щербина І.В. 2017. – 154 с.

ISBN

В роботі детально розглянута проблема агроекономічного та екологічного обґрунтування оптимального рівня врожайності нових

сортів сільськогосподарських культур для умов Лісостепу. При цьому економічне оцінювання базується на виборі оптимальної норми добрив, а екологічне – із умови забезпечення бездефіцитного балансу гумусу та основних елементів живлення.

Для спеціалістів сільськогосподарського виробництва фермерів. Може бути корисна магістрам та науковцям.

Зміст

Вступ	4
1. Агроекономічне обґрунтування урожайності сільськогосподарських культур з точки зору оптимізації використання добрив	6
1.1. Основні положення та показники інтенсифікації землеробства	6
1.2. Нормативна урожайність та способи її визначення	10
1.3. Вибір оптимальної норми добрив	22
2. Екологічне обґрунтування рівня урожайності сільськогосподарської культури з точки зору бездефіцитності балансу основних елементів живлення .	30
3. Екологічне обґрунтування рівня урожайності сільськогосподарської культури з точки зору бездефіцитності балансу гумусу	53
4. Практичне застосування запропонованих підходів та прийняття рішень	67
5. Особливості агроекономічного і екологічного обґрунтування оптимального рівня удобрення конопель посівних різних напрямів використання	
6. Вплив погодних умов на урожайність сільськогосподарських культур та їх інтенсивність	74
Висновки	86
Література	89
Додатки	91

Вступ

Проблема обґрунтування рівня урожайності сільськогосподарських культур на стадії планування чи проектування полягає в забезпеченні ресурсами основних факторів, провідними з яких слід вважати вологу і мінеральне живлення. При цьому якщо в умовах природного зволоження ресурс вологи є практично нерегульованим і залежить від погодних умов вегетаційного періоду, то ресурс живлення піддається регулюванню, що загалом полягає в застосуванні мінеральних і органічних добрив на фоні тієї чи іншої природної родючості ґрунтів. Отже, проблема в даному випадку полягає у встановленні оптимальної норми добрив, а оскільки застосування органічних наразі є проблематичним, то мова йде перш за все про мінеральні.

Не викликає сумніву, що величина оптимальної норми добрив визначається ефектом від їх застосування та співвідношенням цін на самі добрива і продукцію.

Крім того, вирощування і постійне оновлення нових більш продуктивних сортів і гібридів сільськогосподарських культур вимагає врахування кількісного впливу на їх урожайність норм добрив, оскільки він суттєво відрізняється від вивчених раніше сортів і гібридів як значенням окупності добрив, так коефіцієнтом використання основних елементів. Така постановка питання вимагає кількісної оцінки їх

інтенсивності з точки зору використання основних ресурсів і перш за все мінерального живлення.

Встановлений таким чином рівень урожайності вимагає екологічного обґрунтування суть якого полягає в забезпеченості бездефіцитності балансу як основних елементів живлення, так і гумусу. Отже визначений за агроекономічними критеріями рівень урожайності повинен порівнюватися з критичним його значенням за умовами бездефіцитності.

При цьому виникає необхідність врахування проблеми, суть якої полягає в тому, що всяке зростання та стимулювання урожайності культури супроводжується адекватним виносом основних елементів з врожаєм, що далеко не завжди узгоджується з нормою внесених добрив. Не менш важливою проблемою в цьому випадку слід вважати і збалансованість мінеральних добрив за основними елементами живлення.

З точки зору оцінювання балансу гумусу з підвищенням інтенсивності, а отже і урожайності культури зростає і урожайність побічної продукції, що може піддаватися гуміфікації, що позитивно впливає на баланс гумусу.

Не викликає сумніву, що у випадку дефіцитного балансу гумусу чи основних елементів величина цього дефіциту повинна бути врахована при вирощуванні наступної культури в сівозміні із умови бездефіцитності в ланці сівозміни чи хоча в сівозміні.

1. Агроекономічне обґрунтування урожайності сільськогосподарських культур з точки зору оптимізації використання добрив

1.1. Основні положення та показники інтенсифікації землеробства

Необхідність постійного підвищення ефективності землеробства вимагає інтенсифікації як технології вирощування культур загалом, так і окремих її елементів. Об'єктивність оптимізації вирощування сільськогосподарської культури не викликає сумніву, оскільки основні вимоги до нього, як і до будь-якого іншого виробничого процесу в ринкових умовах полягають в забезпеченні економічно найкращих результатів діяльності.

Наразі існує два основних фактори інтенсифікації вирощування сільськогосподарської культури: сорт чи гібрид культури та технологія вирощування. Необхідність встановлення кількісного впливу цих факторів на урожайність культури не викликає сумніву, оскільки така інформація дозволяє не тільки встановлювати планові рівні врожайності та оцінювати ефективність використання ресурсів основних факторів, а і визначатися з економічною доцільністю регулювання ресурсів з точки зору вартості приросту урожайності та додаткових витрат.

При оцінюванні кількісного впливу фактору сорту на показники інтенсифікації вирощування необхідно визначитися з показниками його

інтенсивності, або урожайності. Загалом цей показник являє собою рівень інтенсивності сорту (RiC) і може бути встановлений як відношення фактичного (Y_{ϕ}) до можливого, або нормативного ($Y_{н}$) значень урожайності культури:

$$RiC = \frac{O_{\phi}}{O_f} \quad (1)$$

Отже він показує в кільки разів фактична урожайність культури даного сорту є більшою за урожайність, що може бути визначена чи розрахована за нормативними даними. При такому оцінюванні слід звернути увагу на наступні умови. Перш за все слід зауважити, що фактична урожайність культури суттєво залежить від погодних умов вегетаційного періоду, тому з точки зору достовірності необхідно було б брати в розрахунок урожайність, яка формується в середніх погодних умовах, що практично неможливо. Одним із варіантів виходу з цього можна вважати середню урожайність, а точніше значення RiC за ряд років, середні значення умов яких, з деяким наближенням, можна вважати за середні умови загалом. При цьому чим більшим є цей ряд спостережень (5 краще ніж 3), тим ближчими є умови до середніх, тобто тим достовірнішими є ці дані. За загально прийнятими умовами можна вважати трьохрічний ряд спостережень достатнім для даним розрахунків, хоча так чи інакше все залежить від погодних умов конкретних років і ступеню їх відхилення від середніх даних.

Другим обмеженням є методика визначення нормативного рівня врожайності культури. Загалом можна стверджувати, що нормативна чи розрахункова урожайність, є урожайність, яка розрахована за нормативними (середніми) значеннями використання ресурсів основних факторів росту. Наразі відомо, що такими ресурсами, кількісний вплив яких на урожайність культури є так чи інакше визначений, є ресурси вологи (продуктивна волога в ґрунті на початок вегетації та атмосферні опади протягом вегетаційного періоду) та

ресурси мінерального живлення (природна родючість ґрунтів і внесені добрива).

Показник інтенсивності технології (RiT), за аналогією з попереднім, являє собою відношення фактичної урожайності культури за нової (удосконаленої) технології до нормативної її величини даного сорту, тобто за відомим значенням його інтенсивності:

$$RiT = \frac{O_o^{i0}}{RiC \cdot O_i} \quad (2)$$

Отже, рівень інтенсивності технології показує в скільки разів нова (вдосконалена) технологія забезпечує зростання врожайності. Слід зазначити, що оскільки фактична урожайність залежить від погодних умов, то і ефективність будь-якого нового заходу, також залежить від цих же умов. Отже, показник рівня інтенсивності технології (RiT), як і попередній показник (RiC), повинен визначатися як середнє значення за ряд років. При цьому по суті особливостями кожної нової більш інтенсивної технології можуть бути нові форми мінеральних добрив та способи їх внесення, застосування різного роду мікродобрив та стимуляторів росту, застосування кальцію і сірки і т.п. Отже якщо будь-який технологічний захід забезпечує зростання урожайності на 20%, це означає, що рівень інтенсивності даної технології (RiT) складає 1,20.

Таким чином, одночасне врахування рівня інтенсивності сорту чи гібриду, що вирощується, і рівня інтенсивності технології чи заходу, які застосовуються при цьому, разом забезпечують той чи інший рівень агротехніки ($Ra = RiC \cdot RiT$). Отже якщо, наприклад, в однакових умовах вирощується два сорти культури з інтенсивністю 1,00 ($RiC_1 = 1,00$) і 1,50 ($RiC_2 = 1,50$) за технологією, що забезпечує зростання урожайності на 20% ($RiT = 1,20$), можемо стверджувати, що в першому варіанті рівень агротехніки складає 1,20 ($1,00 \cdot 1,20$) і визначається технологією, а в другому цей показник складає 1,80 ($1,50 \cdot 1,20$) і визначається як сортом так і технологією. Це в свою чергу вказує на

те, що якщо забезпечена ресурсами урожайність (нормативна) складає, наприклад, 40,0 ц/га, то планова урожайність в першому випадку очікується в розмірі 48,0 ц/га ($40,0 \cdot 1,20$), а в другому – 72,0 ц/га ($40,0 \cdot 1,80$). Крім того зрозуміло і те, що за всіх інших рівних умов, на рівень інтенсивності сорту може суттєво впливати сама технологія в господарстві. Тобто якщо рівень інтенсивності сорту в одному господарстві є вищим за інтенсивність цього ж сорту в іншому господарстві то в ньому (другому господарстві) рівень технології є на відповідну величину вищим і в даному випадку показники інтенсивності сорту характеризують рівень агротехніки в кожному господарстві при вирощуванні даної культури.

В даній роботі розглядається проблема оцінки інтенсивності сортів чи гібридів сільськогосподарських культур та її вплив на основні еколого - економічні показники. Це викликано перш за все великою пропозицією насіння нових сортів на ринку, а значить потребою в експертній оцінці їх з подальшою рекомендацією до використання у виробництві. Отже, враховуючи незаперечний факт впливу на урожайність культури такого показника як рівень інтенсивності технології, то доцільним можна вважати порівняльну оцінку сортів і гібридів за співвідношенням значень рівня агротехніки. Так, якщо в одному і тому господарстві за однієї технології рівень інтенсивності, а точніше рівень їх агротехніки склав відповідно 1,5 і 1,8, то це означає, що другий сорт в 1,2 рази інтенсивніший за перший ($1,8/1,5$). З деяким наближенням (при відсутності суттєвих розбіжностей в сортовій агротехніці) можна вважати, що і в інших технологічних умовах співвідношення в інтенсивності цих сортів залишиться таким же. Все наведене так чи інакше вказує на те, що при практичних розрахунках оцінка сортів за рівнем інтенсивності в кожному господарстві загалом характеризує рівень агротехніки, оскільки абсолютно однакових технологічних умов не існує.

1.2. Нормативна урожайність та способи її визначення

1.2.1. Нормативна урожайність за ресурсом вологи.

Нормативна урожайність культури, як вказувалося вище, є розрахована її величина із умови забезпеченості ресурсами основних факторів росту і розвитку культури. З точки зору інформативності, як вказувалося раніше, одним із таких факторів є ресурс вологи. За умови практичного використання ресурсного рівня урожайності за цим ресурсом перш за все необхідним є встановлення самого ресурсу цього фактора, який може бути запропонований культурі. Оскільки ресурс даного фактора визначається атмосферними опадами і є випадковим, то будь-яка його величина характеризується відповідною ймовірністю, що суттєво ускладнює формулювання однозначного висновку.

Загалом відомо, що нормативна урожайність культури за ресурсами вологи, або урожайність культури, яка може бути сформована за відомих ресурсів вологи ($У_{НВ} = УР_{В}$) визначається як:

$$\dot{O}_{\dot{I}\dot{A}} = \dot{O}_{\dot{D}\dot{A}} = \frac{\dot{A}}{\dot{E}_{\dot{N}\dot{A}}}, \text{ ц/га} \quad (3)$$

Де: E – сумарне водоспоживання, $\text{м}^3/\text{га}$;

$K_{\text{СВ}}$ – коефіцієнт сумарного водоспоживання, $\text{м}^3/\text{ц}$ (табл.. 1)

В даному випадку величина сумарного водоспоживання (E) являє собою загальні запаси продуктивної вологи, які були запропоновані культурі і могли бути використані нею ($E = \text{ВП}$).

Загальні запаси вологи, що можуть бути запропоновані культурі на стадії планування можуть бути визначені як сума можливих запасів продуктивної вологи в ґрунті на початок вегетації культури ($НВ_r$, мм) та частини очікуваних атмосферних опадів (продуктивної їх частини) за вегетаційний період ($\mu \sum A$, мм) [1, 10]:

$$\hat{A}\ddot{I} = \hat{I}\hat{A}_{\hat{A}} + \mu\Sigma\hat{A}, \text{ мм} \quad (4)$$

де: μ – коефіцієнт використання атмосферних опадів (ΣA), який за вегетаційний період в умовах Лісостепу складає 0,70 – 0,80 [22].

При цьому, оскільки розрахунки проводять заздалегідь, значення як HB_r так і ΣA беруться загалом як прогнозні. Однак невелика вірогідність прогнозних значень вимагає врахування цих величин і їх узгодження за тими чи іншими умовами. Як загально прийняте, вважається врахування цих величин як середніх, однак на нашу думку більш достовірним слід вважати модальні значення цих величин, тобто таких значень, які бувають частіш за все [26, 30]. Крім того, при оцінці фактичного стану речей, тобто при фактичній урожайності і фактичних ресурсах вологи виникає потреба врахування залишкових на кінець вегетаційного періоду запасів продуктивної вологи в ґрунті (KB_r).

Значення коефіцієнта сумарного водоспоживання являється інтегральною узагальнюючою характеристикою відношення культури до ресурсів фактора вологи, оскільки визначає необхідну кількість вологи на формування одиниці врожаю (основної продукції) і визначається в $\text{м}^3/\text{ц}$ чи $\text{м}^3/\text{т}$.

При використанні нормативних чи рекомендованих значень коефіцієнтів сумарного водоспоживання слід мати на увазі, що вони отримані при достатньому чи оптимальному забезпеченні вологою, або в умовах зрошення (табл. 1). Отже, в умовах природного зволоження, тобто в умовах частіш за все недостатнього зволоження, вони будуть мати дещо інші значення.

Відомо, що цей коефіцієнт не є величиною сталою, а залежить від рівня урожайності, а отже і рівня забезпеченості ресурсом вологи. Враховуючи вказане величину урожайності за ресурсами вологи можна визначити із умови [25, 26, 30, 31]:

$$O_A = 10 \frac{\hat{A}}{\hat{A} - \hat{A}'} , \text{ц/га} \quad (5)$$

де: A і B – емпіричні коефіцієнти, які визначені для базових умов, тобто без деталізації по сортах (табл. 2).

Рішення наведених двох формул (3 і 5) дозволяє отримати залежність коефіцієнта сумарного водоспоживання від запасів продуктивної вологи в ґрунті ($ПВ$):

$$\hat{E}_A = \frac{\hat{I}A (\hat{A} - \hat{I}A)}{10\hat{A}} , \text{м}^3/\text{ц} \quad (6)$$

Отже чим більшим є запас продуктивної вологи ($ПВ$), тим вищим слід очікувати урожайність (залежність 5), тим меншим є значення коефіцієнта сумарного водоспоживання (формула 6).

Таблиця 1

Вихідні дані по встановленню ресурсних рівнів врожаю сільськогосподарських культур [2,24].

№ п/п	Культура	K_{30}	Коефіцієнт водоспоживання (K_B), м ³ /ц	№ п/п	Культура	K_{30}	Коефіцієнт водоспоживання (K_B), м ³ /ц
1.	Пшениця озима	1,00	70	13.	Буряк цукровий	0,26	9,4
2.	Ячмінь озимий	0,90	70	14.	Буряк кормовий	0,13	3,9
3.	Жито озиме	0,90	70	15.	Соняшник	2,00	130
4.	Кукурудза на зерно	1,00	53	16.	Ріпак на зерно	2,00	–
5.	Ячмінь ярий	0,80	70	17.	Соя	1,80	147
6.	Овес	0,70	70	18.	Картопля	0,30	13,3
7.	Горох	1,40	66	19.	Кукурудза на силос	0,13	5,3
8.	Гречка	1,40	120	20.	Люцерна (з/м)	0,15	47
9.	Просо	0,90	–	21.	Редька олійна (з/м)	0,12	–
10.	Сорго	1,20	–	22.	Овочеві	0,50	7-10
11.	Віка	1,20	–	23.	Горох на з/м	0,12	–
12.	Пшениця	1,00	70		Кукурудза	0,13	–

	яра				на з/м, поукісні		
--	-----	--	--	--	---------------------	--	--

З іншого боку, всякий новий більш урожайний сорт культури характеризується меншим значенням коефіцієнта водоспоживання, оскільки за тих же ресурсів здатний сформувати більшу врожайність.

Таблиця 2

Значення емпіричних коефіцієнтів до встановлення сумарного водоспоживання [25, 30]

Культури	А	В
Зернові колосові	382	264
Кукурудза на зерно	532	832
Картопля	403	2657
Соняшник	390	180
Кукурудза на силос	598	7960

Ще одним істотним ускладненням об'єктивності використання ресурсу вологи як основного при встановленні нормативної врожайності є нерівномірність зволоження протягом періоду вегетації. Це пов'язано з тим, що навіть при достатньо високому забезпеченні ресурсом вологи загалом суттєва нестача її в окремі критичні фази розвитку культури істотно зменшує урожайність. Загалом це визначається кількісним впливом гідротермічних умов (середньою температурою повітря та сумою атмосферних опадів) на коефіцієнти продуктивності культури [10, 16, 17].

Все наведене дозволяє стверджувати, що надійність і об'єктивність оцінки нормативної урожайності за ресурсами вологи є сумнівною і повинна бути врахована як фонові умова при оцінюванні цієї величини за ресурсом мінерального живлення.

1.2.2. Нормативна урожайність за ресурсом мінерального живлення. Оскільки вплив ресурсу мінерального живлення на урожайність культури є наразі найбільш вивченим і піддається регулюванню, то доцільність прийняття за нормативну урожайність таку її величину, яка забезпечена цими ресурсами не викликає сумніву. Враховуючи, що ефективність вказаного ресурсу істотно залежить від умов природного зволоження (чим менше ресурсу вологи, тим меншою є урожайність), то всі визначення слід проводити для середніх чи модальних погодних умов, що практично означає, як вказувалося вище, визначати слід як середнє за кілька років.

Загалом нормативна, або розрахункова урожайність культури за ресурсами основних елементів мінерального живлення може бути визначена по залежності:

$$O_f = O_A + \Delta O, \text{ц/га} \quad (7)$$

Де: O_B – урожайність, яка може бути сформована за рахунок природної родючості ґрунтів (без добрив);

ΔU – приріст урожайності за рахунок добрив (мінеральних, органічних, післядії).

Враховуючи, що в сучасних умовах застосування органічних добрив є проблематичним, а післядія фосфорних і калійних добрив є неістотною, оскільки вони вносяться в необґрунтовано малими нормами, то при подальших розрахунках практичного значення набуває фактична норма мінеральних добрив, що вноситься під дану культуру.

Загально відомо, що урожайність культури у варіанті без добрив на стадії планування може бути визначена різними способами – балансовим (через коефіцієнт використання основних елементів живлення з ґрунту), через окупність балу бонітету ґрунту урожайністю культури (бал бонітету за урожайністю культури, агрохімічний та

еколого-агрохімічний бал бонітету ґрунту), та фактична (дослідні дані) урожайності культури в різних умовах.

Наразі рекомендованим є еколого-агрохімічний бал бонітету [14, 30], що включає в себе крім агрохімічних показників ще ряд екологічних критеріїв (агрокліматичні умови, засоленість, кислотність, заболоченість, забруднення радіонуклідами, важкими металами, залишками пестицидів). При цьому ціна бала складає для всіх культур складає 0,41ц з.о./га, тобто добуток бонітету та вказаної величини ціни являє собою врожайність культури в зернових одиницях:

$$O_A = 0,41A, \text{ ц з.о./га} \quad (8)$$

Для переведу цієї величини в урожайність основної продукції культури необхідно розділити на коефіцієнт переведу ($K_{зо}$):

$$Y_B = 0,41B / K_{зо}, \text{ ц о.п./га} \quad (9)$$

Значення еколого-агрохімічного бонітету визначається в системі «Держродючість», а перевідні коефіцієнти наводяться в таблиці 1.

Іншим підходом може бути використання фактичних урожайних даних у варіанті без добрив в різних ґрунтово-кліматичних і погодних умовах і представлених в табл. 3 [7],

Стосовно оцінки можливого приросту врожайності від добрив (ДУ), то наразі відомо загалом два підходи до встановлення цієї величини: балансовий і нормативної окупності [25, 30]. При цьому нормативні (довідкові) дані як по значеннях коефіцієнтів використання основних елементів живлення з добрив (балансовий метод), так і значення окупності добрив (метод нормативної окупності) є величинами постійними для культури і зони і не залежать від величини норми самих добрив. Такий стан речей може бути можливим при незначних нормах добрив, однак суттєве підвищення їх значень, входячи із умови основних законів землеробства, вони повинні зменшуватися. Одним із можливих і найбільш достовірних методів такого оцінювання може бути метод спадної дохідності, який в повній

мірі узгоджується з характером впливу ресурсу основних факторів росту на урожайність культури [7, 27]. Тобто, суть цього полягає в тому, що будь-яка наступна величина ресурсу фактора забезпечує менший ефект, ніж попередня. Математично характер впливу норми добрив (X , ц д.р./га) на приріст урожайності культури (ΔY) пропонується описувати рівнянням квадратичної параболи типу

$$\Delta Y = a\bar{X}^2 + b\bar{X}, \text{ ц/га} \quad (10)$$

Таблиця 3

Природний рівень врожайності сільськогосподарських культур (ц/га) в середніх за сприятливістю умовах в Лісостепу [7]

Код	Ґрунти	Культури						
		Пшен. озима	Ячмінь ярий	Соняшник	Кукур. зерно	Буряк цукров.	Картопля	Горих
4	Темно-сірі опідзолені та чорноземи опідзолені	29,8	25,5	16,1	36,6	257,7	128,1	22,4
5	Темно-сірі опідзолені та чорноземи опідзолені глейовані	19,5	24,3	8,2	27,5	264,0	101,0	23,6
6	Чорноземи типові, реградовані та вилуговані супіщані й легкосуглинкові	30,5	25,6	19,2	49,3	301,7	147,7	23,6
7	Чорноземи типові, реградовані й вилуговані середньо- та важкосуглинкові	32,8	24,9	18,0	43,1	291,8	124,3	27,30

В даній залежності емпіричні коефіцієнти «а, в» є індивідуальними для культури, ґрунтово-кліматичних умов та рівня сприятливості погодних умов (сприятливі, середні та несприятливі) [7, 227].. При цьому автори пропонують на етапі планування проводити розрахунки для середніх за сприятливістю умов. Виходячи із даної залежності та враховуючи, що коефіцієнт «а» має від'ємне значення, окупність добрив визначається як:

$$\hat{I}_{\bar{A}} = \hat{a} - \hat{a}\bar{O}, \quad (11)$$

Таким чином, з підвищенням норми добрив їх окупність зменшується (рис. 1).

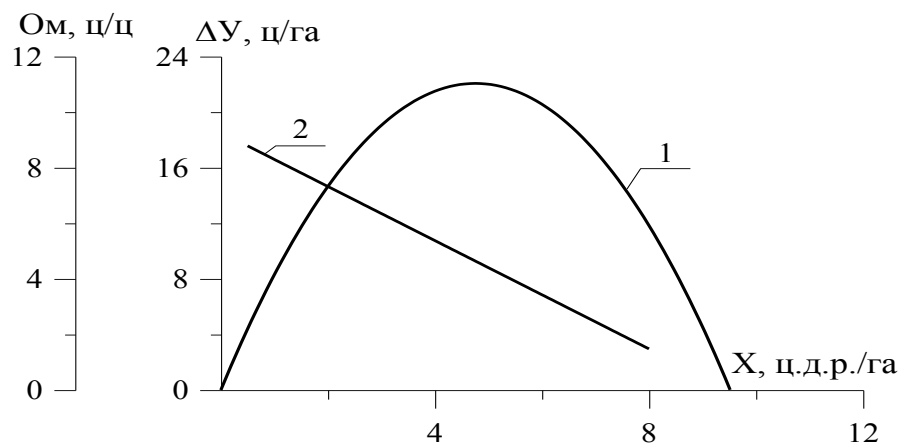


Рис.1. Характер залежності приросту урожайності (1) та окупності добрив (2) від їх норми

Параметри таких моделей відгуку культури на добрива для середніх за сприятливістю умов наведені в табл. 4.

Отже, у випадку, коли ефективність мінеральних добрив визначати за законом спадної дохідності, то загальна нормативна урожайність культури може бути виражена залежністю:

$$\hat{O}_f = aX^2 + bX + \hat{O}_{\bar{A}}, \quad \hat{a} < 0 \quad (12)$$

Таким чином, виходячи із залежностей 1 і 12 можемо стверджувати, що фактично очікувана урожайність культури може бути встановлена як:

$$\hat{O}_\delta = RiC \cdot \hat{O}_f = RiC(\hat{O}_{\bar{A}} + \Delta\hat{O}_{\bar{A}}) = RiC \cdot \hat{O}_{\bar{A}} + RiC \cdot \Delta\hat{O}_{\bar{A}}, \quad \text{ц/га} \dots \dots \dots (13)$$

Таблиця 4

Параметри моделі приросту урожайності (ΔY , ц/га) від норм мінеральних добрив (X , ц д.р./га) та необхідне співвідношення елементів у добривах) в основних типах ґрунтів Лісостепу
 $(\Delta Y_M = aX^2 + vX; \alpha_N : \alpha_P : \alpha_K)$ [29]

Культура	Коефіцієнти регресії		Співвідношення N:P:K			Сума частин $\Sigma \alpha$
	a	v	α_N	α_P	α_K	
Код 4. Темно-сірі опідзолені та чорноземи опідзолені						
Пшениця озима	-1,20	10,16	1,0	0,6	1,0	2,6
Ячмінь ярий	-1,02	9,28	1,0	0,6	1,0	2,6
Соняшник	-0,43	3,71	1,0	1,0	1,2	3,2
Кукурудза на зерно	-1,21	11,56	1,0	0,6	1,0	2,6
Буряк цукровий	-5,26	59,28	1,0	1,0	1,2	3,2
Картопля	-2,77	38,63	1,0	1,0	1,2	3,2
Соя (горох)	-1,39	10,16	1,0	0,6	1,0	2,6
Код 5. Темно-сірі опідзолені та чорноземи опідзолені глейова ні						
Пшениця озима	-0,74	6,27	1,0	0,6	1,0	2,6
Ячмінь ярий	-0,86	7,88	1,0	0,6	1,0	2,6
Соняшник	-0,27	2,34	1,0	1,0	1,2	3,2
Кукурудза на зерно	-1,46	13,85	1,0	0,6	1,0	2,6
Буряк цукровий	-6,94	78,28	1,0	1,0	1,2	3,2
Картопля	-1,72	24,07	1,0	1,0	1,2	3,2
Соя (горох)	-0,72	5,28	1,0	0,6	1,0	2,6
Код 6. Чорноземи типові, реградвані та вилугувані супіщані й легкосуглинкові						
Пшениця озима	-0,98	8,26	1,0	0,6	1,0	2,6
Ячмінь ярий	-0,56	5,09	1,0	0,6	1,0	2,6
Соняшник	-0,45	3,92	1,0	1,0	1,2	3,2
Кукурудза на зерно	-0,97	9,27	1,0	0,6	1,0	2,6
Буряк цукровий	-5,92	66,79	1,0	1,0	1,2	3,2
Картопля	-1,64	22,96	1,0	1,0	1,2	3,2
Соя (горох)	-0,72	5,28	1,0	0,6	1,0	2,6

Код 7. Чорноземи типові, реградовані та вилугувані середньо- і важкосуглинкові						
Пшениця озима	-0,82	6,94	1,0	0,6	1,0	2,6
Ячмінь ярий	-0,41	3,79	1,0	0,6	1,0	2,6
Соняшник	-0,34	2,99	1,0	1,0	1,2	3,2
Кукурудза на зерно	-1,49	14,17	1,0	0,6	1,0	2,6
Буряк цукровий	-4,39	49,56	1,0	1,0	1,2	3,2
Картопля	-0,78	10,92	1,0	1,0	1,2	3,2
Соя (горох)	-0,61	4,51	1,0	0,6	1,0	2,6

Наведене дозволяє стверджувати, що для кожного сорту чи гібриду кількісно рівень інтенсивності є однаковий і при реалізації природної родючості ґрунтів і при використанні добрив. Звичайно така умова є наближеною і при необхідності її уточнення вимагає окремого вивчення. Однак, прийнята умова дозволяє стверджувати що фактичне значення інтенсивності сорту є таким же і для співвідношення приросту урожайності від дії добрив:

$$RiC = \frac{\Delta \hat{O}_o}{\Delta \hat{O}_f}, \quad (14)$$

Виходячи з цього маємо, що фактичну, або очікувану ефективність добрив можна оцінювати по залежності:

$$\Delta \hat{O}_o = RiC \cdot \Delta \hat{O}_f = RiC(aX^2 + bX), \text{ ц/га} \quad (15)$$

Отже, можна констатувати, що приріст урожайності від мінеральних добрив для і-того сорту чи гібриду з відомим значенням його інтенсивності (RiC_i) може бути визначений як:

$$\Delta \hat{O}_s = \hat{A}_s \hat{O}^2 + \hat{A}_s \hat{O}, \text{ ц/га} \quad (16)$$

$$\text{Де: } A_i = a \cdot RiC_i, \quad B = b \cdot RiC_i.$$

Таким чином, для кожного сорту (гібриду) можна визначитися з нормою мінеральних добрив (X , ц д.р./га) під запланований приріст урожайності (ΔY_i , ц/га):

$$\bar{O} = \frac{-\hat{A}_s + \sqrt{\hat{A}_s^2 - 4\hat{A}_s \cdot \Delta\hat{O}_s}}{2\hat{A}_s}, \text{ ц д.р./га} \quad (17)$$

Отже, все наведене дозволяє визначити рівень інтенсивності сорту, та в послідуячому встановити необхідну норму мінеральних добрив під заплановану урожайність та визначитися з фактичною ефективністю використання цих добрив в кожному конкретному випадку.

Таблиця 5

Оцінка рівня інтенсивності нових сортів деяких сільськогосподарських культур (RiC) за даними Інституту сільського господарства північного Сходу НААН

Сорт	Урожайність по роках, ц/га			Середня урожайність (Y_{Φ}), ц/га	Нормативна (розрахункова) урожайність (Y_H), ц/га	Показник інтенсивності ($Ri\tilde{N} = \frac{\hat{O}_o}{\hat{O}_i}$)
	2011	2012	2013			
Пшениця озима						
Розкішна	79,0	116,0	88,4	94,4	41,20	2,29
Гордовита	65,0	102,0	60,8	75,9	41,20	1,84
Досконала	84,0	94,0	87,6	88,5	41,20	2,15
Волошкова	69,0	87,0	88,2	81,4	41,20	1,98
Епоха Одеська	65,0	89,0	87,0	77,3	41,20	1,88
Місія Одеська	63,0	89,0	78,7	76,9	41,20	1,87
Заграва Одеська	73,0	83,0	77,4	77,8	41,20	1,89
Ячмінь ярий						
Парнас	40,5	35,3	38,9	38,2	29,9	1,28
Святогор	35,7	48,7	36,8	40,4	29,9	1,35
Всесвіт	33,6	46,1	32,3	37,3	29,9	1,25
Командор	36,6	49,3	34,3	40,1	29,9	1,34
Геліос	25,8	45,1	36,6	35,8	29,9	1,20
Кукурудза на зерно (середньостигла)						
Харківський 329 МВ	73,0	99,4	106,0	92,8	63,4	1,46
PR38A79	92,0	88,0	91,4	90,5	63,4	1,43
Моніка	93,0	104,0	99,2	98,7	63,4	1,56

350MB						
-------	--	--	--	--	--	--

В таблиці 5 наведені приклади визначення рівня інтенсивності деяких сортів основних сільськогосподарських культур за результатами досліджень в Інституті сільського господарства Північного Сходу НААН [5]. При цьому під пшеницю озиму внесено 160 кг д.р./га ($N_{100} P_{30} K_{30}$), під ячмінь ярий – 90 кг д.р./га ($N_{60} P_{15} K_{15}$) під кукурудзу – 190 кг д.р./га ($N_{100} P_{45} K_{45}$). Це дало можливість сформулювати моделі відгуку урожайності окремих сортів сільськогосподарських культур на норми мінеральних добрив (табл. 6).

Таблиця 6

Моделі відгуку урожайності нових сортів основних сільськогосподарських культур на мінеральні добрива в умовах Інституту сільського господарства північного Сходу НААН

Сорт	Базова модель	Модель сорту
Пшениця озима		
Розкішна	$\acute{O} = -0,98\tilde{O}^2 + 8,26\tilde{O} + 30,5$	$\acute{O} = -2,24\tilde{O}^2 + 18,92\tilde{O} + 69,85$
Гордовита		$\acute{O} = -1,80\tilde{O}^2 + 15,20\tilde{O} + 56,12$
Досконала		$\acute{O} = -2,11\tilde{O}^2 + 17,76\tilde{O} + 65,58$
Волошкова		$\acute{O} = -1,94\tilde{O}^2 + 16,35\tilde{O} + 60,39$
Епоха Одеська		$\acute{O} = -1,84\tilde{O}^2 + 15,53\tilde{O} + 57,84$
Місія Одеська		$\acute{O} = -1,83\tilde{O}^2 + 15,45\tilde{O} + 57,04$
Заграва Одеська		$\acute{O} = -1,85\tilde{O}^2 + 15,61\tilde{O} + 57,64$
Ячмінь ярий		
Парнас	$\acute{O} = -0,56\tilde{O}^2 + 5,09\tilde{O} + 25,8$	$\acute{O} = -0,72\tilde{O}^2 + 6,52\tilde{O} + 33,02$
Святогор		$\acute{O} = -0,76\tilde{O}^2 + 6,87\tilde{O} + 34,83$
Всесвіт		$\acute{O} = -0,70\tilde{O}^2 + 6,36\tilde{O} + 32,25$
Командор		$\acute{O} = -0,75\tilde{O}^2 + 6,82\tilde{O} + 34,57$
Геліос		$\acute{O} = -0,67\tilde{O}^2 + 6,11\tilde{O} + 30,96$

Кукурудза на зерно (середньостигла)		
Харківський 329 МВ	$\hat{O} = -0,97\tilde{O}^2 + 9,27\tilde{O} + 49,3$	$\hat{O} = -1,42\tilde{O}^2 + 13,53\tilde{O} + 71,98$
PR38A79		$\hat{O} = -1,39\tilde{O}^2 + 13,26\tilde{O} + 70,50$
Моніка 350МВ		$\hat{O} = -1,51\tilde{O}^2 + 14,46\tilde{O} + 76,91$

Зрозуміло, що наведені моделі є адекватними для даного типу ґрунтів та існуючих технологічних умов вирощування вказаних культур в умовах Інституті сільського господарства Північного Сходу НААН. Так, в умовах інших ґрунтів базова модель буде іншою (див. табл. 4), а рівень інтенсивності вказаних сортів при такому чи близькому співвідношенні їх значень може бути дещо іншим, оскільки рівень інтенсивності технології в іншому господарстві може також відрізнятися від умов в даному інституті. Тобто, по суті одержані дані рівня інтенсивності сортів та гібридів деяких сільськогосподарських культур є такими тільки для технологічних умов дослідних ділянок даного інституту і загалом визначають рівень агротехніки вирощуванні цих сортів на дослідних ділянках. Отже якщо рівень інтенсивності технології вирощування пшениці озимої на дослідних ділянках такий, що забезпечує прибавку врожаю в порівнянні з виробничими посівами 30%, це означає, що рівень інтенсивності технології в даному випадку складає (Ri/T) 1,30. Виходячи із зазначеного вище рівень інтенсивності сортів пшениці озимої в перерахунку на виробничі буде в 1,30 рази меншим ніж на дослідних, тобто для сорту Розкішна інтенсивність складає 1,76 (2,29/1,30), а для сорту Гордовита – 1,42 (1,84/1,30).

1.3. Вибір оптимальної норми добрив

Не викликає сумніву, що при встановленні оптимальної норми добрив мова йде про найбільший ефект від їх застосування. З точки зору формування найбільшої урожайності (ΔY_{\max}), при оцінюванні

приросту від добрив за законом спадної дохідності (рівняння 10), оптимальна норма добрив визначиться із умови (див. рис. 2):

$$\tilde{O}_{opt} = -\frac{\hat{a}}{2\hat{a}} = -\frac{\hat{A}}{2\hat{A}}, \text{ ц д.р./га} \quad (18)$$

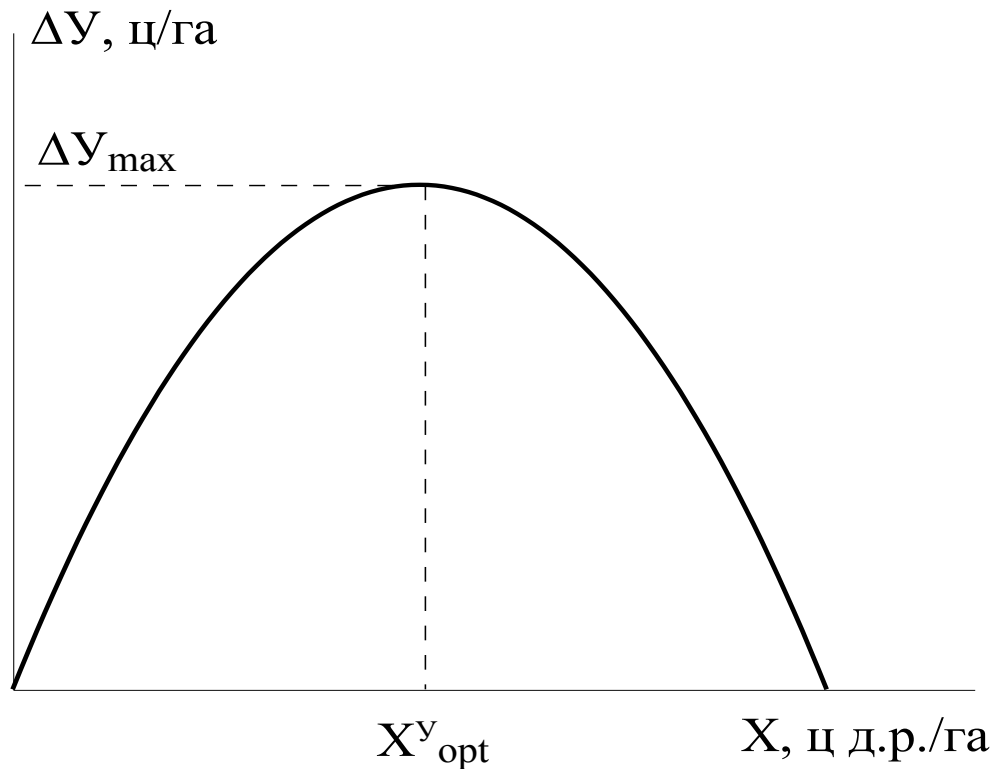


Рис. 2. Характер відгуку культури приростом урожайності (ΔY) на норму добрив (X)

Однак ця норма добрив ні в якому разі не може бути рекомендованою, оскільки максимальна урожайність не є критерієм доцільності їх застосування [7, 27, 29, 30].

Вартість додаткової продукції від застосування добрив ($ВДП$), як відомо, визначається добутком одержаної прибавки врожаю (ΔY) при тій чи іншій нормі добрив та реалізаційної ціни на зерно (C_3):

$$ВДП = \Delta Y \cdot C_3 = (aX^2 + bX)C_3, \text{ грн/га} \quad (19)$$

Витрати на удобрення ($ВУ$) складаються із вартості самих добрив і витрат на їх внесення. Враховуючи досить високу ціну на мінеральні

добрива і незначну питому вагу витрат на їх застосування з деяким наближенням витрати на удобрення можна визначити як:

$$BY = X \cdot C_D, \text{ грн/га} \quad (20)$$

Де: C_D – загальна ціна добрив, яка включає саму вартість та витрати на застосування

Схематична ілюстрація залежностей 19 і 20 наведена на рис.3.

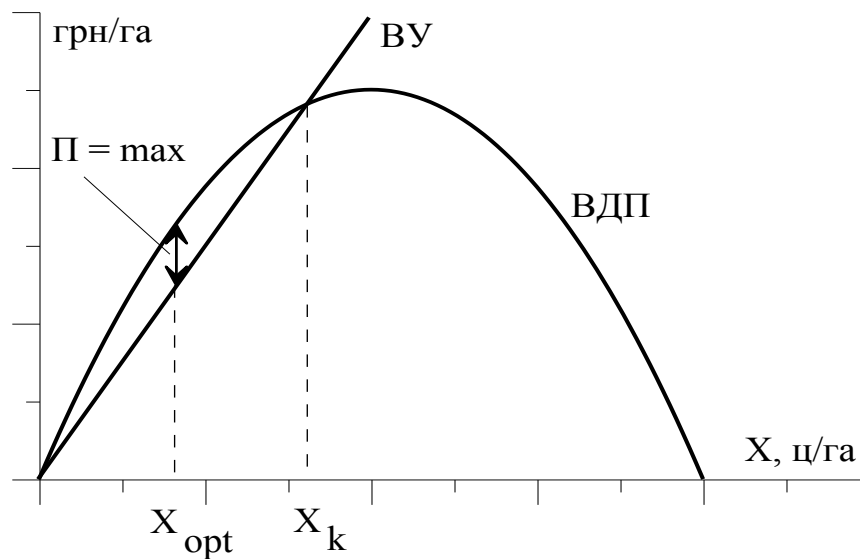


Рис. 3. Схема до визначення ефективності мінеральних добрив
 X_k – норма добрив, за якої дотримується умова економічної бездефіцитності ($BY = ВДП$); X_{opt} – норма добрив, за якої має місце максимальне значення чистого доходу ($\Pi = ВДП - BY = \max$)

Згідно даної методики [7, 27, 29, 30], основним критерієм при встановленні оптимальної дози добрив ($X = X_{opt}$) є максимальне значення маржинального доходу, або умовного прибутку ($ЧД = \Pi$). Сам чистий дохід являє собою різницю між вартістю додаткової продукції (ВДП) і витратами на удобрення (BY):

$$ЧД = ВДП - BY = (aX^2 + bX)C_3 - X \cdot C_D, \text{ грн/га} \quad (21)$$

Виходячи з цього максимальне значення чистого доходу ($ЧД = \max$) відмічається при нормі добрив, що є оптимальною:

$$X_{opt} = -\frac{(b \cdot C_3 - C_D)}{2a \cdot C_3}, \text{ц д.р./га} \quad (22)$$

Отже, при відомому значенні рівня інтенсивності кожного сорту чи гібриду культури (RiC), враховуючи умову рівняння 16, для кожного із них умова 22 має вигляд:

$$X_{opt} = -\frac{(\hat{A} \cdot \ddot{O}_c - \ddot{O}_{\hat{A}})}{2\hat{A} \cdot \ddot{O}_c}, \ddot{a} \cdot \ddot{d} / \ddot{a} \quad (22a)$$

Таким чином, за різних значеннях ціни добрив (C_D) і зерна (C_3) встановлюють оптимальну норму добрив.

Такі визначення можуть бути деталізовані основними економічними показниками прийнятого варіанта: прибавка врожаю (ΔU), вартість додаткової валової продукції ($ВДП$), витрати на удобрення ($ВУ$), чистий дохід ($ЧД$) та рентабельність (P) [24 26].

В якості ілюстрації впливу рівня інтенсивності сорту на основні економічні показники застосування добрив в табл. 7 приклад їх розрахунку для ячменю ярого при конкретному співвідношенню цін (див. рівняння 22).

Таблиця 7

Вплив рівня інтенсивності сорту ячменю ярого на основні агроекономічні показники застосування добрив в умовах чорноземів типових реградованих та вилугованих середньо суглинкових для середніх погодних умов
($C_3 = 300$ грн/ц, $C_D = 1000$ грн/ц, $C_D/C_3 = 3,33$)

	Рівень інтенсивності сорту (RiC)						
	1,0 базовий	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2
X_{opt} , ц д.р./га	1,57	2,06	2,42	2,68	2,89	3,06	3,19
Відносна величина	1,00	1,37	1,54	1,71	1,84	1,95	2,03
ΔU , ц/га	6,61	9,72	12,65	15,40	18,05	20,67	23,18
Відносна величина	1,00	1,47	1,91	2,33	2,73	3,13	3,51
ЧД, грн/га	413	856	1375	1940	2525	3141	3764
Відносна величина	1,00	2,07	3,30	4,70	6,11	7,61	9,11
P, %	26,3	41,6	56,8	72,4	87,4	102,6	118,0

Відносна величина	1,00	1,58	2,16	2,75	3,32	3,90	4,49
-------------------	------	------	------	------	------	------	------

Отже у випадку, коли показник інтенсивності нового сорту перевищує базовий на 20% ($RiC = 1,20$) оптимальна норма добрив (при якій має місце найбільше значення чистого доходу) підвищується на 37%, а очікуваний приріст урожайності – на 47%. При цьому більш суттєвих змін зазнають економічні показники. Так, при вказаному зростанні інтенсивності сорту чистий дохід зростає в 2,07 разів, а рентабельність – в 1,58 разів (табл. 7). При інтенсивності сорту 1,60 оптимальна норма добрив зростає на 71,0%, приріст урожайності на 133%, чистий дохід в 4,70 разів, а рентабельність – в 2,75 рази.

При зміні співвідношення цін на добрива і зерно (продукцію) характер зміни основних показників не змінюється, проте істотно змінюються їх абсолютні значення. Так, при зростанні значення співвідношення цін на добрива і продукцію до 5,0, тобто при подорожанні добрив в 1,5 рази можливо сформулювати наступні висновки (табл. 8):

- застосування добрив для базового сорту, тобто при рівні його інтенсивності 1,0, економічно недоцільне;
- зростання ціни на добрива суттєво обмежує оптимальні норми добрив, при цьому чим інтенсивнішим є сорт, тим меншим є це обмеження;
- адекватно вказаному змінюється і значення приросту урожайності. Тобто якщо необхідна його величина складає біля 15,0ц/га, то в першому випадку (табл. + 7) це можливе при $RiC = 1,6$ і нормі добрив 2,66 ц/га, то в другому – при $RiC = 1,8$ і нормі добрив 2,06 ц/га;
- для отримання чистого доходу від застосування добрив в оптимальному варіанті, наприклад, в сумі біля 2000

грн./га в першому випадку це можливе при інтенсивності сорту біля 1,6, а в другому – біля 1,9;

- для забезпечення рентабельності застосування добрив в оптимальному варіанті величиною біля 41% в першому варіанті необхідна інтенсивність сорту повинна бути не меншою ніж 1,2, а в другому – 1,8.

Таблиця 8

Вплив рівня інтенсивності сорту ячменю ярого на основні агроекономічні показники застосування добрив в умовах чорноземів типових реградованих та вилугуваних середньо суглинкових для середніх погодних умов

($C_3 = 400$ грн/ц, $C_d = 2000$ грн/ц, $C_d/C_3 = 5,00$)

	Рівень інтенсивності сорту (RiC)						
	1,0 базовий	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2
X_{opt} , ц д.р./га	0,08	0,83	1,36	1,74	2,06	2,31	2,52
Відносна величина	1,00	10,37	17,00	21,75	25,75	26,25	31,5
ΔY , ц/га	0,40	4,61	8,26	11,44	14,58	17,54	20,41
Відносна величина	1,00	11,52	21,50	28,60	36,45	43,85	51,02
ЧД, грн/га	0	104	584	1096	1712	2396	3124
Відносна величина	1,00	–	–	–	–	–	–
P , %	0	6,26	21,47	31,49	41,55	51,86	61,98
Відносна величина	1,00	–	–	–	–	–	–

В окремих випадках, зокрема, коли вирощування культури без застосування добрив є високодохідним, можливим є підвищення норм добрив, однак їх застосування не може бути збитковим, а отже їх величина не може бути більшою за критичне значення (див. рис. 3). При цьому розрахунки показують, що згідно прийнятих умов і обмежень в даному випадку існує умова:

$$\tilde{O}_{\tilde{E}} = 2\tilde{O}_{opt} \quad (23)$$

З іншого боку критичне значення норми добрив обмежується оптимальним значенням норми добрив за максимальним приростом урожайності $\tilde{O}_{\text{II}0}^{\acute{o}}$ (див. рис 2, рівняння 18), тобто маємо ще одну умову:

$$\tilde{O}_{\hat{E}} \leq \tilde{O}_{opt}^{\acute{o}} \quad (24)$$

З врахуванням всього зазначеного можемо стверджувати, що загалом рекомендована норма добрив знаходиться в межах:

$$\tilde{O}_{opt}^{\acute{o}} \geq \tilde{O}_{\text{D}\hat{A}\hat{E}} \geq \tilde{O}_{opt} \quad (25)$$

Зрозуміло, що такий вибір є індивідуальним і вимагає обґрунтування в кожному окремому випадку, тому в подальшому в роботі розглядається тільки економічно оптимальні норми мінеральних добрив.

Отже, при оцінці ефективності застосування мінеральних добрив під конкретну культуру, необхідним є врахування наступних умов:

- ґрунтово-кліматичні умови (значення емпіричних коефіцієнтів для даної зони і культури «а і в»);
- особливості сорту даної культури з конкретним значенням рівня його інтенсивності (RiC);
- соціально-економічні умови з фактичним співвідношенням цін на добрива і продукцію (N).

При практичному застосуванні залежності оптимальної норми добрив доцільним є розгляд її як функції від співвідношення цін на добрива та продукцію ($N = \frac{\ddot{O}_A}{\ddot{O}_I}$). Слід зазначити, що з точки зору практичної інтерпретації залежності 22, вона може бути спрощена і виражена як:

$$X_{opt} = X_{opt}^{\acute{o}} \left(1 - \frac{N}{RiC \cdot \acute{a}}\right), \text{ ц д.р./га} \quad (26)$$

На рис. 4 приведена графічна ілюстрація залежності 26 для ячменю ярого в умовах Лісостепу на чорноземах типових

реградованих та вилугуваних середньо суглинкових для середніх за сприятливістю умов ($a = -0,56$, $b = 5,09$). Наведене дозволяє оперативно провести практичні визначення. Так, наприклад, при співвідношенні цін на добрива і продукцію 4,5 і рівні інтенсивності сорту 1,30 із рис. 4 маємо, що оптимальна норма добрив для ячменю ярого складає 1,45 ц д.р./га, а очікуваний приріст урожайності складе 8,06 ц/га (формула 15). При співвідношенні цін 5,5 для того ж сорту оптимальна норма добрив складе тільки біля 0,80 ц д.р./га, а приріст урожайності – 4,83 ц/га.

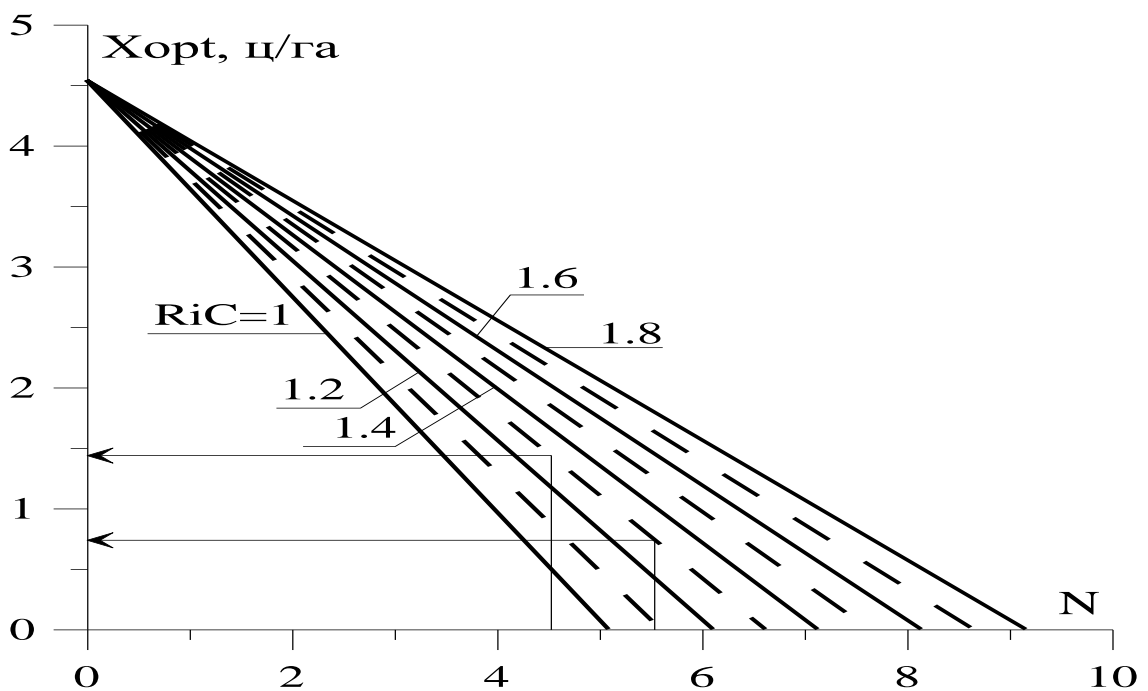


Рис. 4. Залежність оптимальної норми мінеральних добрив (X_{opt}) від рівня інтенсивності сорту (гібриду) (RiC) ячменю ярого та співвідношення цін на добрива і продукцію (N) на чорноземах типових супіщаних й легкосуглинкових в середніх погодних умовах

Слід зазначити, що такі графіки є індивідуальними для кожної культури в конкретних ґрунтових умовах.

Отже, визначившись з економічно доцільною величиною приросту врожайності від добрив (оптимальна норма добрив і відповідно їй приріст) і знаючи урожайність без добрив за залежністю 13 проводять розрахунок планової урожайності культури в середніх за сприятливістю погодних умовах за встановленої норми добрив.

З метою практичного використання наведеної методики в додатку А наведені такі залежності для основних сільськогосподарських культур в різних ґрунтово - кліматичних умовах.

2. Екологічне обґрунтування рівня урожайності сільськогосподарської культури з точки зору бездефіцитності балансу основних елементів живлення

Загально відомо, що основними обмежуючими екологічними умовами вирощування культури є підтримання на існуючому рівні чи підвищення природної родючості ґрунтів. При цьому одним із критеріїв такого обмеження є забезпечення бездефіцитного балансу основних елементів живлення, що в повній мірі узгоджується з одним із основних законів землеробства – закон повернення поживних речовин у ґрунт [22].

Суть цього полягає в тому, що даній сільськогосподарській культурі пропонується якась кількість основних елементів живлення, що включає в себе елементи в ґрунті і внесені з добривами, яка і забезпечує формування того чи іншого рівня врожайності. Характер зміни урожайності культури від внесених добрив на даних ґрунтах (див. рівняння 13) наведено на рис.5.

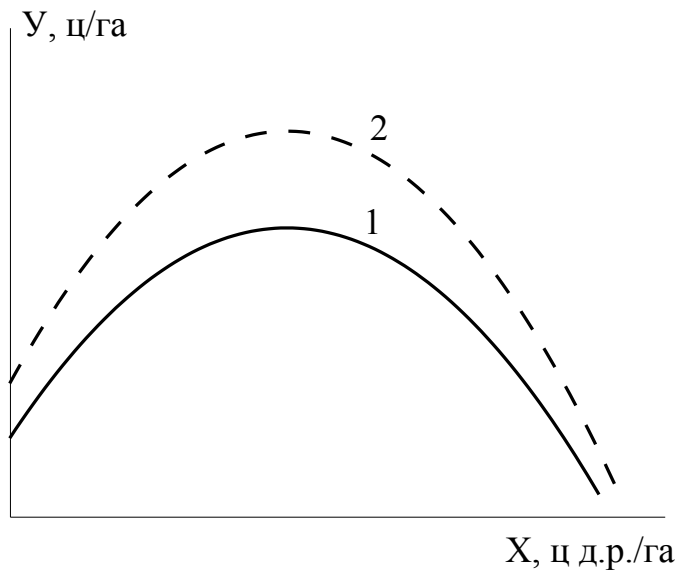


Рис.5 . Характер залежності повної врожайності сільськогосподарської культури в середніх за сприятливістю умовах
1 – базовий сорт ($RiC = 1$), 2 – фактичний сорт ($RiC > 1$)

Отже, виходячи із зазначеного можемо стверджувати, що даних ґрунтах (при відомому ΔY), з встановленим значенням інтенсивності сорту (RiC) очікувана урожайність культури буде визначатися нормою мінеральних добрив(X) за залежністю 13 (рис 5).

Разом з врожаєм культури з ґрунту виноситься якась кількість основних елементів живлення (N P K). Вміст таких елементів в основній і побічній продукції і в різних культурах різний (табл. 9).

Таблиця 9

Вміст основних елементів живлення в основній і побічній продукції сільськогосподарських культур [5]

Культура	В основній продукції, кг/ц				В побічній продукції, кг/ц			
	N	P	K	ΣB_M	N	P	K	ΣB_M
Пшениця озима	2,27	0,80	0,55	3,62	0,45	0,20	0,80	1,45
Ячмінь ярий	1,84	0,76	0,53	3,13	0,50	0,20	1,00	1,70
Кукурудза на зерно	1,53	0,59	0,42	2,64	0,75	0,30	1,64	2,69
Соняшник	2,37	1,04	0,84	4,25	1,56	0,76	5,25	7,57
Горох	3,34	0,84	1,30	5,48	1,26	0,41	0,63	2,30
Буряк цукровий	0,21	0,08	0,22	0,51	0,30	0,10	0,85	1,25

Картопля	0,37	0,11	0,55	1,03	0,30	0,10	0,85	1,25
----------	------	------	------	------	------	------	------	------

Отже, у випадку збирання врожаю основної продукції разом з нею відчужується і основні елементи живлення, які в ній знаходяться (ΣB_M , кг/ц), загальний виніс цих елементів складе:

$$\hat{A}_{ii}^A = \hat{O}_{ii} \cdot \Sigma \hat{A}_i, \text{ кг/га} \quad (27)$$

При цьому всі елементи, які знаходяться в побічній продукції шляхом загортання чи заорювання цієї продукції в ґрунт до нього і повертаються у вигляді складової органічної речовини. Слід зауважити, що сама побічна продукція ділиться на дві частини: нетоварну (стерня і корені) і ту, що може бути товарною у випадку її відчуження (солома чи листостеблова маса) (табл. 10).

Таблиця 10

Коефіцієнти сумарного виходу
поверхневих і корневих решток сільськогосподарських культур
залежно від урожайності основної продукції [13]

Культури	Коефіцієнт сумарного виходу побічної продукції, стерні і коренів (K_{CB})	Урожайність основної продукції, ц/га	Частина від загальної нетоварної маси	
			Побічна продукція (солома), K_C	Стерня і коріння, K_K
Зернові озимі	1,6	10 – 25	0,53	0,47
	1,4	26 – 40	0,53	0,47
Ячмінь	1,3	10 – 20	0,52	0,48
	1,1	21 – 35	0,51	0,49
Овес	1,3	10 – 20	0,46	0,54
	1,1	21 – 35	0,50	0,50
Просо	1,7	2 – 20	0,47	0,53
	1,8	21 – 30	0,55	0,45
Кукурудза на зерно	1,5	30 – 60	0,58	0,42
Горох	1,5	5 – 20	0,48	0,52
	1,3	21 – 30	0,54	0,46
Гречка	1,5	5 – 15	0,47	0,53
	1,7	16 – 30	0,52	0,48

Соняшник	2,0	8 – 30	0,50	0,50
Картопля	0,40	50 – 200	0,45	0,55
	0,14	200 – 400	0,50	0,50
Буряк цукровий	0,14	100 – 200	0,53	0,47
	0,13	200 – 400	0,60	0,40
Кукурудза на силос	-	100 – 200	-	0,24
	-	200 – 350	-	0,18
Однорічні трави	-	100 – 140	-	0,27

Таким чином, при урожайності основної продукції $U_{оп}$ (ц/га) і при відчуженні її товарної частини побічної продукції з коефіцієнтом сумарного виходу (K_{CB}), кількість відчужених основних елементів живлення з цією продукцією складе:

$$\hat{A}_{II}^A = O_{II} \cdot \hat{E}_{NA} \cdot \hat{E}_N \cdot \Sigma \hat{a}_i, \text{ кг/га} \quad (28)$$

Отже у випадку загортання всієї побічної продукції в ґрунт з урожаєм основної продукції відчужується \hat{A}_{II}^A , кг/га (формула 27). Коли відчуженню підлягає і товарна частина побічної продукції, то загальна кількість втрачених (відчужених) основних елементів з ґрунту являє собою суму \hat{A}_{II}^A і \hat{A}_{II}^A (формули 27 і 28).

В таблиці 11 наведені дані по вмісту основних елементів живлення в 1 ц основної і відповідної кількості побічної продукції та дані про виніс з ґрунту цих елементів при відчуженні не тільки основної продукції, а і товарної частини побічної.

Таблиця 11

Загальна потреба основних елементів живлення (NPK) у формуванні врожаю та можливий їх виніс з основною та побічною продукцією основних сільськогосподарських культур (кг/ц)

Культури	Вміст (NPK) в 1ц основної і відповідної кількості побічної продукції, кг				Виніс (NPK) 1ц основної і відповідної кількості товарної частини побічної продукції, кг			
	N	P	K	Всього	N	P	K	ΣCB_M
Пшениця озима	2,90	1,08	1,67	5,65	2,60	0,95	1,14	4,69

Ячмінь ярий	2,39	0,98	1,63	5,00	2,12	0,87	1,09	4,08
Кукурудза на зерно	2,65	1,04	1,05	4,74	2,18	0,85	0,78	3,81
Соняшник	5,49	2,56	11,34	19,39	3,93	1,80	6,09	11,82
Горох	4,98	1,37	2,12	8,47	4,23	1,13	1,74	7,10
Буряк цукровий	0,25	0,09	0,33	0,67	0,23	0,09	0,29	0,61
Картопля	0,41	0,12	0,67	1,20	0,39	0,12	0,61	1,12

Всі наведені дозволяють визначитися з потребою основних елементів і їх втратами при відчуженні. Так, наприклад, для формування 1ц зерна пшениці озимої і відповідної кількості побічної продукції необхідна кількість основних елементів живлення (NPK) складає 5,65 кг (табл. 11). Разом з 1 ц зерна відчужується 3,62 кг вказаних елементів (табл. 9), а у випадку відчуження соломи втрати вказаних елементів разом з зерном на 1 ц основної продукції і відповідну частину соломи складуть 4,69 кг (табл. 11).

Загальна схема реакції культури врожайністю на внесенні добрива і виніс з цією врожайністю основних елементів живлення наведено на рис. 6 [12].

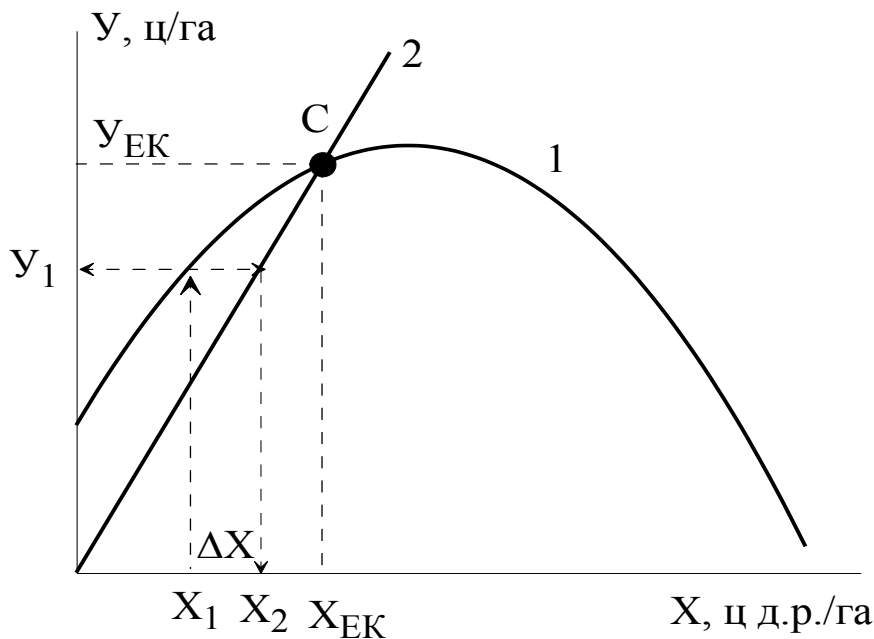


Рис. 6. Схема до визначення еквівалентної норми мінеральних добрив

- 1 – модель відгуку урожайності культури на мінеральні добрива
2 – винос основних елементів врожаєм культури

На цій залежності лінією 1 описується відгук культури урожайністю на норми мінеральні добрива при тих чи інших ґрунтових умовах та відомому значенні інтенсивності сорту (див. рівняння 12 і 13, рис. 5). Лінією 2 визначається залежність між урожайністю культури (Y) та кількістю елементу, що виноситься фактичною урожайністю культури. (X), яка має прямолінійний характер і виражається умовою:

$$\dot{O} = \frac{1}{\sum \hat{A}_i} \bar{O}, \text{ ц/га} \quad (29)$$

Де: $\sum B_m$ – сумарний вміст основних елементів живлення в основній продукції, ц д.р./ц (табл. 9).

Таким чином, при нормі добрив X_1 , наприклад, очікувана урожайність складає Y_1 , при цьому винос основних елементів живлення складе X_2 , що на ΔX більше за внесену кількість елементів. Тобто в даному випадку при вирощуванні культури формується дефіцит основних елементів величиною ΔX (див. рис. 6). Виходячи із наведеного можна стверджувати, що умови бездефіцитності основних елементів

живлення за їх сумою можливі тільки при умові, коли норма добрив забезпечить таку урожайність, за якої виніс основних елементів з цим врожаєм кількісно буде рівний внесеній нормі добрив. Таку норму добрив можна вважати еквівалентною умовам бездефіцитності, а відповідну величину врожайності – еквівалентною урожайністю. Слід зауважити, що при нормі добрив більшій за її еквівалентну величину в ґрунті утворюється профіцит основних елементів живлення, проте зменшується ефект від добрив.

Математично еквівалентна норма добрив, що відповідає критичній точці (точка С), визначається із умови рівності урожайності по залежності 13 і 29 шляхом рішення рівняння:

$$-\dot{A}\tilde{O}^2 + (\hat{A} - \frac{1}{\sum \hat{A}_i})\tilde{O} + \tilde{N} = 0 \quad (30)$$

У випадку, коли разом із основною продукцією відчужується і частина побічної (товарна її частина) необхідно враховувати виніс основних елементів живлення і з цією продукцією, тобто замість $\sum V_M$ (табл. 9) використовуємо значення $\sum CB_M$ (табл. 11). При цьому і еквівалентна норма добрив і відповідна їй величина урожайності збільшується (рис. 7).

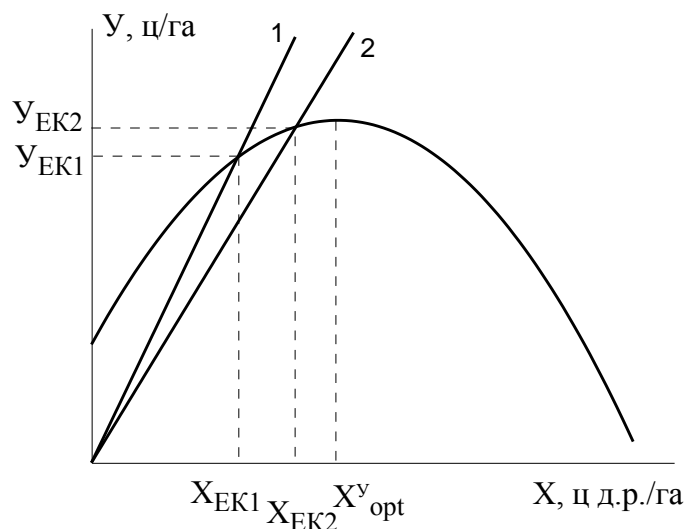


Рис.7. Схема визначення еквівалентної норми добрив при різних варіантах використання соломи: 1 – при загортанні соломи; 2 – при відчуженні соломи.

. Крім того, у випадку, коли еквівалентна норма добрив є більшою за оптимальну її величину ($X_{ЕК} > \tilde{O}_{opt}^{\circ}$) практичне її застосування не є доцільним (рис. 8). Це пояснюється тим, що такий же рівень урожайності може бути сформований і при нормі добрив X_1 , однак дефіцит основних елементів живлення в цьому випадку складе ($X_{ЕК} - X_1$), ц д.р./га.

Звичайно можливою рекомендованою нормою добрив може бути і величина \tilde{O}_{opt}° , що забезпечить максимальний рівень урожайності, а дефіцит основних елементів зменшиться до ($X_{ЕК} - \tilde{O}_{opt}^{\circ}$), ц д.р./га. В будь-якому разі утворений той чи інший дефіцит основних елементів живлення в ґрунті після вирощування культури повинен бути врахованим при обґрунтуванні рівня удобрення послідувочої культури в сівозміні.

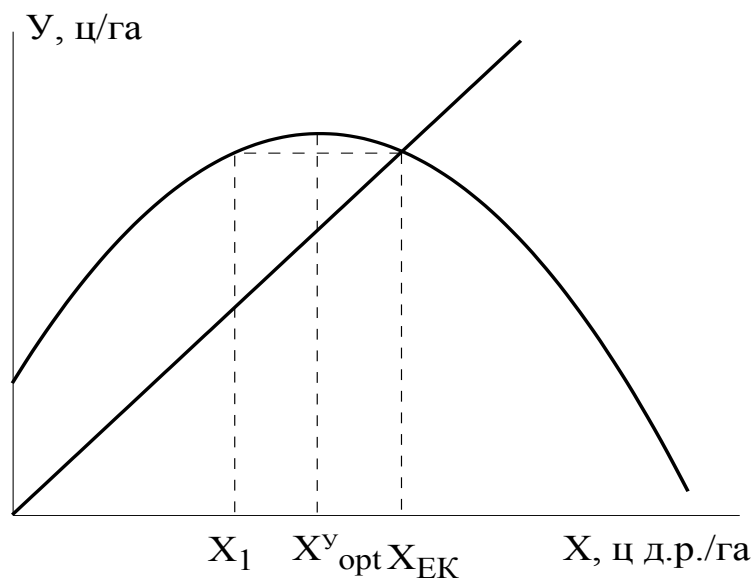


Рис.8. Схема до можливого обмеження максимальної норми добрив

В таблицях 12-17 наведені результати розрахунків еквівалентних норм добрив і відповідних рівнів врожайності для основних

сільськогосподарських культур на основних типах ґрунтів Лісостепу залежно від рівня інтенсивності сорту [5]

Таблиця 12

Значення еквівалентної норми мінеральних добрив (X_{EK}) та відповідного рівня врожайності (Y_{EK}) пшениці озимої в умовах Лісостепу України залежно від типу ґрунту та рівня інтенсивності сорту (RiC)

Показники	Рівень інтенсивності сорту (гібриду), Ri						
	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
Тип ґрунту	Темно- сірі опідзолені та чорноземи опідзолені						
Базова модель	$Y = -1,20X^2 + 10,169X + 29,8, \text{ц/га}; (X_{MAX} = 4,23 \text{цд.р./га})$						
Еквівалентна норма добрив (X_{EK}), цд.р./га	1,17	1,54	1,94	2,39	2,84	3,27	3,70
Еквівалентний рівень урожайності (Y_{EK}), ц/га	32,4	42,6	53,6	66,1	78,4	90,1	101,9
Тип ґрунту	Темно- сірі опідзолені та чорноземи опідзолені глейовані						
Базова модель	$Y = -0,74X^2 + 6,27X + 29,5, \text{ц/га}; \text{И} (X_{MAX} = 4,23 \text{цд.р./га})$						
Еквівалентна норма добрив	1,01	1,33	1,64	1,98	2,32	2,67	3,02

(X_{EK}) , цд.р./га							
Еквівалентний рівень урожайності (Y_{EK}) , ц/га	28,0	36,5	45,4	54,6	64,1	73,8	83,4
Тип ґрунту	Чорноземи типові реградовані та вилуговані середньо- і легкосуглинкові						
Базова модель	$Y = -0,98X^2 + 8,26X + 30,5, \text{ц/га}; (X_{MAX} = 4,21 \text{цд.р./га})$						
Еквівалентна норма добрив (X_{EK}) , цд.р./га	1,12	1,47	1,84	2,23	2,63	3,03	3,42
Еквівалентний рівень урожайності (Y_{EK}) , ц/га	30,8	40,5	50,8	61,7	72,7	83,8	94,6
Тип ґрунту	Чорноземи типові реградовані та вилуговані супіщані й важкосуглинкові						
Базова модель	$Y = -0,82X^2 + 6,94X + 32,8, \text{ц/га}; (X_{MAX} = 4,23 \text{цд.р./га})$						
Еквівалентна норма добрив (X_{EK}) , цд.р./га	1,15	1,50	1,86	2,24	2,63	3,01	3,40
Еквівалентний рівень урожайності (Y_{EK}) , ц/га	31,8	41,4	51,5	61,9	72,6	83,2	93,8

Таблиця 12а

Значення еквівалентної норми мінеральних добрив (X_{EK}) та відповідного рівня врожайності (Y_{EK}) пшениці озимої в умовах Лісостепу України залежно від типу ґрунту та рівня інтенсивності сорту (R/C) (при відчуженні соломи)

Показники	Рівень інтенсивності сорту (гібриду), Ri						
	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
Тип ґрунту	Темно- сірі опідзолені та чорноземи опідзолені						
Базова модель	$Y = -1,20X^2 + 10,16X + 29,8, \text{ц/га}; (X_{MAX} = 4,23 \text{цд.р./га})$						
Еквівалентна норма добрив (X_{EK}) , цд.р./га	1,64	2,16	2,70	3,25	3,78	4,26*	–
Еквівалентний рівень урожайності (Y_{EK}) , ц/га	34,9	46,5	58,6	70,7	82,3	93,1	–
Тип ґрунту	Темно- сірі опідзолені та чорноземи опідзолені глейовані						
Базова модель	$Y = -0,74X^2 + 6,27X + 29,5, \text{ц/га}; (X_{MAX} = 4,23 \text{цд.р./га})$						
Еквівалентна норма добрив (X_{EK}) , цд.р./га	1,23	1,81	2,24	2,66	3,11	3,52	3,94

Еквівалентний рівень урожайності (Y_{EK}), ц/га	29,4	38,3	47,6	57,2	66,9	76,4	85,6
Тип ґрунту	Чорноземи типові реградовані та вилуговані середньо- і легкосуглинкові						
Базова модель	$Y = -0,98X^2 + 8,26X + 30,5, \text{ц/га}; (X_{MAX} = 4,21 \text{цд.р./га})$						
Еквівалентна норма добрив (X_{EK}), цд.р./га	1,46	1,93	2,42	2,92	3,41	3,88	<u>4,32*</u>
Еквівалентний рівень урожайності (Y_{EK}), ц/га	32,4	42,8	53,7	64,8	75,6	86,1	95,8
Тип ґрунту	Чорноземи типові реградовані та вилуговані супіщані й важкосуглинкові						
Базова модель	$Y = -0,82X^2 + 6,94X + 32,8, \text{ц/га}; (X_{MAX} = 4,23 \text{цд.р./га})$						
Еквівалентна норма добрив (X_{EK}), цд.р./га	1,49	1,95	2,45	2,90	3,38	3,84	<u>4,28*</u>
Еквівалентний рівень урожайності (Y_{EK}), ц/га	33,0	43,2	54,3	64,3	75,0	85,2	95,0

* – еквівалентне значення норми добрив є більшим за \tilde{O}_{ID}^0

Таблиця 13

Значення еквівалентної норми мінеральних добрив (X_{EK}) та відповідного рівня врожайності (Y_{EK}) ячменю ярого в умовах Лісостепу України залежно від типу ґрунту та рівня інтенсивності сорту (RiC)

Показники	Рівень інтенсивності сорту (гібриду), Ri						
	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
Тип ґрунту	Темно- сірі опідзолені та чорноземи опідзолені						
Базова модель	$Y = -1,02X^2 + 9,28X + 25,5, \text{ц/га}; (X_{MAX} = 4,55 \text{цд.р./га})$						
Еквівалентна норма добрив (X_{EK}), цд.р./га	0,81	1,07	1,36	1,67	2,00	2,34	2,70
Еквівалентний рівень урожайності (Y_{EK}), ц/га	25,9	34,3	43,5	53,5	64,0	74,9	86,2
Тип ґрунту	Темно- сірі опідзолені та чорноземи опідзолені глейовані						
Базова модель	$Y = -0,86X^2 + 7,88X + 24,3, \text{ц/га}; (X_{MAX} = 4,58 \text{цд.р./га})$						
Еквівалентна норма добрив (X_{EK}), цд.р./га	0,74	0,96	1,23	1,50	1,79	2,08	2,41

Еквівалентний рівень урожайності (Y_{EK}), ц/га	23,7	31,0	39,2	47,8	57,2	66,5	76,9
Тип ґрунту	Чорноземи типові реградовані та вилуговані середньо- і легкосуглинкові						
Базова модель	$Y = -0,56X^2 + 5,09X + 25,6, \text{ц/га}; (X_{MAX} = 4,54 \text{цд.р./га})$						
Еквівалентна норма добрив (X_{EK}), цд.р./га	0,74	0,93	1,15	1,38	1,62	1,87	2,12
Еквівалентний рівень урожайності (Y_{EK}), ц/га	23,7	29,9	36,9	44,2	51,8	59,7	67,7
Тип ґрунту	Чорноземи типові реградовані та вилуговані супіщані й важкосуглинкові						
Базова модель	$Y = -0,41X^2 + 3,79X + 24,9, \text{ц/га}; (X_{MAX} = 4,62 \text{цд.р./га})$						
Еквівалентна норма добрив (X_{EK}), цд.р./га	0,68	0,87	1,07	1,27	1,48	1,70	1,92
Еквівалентний рівень урожайності (Y_{EK}), ц/га	21,8	27,8	34,2	40,7	47,4	54,4	61,3

Таблиця 13а

Значення еквівалентної норми мінеральних добрив (X_{EK}) та відповідного рівня врожайності (Y_{EK}) ячменю ярого в умовах Лісостепу України залежно від типу ґрунту та рівня інтенсивності сорту (RiC (при відчуженні соломи)

Показники	Рівень інтенсивності сорту (гібриду), Ri						
	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
Тип ґрунту	Темно- сірі опідзолені та чорноземи опідзолені						
Базова модель	$Y = -1,02X^2 + 9,28X + 25,5, \text{ц/га}; (X_{MAX} = 4,55 \text{цд.р./га})$						
Еквівалентна норма добрив (X_{EK}), цд.р./га	1,13	1,52	1,94	2,39	2,85	3,30	3,75
Еквівалентний рівень урожайності (Y_{EK}), ц/га	27,7	37,2	47,6	58,6	69,9	81,0	91,9
Тип ґрунту	Темно- сірі опідзолені та чорноземи опідзолені глейовані						
Базова модель	$Y = -0,86X^2 + 7,88X + 24,3, \text{ц/га}; (X_{MAX} = 4,58 \text{цд.р./га})$						
Еквівалентна норма добрив (X_{EK}), цд.р./га	1,03	1,36	1,73	2,11	2,53	2,94	3,37

Еквівалентний рівень урожайності (Y_{EK}), ц/га	25,2	33,4	42,5	51,8	62,4	72,0	82,6
Тип ґрунту	Чорноземи типові реградовані та вилуговані середньо- і легкосуглинкові						
Базова модель	$Y = -0,56X^2 + 5,09X + 25,6, \text{ц/га}; (X_{MAX} = 4,54 \text{цд.р./га})$						
Еквівалентна норма добрив (X_{EK}), цд.р./га	1,01	1,27	1,58	1,90	2,26	2,57	2,91
Еквівалентний рівень урожайності (Y_{EK}), ц/га	24,8	31,2	38,7	46,6	55,3	63,0	71,3
Тип ґрунту	Чорноземи типові реградовані та вилуговані супіщані й важкосуглинкові						
Базова модель	$Y = -0,41X^2 + 3,79X + 24,9, \text{ц/га}; (X_{MAX} = 4,62 \text{цд.р./га})$						
Еквівалентна норма добрив (X_{EK}), цд.р./га	0,91	1,17	1,45	1,73	2,01	2,31	2,61
Еквівалентний рівень урожайності (Y_{EK}), ц/га	22,4	28,8	35,4	42,3	49,4	56,6	64,0

Таблиця 14

Значення еквівалентної норми мінеральних добрив (X_{EK}) та відповідного рівня врожайності (Y_{EK}) кукурудзи на зерно в умовах Лісостепу України залежно від типу ґрунту та рівня інтенсивності сорту (RiC)

Показники	Рівень інтенсивності сорту (гібриду), Ri						
	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
Тип ґрунту	Темно- сірі опідзолені та чорноземи опідзолені						
Базова модель	$Y = -1,21X^2 + 11,56X + 36,6, \text{ц/га}; (X_{MAX} = 4,77 \text{цд.р./га})$						
Еквівалентна норма добрив (X_{EK}), цд.р./га	1,02	1,35	1,71	2,10	2,50	2,91	3,33
Еквівалентний рівень урожайності (Y_{EK}), ц/га	37,7	50,0	63,4	77,8	92,7	108,0	123,3
Тип ґрунту	Темно- сірі опідзолені та чорноземи опідзолені глейовані						
Базова модель	$Y = -1,46X^2 + 13,85X + 37,5, \text{ц/га}; (X_{MAX} = 4,74 \text{цд.р./га})$						
Еквівалентна норма добрив (X_{EK}), цд.р./га	1,10	1,48	1,90	2,34	2,80	3,26	3,71

Еквівалентний рівень урожайності (Y_{EK}), ц/га	40,7	54,8	70,4	86,7	103,7	120,7	137,4
Тип ґрунту	Чорноземи типові реградовані та вилуговані середньо- і легкосуглинкові						
Базова модель	$Y = -0,97X^2 + 9,27X + 49,3, \text{ц/га}; (X_{MAX} = 4,78 \text{цд.р./га})$						
Еквівалентна норма добрив (X_{EK}), цд.р./га	1,29	1,68	2,09	2,51	2,95	3,37	3,81
Еквівалентний рівень урожайності (Y_{EK}), ц/га	47,7	62,1	77,3	93,0	109,1	125,1	140,0
Тип ґрунту	Чорноземи типові реградовані та вилуговані супіщані й важкосуглинкові						
Базова модель	$Y = -1,49X^2 + 14,17X + 43,1, \text{ц/га}; (X_{MAX} = 4,76 \text{цд.р./га})$						
Еквівалентна норма добрив (X_{EK}), цд.р./га	1,27	1,70	2,16	2,65	3,15	3,64	4,11
Еквівалентний рівень урожайності (Y_{EK}), ц/га	46,9	62,8	80,1	98,2	116,8	134,9	152,3

Таблиця 14а

Значення еквівалентної норми мінеральних добрив (X_{EK}) та відповідного рівня врожайності (Y_{EK}) кукурудзи на зерно в умовах Лісостепу України залежно від типу ґрунту та рівня інтенсивності сорту (R/C) (при відчуженні соломи)

Показники	Рівень інтенсивності сорту (гібриду), Ri						
	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
Тип ґрунту	Темно- сірі опідзолені та чорноземи опідзолені						
Базова модель	$Y = -1,21X^2 + 11,56X + 36,6, \text{ц/га}; (X_{MAX} = 4,77 \text{цд.р./га})$						
Еквівалентна норма добрив (X_{EK}), цд.р./га	2,18	2,92	3,67	4,36	5,00*	–	–
Еквівалентний рівень урожайності (Y_{EK}), ц/га	44,9	60,1	75,3	89,7	102,6	–	–
Тип ґрунту	Темно- сірі опідзолені та чорноземи опідзолені глейовані						
Базова модель	$Y = -1,46X^2 + 13,85X + 37,5, \text{ц/га}; (X_{MAX} = 4,74 \text{цд.р./га})$						
Еквівалентна норма добрив (X_{EK}), цд.р./га	2,44	3,27	4,07	4,80*	–	–	–

Еквівалентний рівень урожайності (Y_{EK}), ц/га	50,1	67,2	89,7	98,6	–	–	–
Тип ґрунту	Чорноземи типові реградовані та вилуговані середньо- і легкосуглинкові						
Базова модель	$Y = -0,97X^2 + 9,27X + 49,3, \text{ц/га}; (X_{MAX} = 4,78 \text{цд.р./га})$						
Еквівалентна норма добрив (X_{EK}), цд.р./га	2,60	3,42	4,16	<u>4,87*</u>	–	–	–
Еквівалентний рівень урожайності (Y_{EK}), ц/га	53,5	70,1	85,4	100,0	–	–	–
Тип ґрунту	Чорноземи типові реградовані та вилуговані супіщані й важкосуглинкові						
Базова модель	$Y = -1,49X^2 + 14,17X + 43,1, \text{ц/га}; (X_{MAX} = 4,76 \text{цд.р./га})$						
Еквівалентна норма добрив (X_{EK}), цд.р./га	2,76	3,65	4,47	<u>5,20*</u>	–	–	–
Еквівалентний рівень урожайності (Y_{EK}), ц/га	56,7	75,0	92,0	106,0	–	–	–

Таблиця 15

Значення еквівалентної норми мінеральних добрив (X_{EK}) та відповідного рівня врожайності (Y_{EK}) соняшника в умовах Лісостепу України залежно від типу ґрунту та рівня інтенсивності сорту (RiC)

Показники	Рівень інтенсивності сорту (гібриду), Ri						
	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
Тип ґрунту	Темно- сірі опідзолені та чорноземи опідзолені						
Базова модель	$Y = -0,43X^2 + 3,71X + 16,1, \text{ц/га}; (X_{MAX} = 4,31 \text{цд.р./га})$						
Еквівалентна норма добрив (X_{EK}), цд.р./га	0,62	0,78	0,98	1,18	1,39	1,60	1,82
Еквівалентний рівень урожайності (Y_{EK}), ц/га	14,6	18,4	23,2	27,9	32,7	37,7	42,9
Тип ґрунту	Темно- сірі опідзолені та чорноземи опідзолені глейовані						
Базова модель	$Y = -0,27X^2 + 2,34X + 18,2, \text{ц/га}; (X_{MAX} = 4,33 \text{цд.р./га})$						
Еквівалентна норма добрив (X_{EK}), цд.р./га	0,67	0,85	1,04	1,23	1,43	1,63	1,83

Еквівалентний рівень урожайності (Y_{EK}), ц/га	15,7	20,0	24,4	28,9	33,6	38,3	43,2
Тип ґрунту	Чорноземи типові реградовані та вилуговані середньо- і легкосуглинкові						
Базова модель	$Y = -0,45X^2 + 3,92X + 19,2, \text{ц/га} (X_{MAX} = 4,36 \text{цд.р./га})$						
Еквівалентна норма добрив (X_{EK}), цд.р./га	0,75	0,96	1,18	1,42	1,66	1,92	2,21
Еквівалентний рівень урожайності (Y_{EK}), ц/га	17,5	22,6	27,9	33,4	39,2	45,1	52,0
Тип ґрунту	Чорноземи типові реградовані та вилуговані супіщані й важкосуглинкові						
Базова модель	$Y = -0,34X^2 + 2,99X + 18,0, \text{ц/га} (X_{MAX} = 4,40 \text{цд.р./га})$ $(X_{MAX} = 4,40 \text{цд.р./га})$						
Еквівалентна норма добрив (X_{EK}), цд.р./га	0,64	0,87	1,06	1,26	1,47	1,69	1,91
Еквівалентний рівень урожайності (Y_{EK}), ц/га	15,9	20,4	25,0	29,6	34,7	39,8	44,9

Таблиця 15а

Значення еквівалентної норми мінеральних добрив (X_{EK}) та відповідного рівня врожайності (Y_{EK}) соняшника в умовах Лісостепу України залежно від типу ґрунту та рівня інтенсивності сорту (RiC) (при відчуженні соломи)

Показники	Рівень інтенсивності сорту (гібриду), Ri						
	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
Тип ґрунту	Темно- сірі опідзолені та чорноземи опідзолені						
Базова модель	$Y = -0,43X^2 + 3,71X + 16,1, \text{ц/га}; (X_{MAX} = 4,31 \text{цд.р./га})$						
Еквівалентна норма добрив (X_{EK}), цд.р./га	2,08	2,72	3,37	3,98	4,55*	–	–
Еквівалентний рівень урожайності (Y_{EK}), ц/га	17,6	23,0	28,5	33,7	38,5	–	–
Тип ґрунту	Темно- сірі опідзолені та чорноземи опідзолені глейовані						
Базова модель	$Y = -0,27X^2 + 2,34X + 18,2, \text{ц/га}; (X_{MAX} = 4,33 \text{цд.р./га})$						
Еквівалентна норма добрив (X_{EK}), цд.р./га	2,06	2,66	3,26	3,84	4,40*	–	–

Еквівалентний рівень урожайності (Y_{EK}), ц/га	17,5	22,5	27,6	32,5	37,3	–	–
Тип ґрунту	Чорноземи типові реградовані та вилуговані середньо- і легкосуглинкові						
Базова модель	$Y = -0,45X^2 + 3,92X + 19,2, \text{ц/га}; (X_{MAX} = 4,36 \text{цд.р./га})$						
Еквівалентна норма добрив (X_{EK}), цд.р./га	2,47	3,21	3,92	4,58	–	–	–
Еквівалентний рівень урожайності (Y_{EK}), ц/га	20,9	27,2	33,2	38,8	–	–	–
Тип ґрунту	Чорноземи типові реградовані та вилуговані супіщані й важкосуглинкові						
Базова модель	$Y = -0,34X^2 + 2,99X + 18,0, \text{ц/га}; (X_{MAX} = 4,40 \text{цд.р./га})$						
Еквівалентна норма добрив (X_{EK}), цд.р./га	2,16	2,80	3,44	4,06	4,65*	–	–
Еквівалентний рівень урожайності (Y_{EK}), ц/га	18,3	23,7	29,1	34,3	39,4	–	–

Таблиця 16

Значення еквівалентної норми мінеральних добрив (X_{EK}) та відповідного рівня врожайності (Y_{EK}) буряка цукрового в умовах Лісостепу України залежно від типу ґрунту та рівня інтенсивності сорту (RiC)

Показники	Рівень інтенсивності сорту (гібриду), Ri						
	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
Тип ґрунту	Темно- сірі опідзолені та чорноземи опідзолені						
Базова модель	$Y = -5,26X^2 + 59,28X + 257,7, \text{ц/га}; (X_{MAX} = 5,63 \text{цд.р./га})$						
Еквівалентна норма добрив (X_{EK}), цд.р./га	1,34	1,76	2,22	2,71	3,28	3,72	4,35
Еквівалентний рівень урожайності (Y_{EK}), ц/га	262,0	346,0	436,0	531,0	642,0	729,0	854,0
Тип ґрунту	Темно- сірі опідзолені та чорноземи опідзолені глейовані						
Базова модель	$Y = -6,94X^2 + 78,28X + 264,0, \text{ц/га}; (X_{MAX} = 5,64 \text{цд.р./га})$						
Еквівалентна норма добрив (X_{EK}), цд.р./га	1,49	2,00	2,56	3,15	3,76	4,34	4,90

Еквівалентний рівень урожайності (Y_{EK}), ц/га	292,0	393,0	503,0	618,0	736,0	851,0	962,0
Тип ґрунту	Чорноземи типові реградовані та вилуговані середньо- і легкосуглинкові						
Базова модель	$Y = -5,92X^2 + 66,79X + 301,7, \text{ц/га}; (X_{MAX} = 5,64 \text{цд.р./га})$						
Еквівалентна норма добрив (X_{EK}), цд.р./га	1,60	2,13	2,68	3,27	3,84	4,42	4,97
Еквівалентний рівень урожайності (Y_{EK}), ц/га	315,0	417,0	526,0	641,0	754,0	866,0	975,0
Тип ґрунту	Чорноземи типові реградовані та вилуговані супіщані й важкосуглинкові						
Базова модель	$Y = -4,39X^2 + 49,56X + 291,8, \text{ц/га}; (X_{MAX} = 5,64 \text{цд.р./га})$						
Еквівалентна норма добрив (X_{EK}), цд.р./га	1,45	1,89	2,35	2,83	3,33	3,83	4,32
Еквівалентний рівень урожайності (Y_{EK}), ц/га	284,0	370,0	460,0	556,0	653,0	750,0	847,0

Таблиця 16а

Значення еквівалентної норми мінеральних добрив (X_{EK}) та відповідного рівня врожайності (Y_{EK}) буряка цукрового в умовах Лісостепу України залежно від типу ґрунту та рівня інтенсивності сорту (RiC) (при відчуженні гички)

Показники	Рівень інтенсивності сорту (гібриду), Ri						
	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
Тип ґрунту	Темно- сірі опідзолені та чорноземи опідзолені						
Базова модель	$Y = -5,26X^2 + 59,28X + 257,7, \text{ц/га}; (X_{MAX} = 5,63 \text{цд.р./га})$						
Еквівалентна норма добрив (X_{EK}), цд.р./га	1,57	2,08	2,62	3,20	3,83	4,34	4,89
Еквівалентний рівень урожайності (Y_{EK}), ц/га	270,0	358,0	452,0	551,0	660,0	749,0	844,0
Тип ґрунту	Темно- сірі опідзолені та чорноземи опідзолені глейовані						
Базова модель	$Y = -6,94X^2 + 78,28X + 264,0, \text{ц/га}; (X_{MAX} = 5,64 \text{цд.р./га})$						
Еквівалентна норма добрив (X_{EK}), цд.р./га	1,77	2,37	3,05	3,74	4,40	5,03	5,62

Еквівалентний рівень урожайності (Y_{EK}), ц/га	304,0	408,0	526,0	645,0	759,0	868,0	970,0
Тип ґрунту	Чорноземи типові реградовані та вилуговані середньо- і легкосуглинкові						
Базова модель	$Y = -5,92X^2 + 66,79X + 301,7, \text{ц/га}; (X_{MAX} = 5,64 \text{цд.р./га})$						
Еквівалентна норма добрив (X_{EK}), цд.р./га	1,89	2,51	3,16	3,82	4,47	5,10	5,69
Еквівалентний рівень урожайності (Y_{EK}), ц/га	325,0	432,0	544,0	659,0	771,0	879,0	980,0
Тип ґрунту	Чорноземи типові реградовані та вилуговані супіщані й важкосуглинкові						
Базова модель	$Y = -4,39X^2 + 49,56X + 291,8, \text{ц/га}; (X_{MAX} = 5,64 \text{цд.р./га})$						
Еквівалентна норма добрив (X_{EK}), цд.р./га	1,68	2,20	2,75	3,31	3,88	4,44	4,98
Еквівалентний рівень урожайності (Y_{EK}), ц/га	290,0	380,0	474,0	571,0	669,0	765,0	859,0

Таблиця 17

Значення еквівалентної норми мінеральних добрив (X_{EK}) та відповідного рівня врожайності (Y_{EK}) гороху в умовах Лісостепу України залежно від типу ґрунту та рівня інтенсивності сорту (RiC)

Показники	Рівень інтенсивності сорту (гібриду), Ri						
	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
Тип ґрунту	Темно- сірі опідзолені та чорноземи опідзолені						
Базова модель	$Y = -1,39X^2 + 10,16X + 22,4, \text{ц/га}; (X_{MAX} = 3,65 \text{цд.р./га})$						
Еквівалентна норма добрив (X_{EK}), цд.р./га	1,50	2,05	2,59	3,11	3,59	—*	—
Еквівалентний рівень урожайності (Y_{EK}), ц/га	27,3	37,4	47,3	56,8	65,5	—	—
Тип ґрунту	Темно- сірі опідзолені та чорноземи опідзолені глейовані						
Базова модель	$Y = -0,72X^2 + 5,28X + 20,2, \text{ц/га}; (X_{MAX} = 3,67 \text{цд.р./га})$						
Еквівалентна норма добрив (X_{EK}), цд.р./га	1,10	1,44	1,80	2,16	2,54	2,90	3,26
Еквівалентний							

рівень урожайності (Y_{EK}), ц/га	20,1	26,3	32,8	39,5	46,4	53,0	59,7
Тип ґрунту	Чорноземи типові реградовані та вилуговані середньо- і легкосуглинкові						
Базова модель	$Y = -0,72X^2 + 5,28X + 23,7, \text{ц/га}; (X_{MAX} = 3,67 \text{цд.р./га})$						
Еквівалентна норма добрив (X_{EK}), цд.р./га	1,28	1,67	2,07	2,48/	2,89	3,27	3,66
Еквівалентний рівень урожайності (Y_{EK}), ц/га	23,4	30,5	37,9	45,3	52,7	58,8	66,7
Тип ґрунту	Чорноземи типові реградовані та вилуговані супіщані й важкосуглинкові						
Базова модель	$Y = -0,61X^2 + 4,51X + 27,3, \text{ц/га}; (X_{MAX} = 3,69 \text{цд.р./га})$						
Еквівалентна норма добрив (X_{EK}), цд.р./га	1,42	1,85	2,26	2,70	3,10	3,50	<u>3,90</u>
Еквівалентний рівень урожайності (Y_{EK}), ц/га	26,0	33,7	41,3	49,0	56,6	64,0	71,2

Таблиця 17а

Значення еквівалентної норми мінеральних добрив (X_{EK}) та відповідного рівня врожайності (Y_{EK}) гороху в умовах Лісостепу України залежно від типу ґрунту та рівня інтенсивності сорту (RiC) (при відчуженні соломи)

Показники	Рівень інтенсивності сорту (гібриду), RiC						
	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
Тип ґрунту	Темно- сірі опідзолені та чорноземи опідзолені						
Базова модель	$Y = -1,39X^2 + 10,16X + 22,4, \text{ц/га}; (X_{MAX} = 3,65 \text{цд.р./га})$						
Еквівалентна норма добрив (X_{EK}), цд.р./га	2,49	3,24	<u>3,89*</u>	–	–	–	–
Еквівалентний рівень урожайності (Y_{EK}), ц/га	31,3	40,7	48,8	–	–	–	–
Тип ґрунту	Темно- сірі опідзолені та чорноземи опідзолені глейовані						
Базова модель	$Y = -0,72X^2 + 5,28X + 20,2, \text{ц/га}; (X_{MAX} = 3,67 \text{цд.р./га})$						
Еквівалентна норма добрив (X_{EK}), цд.р./га	1,73	2,27	2,81	3,32	<u>3,81*</u>	–	–

Еквівалентний рівень урожайності (Y_{EK}), ц/га	21,8	28,5	35,3	41,7	47,8	–	–
Тип ґрунту	Чорноземи типові реградовані та вилуговані середньо- і легкосуглинкові						
Базова модель	$Y = -0,72X^2 + 5,28X + 23,7, \text{ц/га}; (X_{MAX} = 3,67 \text{ц.р./га})$						
Еквівалентна норма добрив (X_{EK}), цд.р./га	2,00	2,60	3,17	<u>3,71*</u>	–	–	–
Еквівалентний рівень урожайності (Y_{EK}), ц/га	25,1	32,7	39,9	46,7	–	–	–
Тип ґрунту	Чорноземи типові реградовані та вилуговані супіщані й важкосуглинкові						
Базова модель	$Y = -0,61X^2 + 4,51X + 27,3, \text{ц/га}; (X_{MAX} = 3,69 \text{ц.р./га})$						
Еквівалентна норма добрив (X_{EK}), цд.р./га	2,20	2,80	3,40	<u>3,97*</u>	–	–	–
Еквівалентний рівень урожайності (Y_{EK}), ц/га	27,6	35,1	42,7	49,9	–	–	–

Екологічна оцінки фактичного удобрення наведених раніше дослідних даних Інституту сільського господарства Північного Сходу НААН (табл..5) представлена в таблиці 18.

Таблиця 18

Відповідність фактичних норм удобрення екологічним умовам
(за даними табл. 5)

Сорта (Гібриди)	Середня врожайність, ц/га	Фактичний рівень інтенсивності	Еквівалентна норма добрив, кг/га	Фактична норма добрив, кг/га	Дефіцит елементів живлення, кг/га
Пшениця озима					
Розкішна	94,4	2,29	340	160	180
Гордовита	75,9	1,84	275	160	115
Досконала	88,5	2,15	320	160	160
Волошкова	81,4	1,98	295	160	135
Епоха Одеська	77,3	1,88	280	160	120

Місія Одеська	76,9	1,87	278	160	118
Заграва Одеська	77,8	1,89	282	160	122
Ячмінь ярий					
Парнас	38,2	1,28	120	90	30
Святогор	40,4	1,35	126	90	36
Всесвіт	37,3	1,25	117	90	27
Командор	40,1	1,34	126	90	36
Геліос	35,8	1,20	112	90	22
Кукурудза на зерно (середньостигла)					
Харківський 329 МВ	92,8	1,46	245	190	55
PR38A79	90,5	1,43	239	190	49
Моніка 350МВ	98,7	1,56	260	190	70

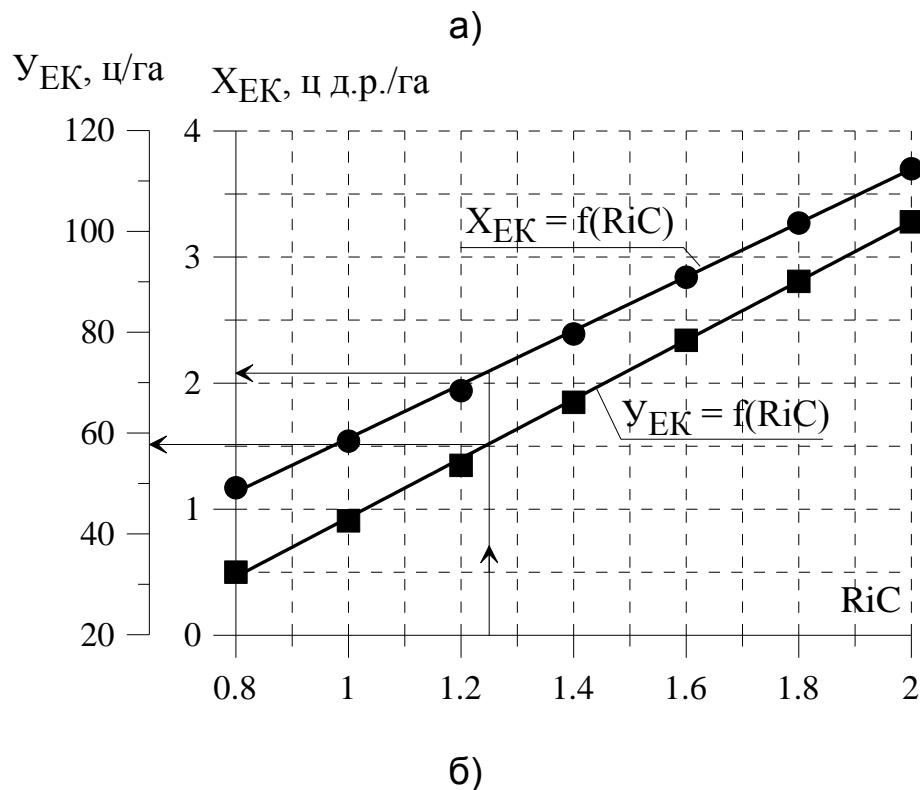
Одержані дані показують, що під всі культури норми добрив були меншими за екологічно доцільні і після кожної із культур чи сорту утворюється дефіцит основних елементів в ґрунті. При цьому величина цього дефіциту прямо пропорційна рівню інтенсивності сорту.

Не викликає сумніву, що такі розрахунки дають уявлення про загальний дефіцит суми основних елементів живлення (N P K), а для по елементної оцінки необхідно провести більш детальний аналіз, оскільки рекомендоване співвідношення цих елементів в добривах (табл.4) та фактичне у виробництві суттєво різниться з співвідношенням цих елементів в основній і відповідній частині побічній продукції (табл. 11).

Графічна ілюстрація наведених залежностей дозволяє провести конкретні розрахунки (рис. 9).. Так, наприклад, на темно - сірих опідзолених ґрунтах та чорноземах опідзолених при рівні інтенсивності сорту пшениці озимої (R/C) 1,25, при загортанні побічної продукції в ґрунт, еквівалентна норма добрив складає близько 2,10цд.р./га, а еквівалентна урожайність – біля 59,0ц/га (рис. 9а). При відчуженні

товарної частини побічної продукції (соломи) ці величини будуть дещо вищими і складуть відповідно 2,80 ц д.р./га і 61 ц/га (рис. 9б).

Для практичного застосування наведених в табл. 12-17 даних побудовані спеціальні графіки (додаток В рис. 1-), які дозволяють визначитися з еквівалентною нормою добрив (X_{EK}) та відповідним рівнем урожайності (Y_{EK}) як при загортанні всієї побічної продукції в ґрунт, так і при відчуженні її товарної частини



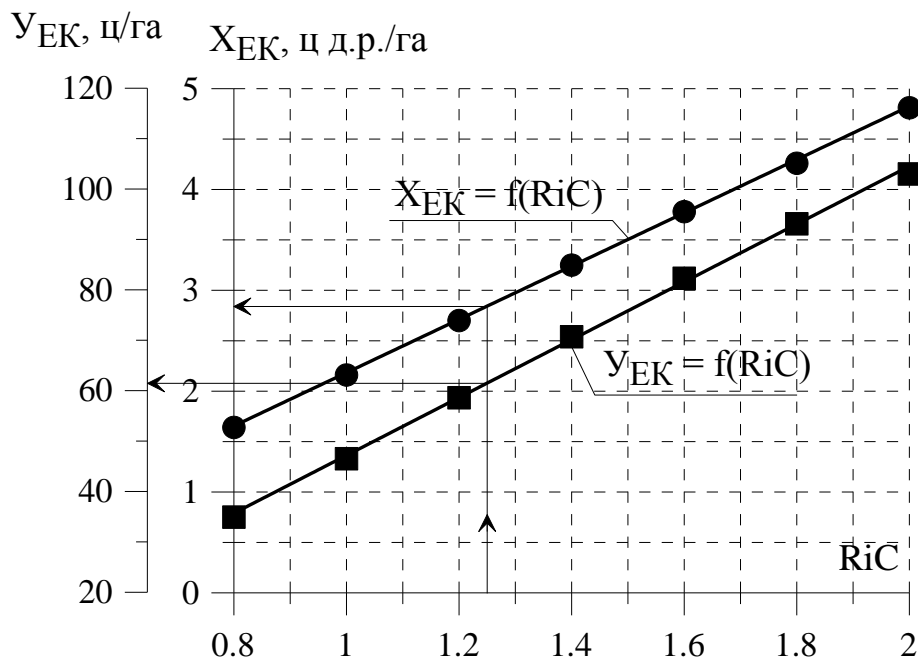


Рис. 9. Залежність еквівалентної норми добрив та відповідної урожайності пшениці озимої від рівня інтенсивності сорту для темно-сірих опідзолених ґрунтів та чорноземів опідзолених; а). – з загортанням побічної продукції, б). – при відчуженні соломи

3. Екологічне обґрунтування рівня урожайності сільськогосподарської культури з точки зору бездефіцитності балансу гумусу

Наведені вище дані є переконливими, проте не достатньо повними, оскільки не враховують ще один досить важливий критерій екологічного обґрунтування рівня удобрення сільськогосподарських культур. Суть цього полягає в тому, що вирощування культур досить часто веде до погіршення (зменшення) такого важливого показника ґрунту як вміст гумусу, що є досить важливою складовою органічної речовини. Значення цього показника важко переоцінити із умови оцінки природної родючості ґрунтів. Перш за все гумус забезпечує створення агрономічно цінної структури та сприятливі водно-фізичні властивості.

Від його вмісту в значно залежать такі властивості ґрунту як теплоємність, теплопровідність та буферність. Органічні речовини значно впливають на родючість ґрунту, яка залежить від вмісту в їх складі біологічно активних речовин, що впливають на фізіологічно-біохімічні процеси в рослинах [3, 4, 15, 28]. Крім того, велике значення органічної частини ґрунту визначається забезпеченням рослини азотом, фосфором, сіркою і деякими іншими елементами та підвищенням ефективності високих норм мінеральних добрив [3, 4, 15, 28].

Отже, не викликає сумніву, що під час сільськогосподарського використання земель дотримання умови, коли вміст гумусу в ґрунті за ротацію сівозміни не зменшується – є необхідним екологічним обмеженням. Той факт, що наразі середньорічні втрати гумусу на Поліссі досягають 0,18 т/га, в Лісостепу – 0,37, а в Степу – 0,30 т/га, і вказує на недотримання цієї екологічної умови. [15]. Загально відомо, що основними витратними статтями гумусу є ерозійні процеси ґрунтів та його мінералізація. Відомо також і те, що втрати гумусу за рахунок ерозії є набагато більшими за втрати через мінералізацію і вони практично не можуть бути компенсованими одноразовими заходами. При цьому усунення, або послаблення ерозійних процесів фізично можливе і може бути проведене за рахунок інженерно-меліоративних, агро-меліоративних чи агротехнічних заходів.

Процес мінералізації гумусу є об'єктивним процесом, який має місце під всіма культурами, а інтенсивність його залежить перш за все від самої культури, технології вирощування та погодних умов. Нижче в даній роботі будуть розглянуті втрати гумусу тільки через його мінералізацію, оскільки тільки вона залежить від особливостей удобрення.

Все вказане дозволяє стверджувати, що створення умов бездефіцитного балансу гумусу можливе лише за умови забезпечення

достатнього надходження вуглецю органічних речовин у ґрунт за рахунок рослинних залишків і органічних добрив. Це якраз і визначає роль і місце питання бездефіцитного балансу гумусу в проблемі удобрення, оскільки мова йде про застосування поряд з мінеральними (див. вище) і органічних добрив. Відомо, що найбільша ефективність застосування органічних добрив має місце з одночасним внесенням мінеральних добрив, коли створюється оптимальне співвідношення вуглецю і азоту [15]. При цьому важливе значення має норма органічних добрив, оскільки будь-яке відхилення від оптимального значення веде до зниження їх ефективності з погляду гумусоутворення.

Наразі відомо, що кожний тип ґрунту характеризується оптимальним вмістом гумусу, який для дерново-підзолистих піщаних ґрунтів складає 1,8 – 2,0%, супіщаних – 2,0 – 2,5%, легко- та середньо-суглинкових – 2,0 – 2,5%, сірих лісових середньо-суглинкових – 3,3 – 3,4%, чорноземів звичайних важко-суглинкових – 5,5 – 6,0%, чорноземів звичайних середньо-суглинкових – 4,0 – 5,0%. Виходячи з наведеного, стратегія регулювання гумусового режиму ґрунту полягає в наступному [4, 15,]:

- при вмісті в ґрунті гумусу меншому за оптимальне, необхідним є забезпечення його зростання до оптимального;
- при вмісті в ґрунті гумусу близькому до оптимального, необхідним є забезпечення його бездефіцитності.

Не викликає сумніву, що оцінювання балансу гумусу необхідно проводити за результатами виробничої діяльності за ротацію сівозміни шляхом проведення спеціальних агрохімічних (лабораторних) досліджень. Однак, наразі існують методичні підходи які, хоча і наближено, дозволяють оцінити цю ситуацію як розрахункову. При цьому таке оцінювання можна вважати необхідним для кожної

культури сівозміни, що дозволяє враховувати отримані результати при плануванні вирощування кожної наступної культури сівозміни.

Методично дефіцит балансу гумусу являє собою різницю між його втратами і надходженням:

$$D_{\Gamma} = B_{\Gamma} - H_{\Gamma}, \text{ т/га} \quad (31)$$

Надходження гумусу (H_{Γ}) визначається як результат гуміфікації залишених і зароблених в ґрунт пожнивних і корневих залишків (H_{Γ}^P) та застосованих різного роду органічних добрив (H_{Γ}^{OD}). Тобто, загалом маємо:

$$H_{\Gamma} = H_{\Gamma}^P + H_{\Gamma}^{OD}, \text{ т/га} \quad (32)$$

Маса поверхневих і корневих решток визначається через коефіцієнт їх сумарного виходу (K_{CB}), як частка від урожайності основної продукції, а при загортанні в ґрунт тільки корневих решток (стерня і корені), тобто при відчуженні соломи, необхідним є додаткове врахування і цієї умови через спеціальний коефіцієнт (K_K) (табл. 10).

Отже враховуючи наведене та дозу органічних добрив (D_O) і коефіцієнт їх гуміфікації (K_{Γ}), можна визначитися з надходженням гумусу в ґрунт:

$$H_{\Gamma} = Y \cdot K_{CB} \cdot K_K \cdot K_{\Gamma P} + D_O \cdot K_{\Gamma D} \quad (33)$$

де: $K_{\Gamma P}$ та $K_{\Gamma D}$ – відповідно коефіцієнти гуміфікації рослинних решток та органічних добрив (табл. 19).

Таблиця 19

Коефіцієнти

гуміфікації рослинних решток і гною в ґрунті [2,15,18, 19]

Культура	Полісся і Лісостеп при вмісті гумусу, %			Степ
	< 2,5	2,5-3,0	> 3,5	

Зернові колосові	0,15	0,20	0,20	0,22
Кукурудза на зерно	0,15	0,15	0,20	0,20
Горох , соя	0,15	0,20	0,21	0,23
Круп'яні	0,15	0,20	0,20	0,20
Вика	0,15	0,20	0,23	0,23
Люпин білий	0,15	0,20	0,20	-
Буряки цукрові і кормові	0,05	0,07	0,10	0,10
Соняшник	0,15	0,15	0,15	0,14
Ріпак на зерно	0,15	0,20	0,22	0,23
Кукурудза на силос	0,10	0,15	0,15	0,17
Однорічні трави	0,15	0,20	0,20	0,23
Озимі на зелену масу	0,10	0,20	0,20	0,15
Багаторічні трави на сіно	0,20	0,20	0,23	0,23
Однорічні трави на сіно	0,10	0,20	0,22	0,22
Картопля, овочі	0,13	0,13	0,13	0,13
Проміжні	0,10	0,20	0,20	0,15
Гній підстилковий	0,042	0,042	0,054	0,059
Озимі на зелений корм			0,13	
Гній (суха речовина)			0,23	

Загально відомо, що важливим резервом в забезпеченості ґрунту органічною речовиною, а отже і потенційно гумусом є вирощування сидеральних культур. Особливого значення набуває вирощування цих культур в проміжних посівах, що не порушує структуру культур в сівозміні, а отже не впливає на її економічну ефективність. При цьому урожайність цієї культури в 200 - 220 ц/га еквівалентна 50 – 55 ці/га підстилкового гною, або $2,7 = 3,0$ ц/га гумусу [15].

Суттєво складнішою є проблема оцінки величини втрат гумусу через його мінералізацію. Наразі можна відмітити три можливих метода таких визначень.

Перший із них полягає в тому, що величина цих втрат є експериментально вивчена і пропонується як емпірична залежно від культур і ґрунтів [13, 17, 18, 19], Як варіант таких величин приводиться в табл. 20.

Таблиця 20

Середньорічні величини мінералізації гумусу
під окремими культурами, ц/га [13, 20]

Культури		
	Чорноземні ґрунти	Дерново-підзолисті ґрунти
Чорний пар	20,0	–
Горох, вика, соя	15,0	–
Пшениця озима на зерно	13,5	7,0
Пшениця озима на зелений корм	12,4	–
Однорічні трави, просо, сорго	11,0	7,0
Буряк цукровий	15,9	15,0
Кукурудза на зерно	15,6	–
Коренеплоди, овочі	16,0	17,0
Кукурудза на силос, силосні	14,7	12,5
Ячмінь	12,3	7,0
Овес	12,0	7,0
Пшениця яра, гречка, вико-овсяна суміш	11,0	–
Картопля, баштанні, гарбузи	16,1	14,0
Соняшник	13,9	–
Люцерна, конюшина, еспарцет	8,0	7,0
Льон	–	9,0

Отже, при оцінці втрат гумусу за першим методом концептуально вважається, що ці втрати відбуваються через його мінералізацію, яка має місце під будь-якими культурами. При цьому, за всіх інших рівних умов, його інтенсивність є тим більшою, чим більшому рихленню (розпушуванню) піддається ґрунт, хоча для кожної культури вона є індивідуальною (табл. 20). Так, згідно наведених даних під пшеницею озимою на зерно щорічні втрати в середньому складають 13,5 ц/га. Отже, наведені підходи опосередковано враховують залежність даного показника від вмісту гумусу в ґрунті (на чорноземних ґрунтах величини мінералізації явно більші ніж на дерново-підзолистих) і ніяк не враховують рівень урожайності культури.

Другим методом, згідно останніх рекомендації, при вирощуванні тієї чи іншої культури величина мінералізації гумусу може бути встановлена по залежності [2]:

$$\hat{A}_{\bar{A}} = G \cdot h \cdot d \cdot K_1 \cdot K_2, \text{ò} / \bar{\alpha}\bar{\alpha} \quad (34)$$

де: G – вміст гумусу в ґрунті, %;
 h – глибина орного шару ґрунту, см;
 d – щільність ґрунту, т/м³;
 K_1 – коефіцієнт мінералізації гумусу,
 K_2 – відносний індекс біологічної продуктивності.

Таблиця 21

Вміст гумусу в ґрунтах різних ґрунтово-кліматичних зон [13]

ґрунти	Вміст гумусу, %
Дерново-підзолисті піщані та супіщані	0,8-1,5
Дерново-підзолисті суглинкові світло-сірі лісові	1,5-2,5
Сірі лісові	2,5-3,5
Темно-сірі лісові, чорноземи опідзолені	3,5-5,0
Чорноземи вилужені і типові	5,0-6,5
Чорноземи звичайні і південні	4,0-5,5
Каштанові та темно-каштанові	2,5-3,5
Коричневі	26,-3,6
Буроземно-підзолисті	15,-3,0

Отже в цьому методі безпосередньо враховується вміст гумусу в ґрунті ($G \cdot h \cdot d$) та особливості вирощування культури (K_1) і природно-кліматичні умови (K_2). Сам вміст гумусу у ґрунті є індивідуальною його характеристикою і залежить від гранулометричного складу, клімату, еродованості ділянки та інше. Він визначається за результатами агрохімічної паспортизації. З деяким наближенням ці значення можуть бути взяті із таблиці 21.

Глибина орного шару (h) залежить від культури, яку вирощують, а на Поліссі – від потужності гумусового горизонту і в кожному окремому випадку визначається основними обробітком ґрунту. При розрахунках балансу гумусу на великих площах можна користуватися орієнтовними даними (табл. 22).

Таблиця 22

Орієнтовна глибина орного шару на різних типах ґрунтів [13]

ґрунти	Глибина орного
--------	----------------

	шару, см
Дерново-підзолисті світло-сірі та сірі лісові	20-22
Темно-сірі лісові, чорноземи опідзолені	25-27
Чорноземи вилужені і типові	30-32
Чорноземи звичайні і південні	25-27
Каштанові та темно-каштанові	20-22
Коричневі	20-22
Буроземно-підзолисті	18-20

Щільність ґрунту (d) залежить від гранулометричного складу і вмісту гумусу і коливається від 1,00 до 1,60г/см³ (табл..23).

Таблиця 23

Щільність ґрунту [13]

Ґрунти	Щільність ґрунту, г/см ³
Дерново-підзолисті супіщані	1,50-1,60
Дерново-підзолисті суглинкові	1,35-1,50
Дерново-карбонатні суглинкові	1,40-1,50
Дерново-глейові суглинкові	1,30-1,40
Лучні суглинкові	1,15-1,20
Сірі лісові суглинкові	1,30-1,40
Темно-сірі суглинкові	1,10-1,20
Чорноземи опідзолені суглинкові	1,10-1,20
Чорноземи вилужені і типові суглинкові	1,00-1,20
Чорноземи звичайні і південні суглинкові	1,10-1,30
Каштанові та темно-каштанові суглинкові	1,30-1,40

Коефіцієнт мінералізації гумусу (K_1) являє собою частку щорічних втрат гумусу, що мінералізується і визначається як середня за кілька років. Величина цієї мінералізації залежить від природно-кліматичної зони (ґрунту) та частоти обробітку ґрунту. Чим менше ґрунт обробляється, тим меншими є втрати гумусу від мінералізації (табл. 24).

Таблиця 24

Коефіцієнти мінералізації гумусу (K_1) [13]

Групи культур за інтенсивністю	Ґрунтово-кліматичні зони, ґрунти			
	Полісся	Лісостеп		Степ
		Дерново-підзолисті,	Темно-сірі лісові,	

обробітку	світло-сірі лісові	чорноземи опідзолені і вилужені		південні, каштанові
Багаторічні трави	0,0067	0,0037	0,0032	0,0027
Зернові	0,0110	0,0060	0,0052	0,0045
Просапні	0,0260	0,0125	0,0108	0,0095
Чистий пар	0,0310	0,0162	0,0140	0,0120

Відносний індекс біологічної продуктивності (K_2) характеризує кліматичні умови мінералізації гумусу в досліджуваному місці відносно до середнього показника в країні, прийнятого за одиницю (табл. 25).

Таблиця 25

Відносний індекс біологічної продуктивності (K_2) [13]

Ґрунтово-кліматична зона	K_2
Полісся та передгірські та гірські райони	0,930
Лісостеп	1,065
Степ	1,160

Для оцінювання наведених методів визначення кількості мінералізованого гумусу під основними культурами нами були проведені порівняльні розрахунки. Так, згідно першого методу на чорноземних ґрунтах під просапними культурами мінералізується від 1,61 т/г (під картоплею) до 1,56 т/га (під кукурудзою на зерно), що в середньому складає 1,54т/га, під зерновими колосовими в середньому ця величина складає 1,28т/ з коливаннями від 13,5т/га (під пшеницею озимою) до 1,20т/га (під вівсом).

Згідно формули 34 і даних попередніх таблиць на чорноземах опідзолених вміст гумусу в середньому складає 4,20% (G), глибина орного шару 26 см (h), щільність – 1,15т/м³ (d), індекс біологічної продуктивності для Лісостепу – 1,065 (K_2), коефіцієнт мінералізації гумусу на чорноземах опідзолених під зерновими складає 0,0060, а під

просапними – 0,0125 (K_1). Підставляючи наведені дані в формулу 34 маємо:

- для просапних культур
- $V_r = 4,20 \cdot 26,0 \cdot 1,15 \cdot 0,0125 \cdot 1,065 = 1,67$ т/га
- для зернових культур
- $V_r = 4,20 \cdot 26,0 \cdot 1,15 \cdot 0,0060 \cdot 1,065 = 0,80$ т/га

Отже, наведені дані показують, що вказані два методи по визначенню втрат гумусу дають близький результат під просапними культурами і суттєво різний під зерновими.

Третій метод базується на твердженні Ликова А.М. [11, 12, 28], про те, що зменшення гумусу відбувається за рахунок його мінералізації в результаті чого вивільнений азот на половину (50%) покриває потреби рослин у формуванні врожаю без застосування добрив ($У_{B1}$). Тобто, чим більшою є врожайність культури, яка формується за рахунок природної родючості ґрунту, тим більшою є мінералізація гумусу [11, 12, 28]. Зрозуміло, що сама врожайність залежить від вмісту гумусу в ґрунті, а необхідна кількість азоту для формування одиниці врожаю (B^N) залежить від особливостей культури (табл. 11). Крім того, за цими ж даними використання азоту з ґрунту залежить від гранулометричного складу та особливостей вирощування культур і уточнюється коефіцієнтами $K_{ГР}$ і K_K (табл.26).

Таблиця 26

Уточнюючі коефіцієнти використання азоту з ґрунту[11]

Гранулометричний склад ґрунту	$K_{ГР}$	Культура	K_K
Важко-суглинковий	0,8	Багаторічні трави	1,0
Середньо-суглинковий	1,0	Просапні	1,8
Легкосуглинковий	1,2	Зернові та інші суцільної сівби	1,2
Супіщаний	1,4	–	–
Піщаний	1,8	–	–

Отже, враховуючи все наведене за даною методикою визначається з виносом азоту з ґрунту врожаєм культури як:

$$\Sigma \hat{A}^N = \hat{O}_{\hat{A}1} \cdot \hat{A}^N \cdot \hat{E}_{\hat{A}D} \cdot \hat{E}_{\hat{E}}, \hat{e}\hat{a} / \hat{a}\hat{a} \quad (35)$$

З цієї кількості половина компенсується через мінералізацію гумусу. При цьому при вмісті в гумусі азоту біля 5%, то для утворення його в кількості 1 кг повинно мінералізуватися 20 кг гумусу [11, 12, 28]. Отже, кількість гумусу, що мінералізується під час формування врожайності „У_Б” складе:

$$\hat{A}_{\hat{A}} = 0,5 \cdot \hat{O}_{\hat{A}1} \cdot \hat{A}^N \cdot \hat{E}_{\hat{A}D} \cdot \hat{E}_{\hat{E}} \cdot 20 = 10 \cdot \hat{O}_{\hat{A}1} \cdot \hat{A}^N \cdot \hat{E}_{\hat{A}D} \cdot \hat{E}_{\hat{E}}, \hat{e}\hat{a} / \hat{a}\hat{a} \quad (36)$$

$$\text{Або: } \hat{A}_{\hat{A}} = 0,01 \cdot \hat{O}_{\hat{A}1} \cdot \hat{A}^N \cdot \hat{E}_{\hat{A}D} \cdot \hat{E}_{\hat{E}}, \hat{o} / \hat{a}\hat{a} \quad (36a)$$

З іншого боку, як вказувалося раніше, урожайність культури, в тому числі і при вирощуванні її без добрив, залежить і від рівня інтенсивності сорту чи гібриду (RiC). Виходячи з цього можна стверджувати, що в кожному випадку урожайність культури конкретного сорту, що може бути сформована без добрив являє собою добуток рівня інтенсивності цього сорту (RiC_i) та базової величини урожайності за рахунок природної родючості ґрунтів (У_Б):

$$\hat{O}_{\hat{A}1} = RiC_s \cdot \hat{O}_{\hat{A}}, \hat{o} / \hat{a}\hat{a} \quad (37)$$

Значення рівня інтенсивності сорту в даних розрахунках береться як відоме, або встановлюється за умовами розділу 1.

В таблиці 27 наводиться приклад розрахунку втрат гумусу через його мінералізацію за даним методом для пшениці озимої (зернові) та буряку цукрового (просапні) з рівнем інтенсивності (RiC) 1,0 і 1,5.

Отже, порівняння всіх трьох існуючих методів по аналітичному визначенні втрат гумусу на прикладі пшениці озимої (зернові) та буряку цукрового (просапні) показало що для просапних культури всі методи визначення дають близькі результати, а для зернових перший і третій методи дають близькі значення, а другий – суттєво занижені дані. Таким чином, на нашу думку, найбільш адекватним і вірогідним можна

вважати третій метод, оскільки за всіх інших рівних умов він є і функціональним, так як базується на можливому рівні врожайності. Це опосередковано вказує на зв'язок з природною родючістю ґрунту, оскільки сама величина врожайності, за всіх інших рівних умов, залежить від показників цієї родючості.

Таблиця 27

Втрати гумусу на мінералізацію під деякими сільськогосподарськими культурами на чорноземах опідзолених

Культури	У _Б , ц/га (табл. 3)	RiC	У _{Б1} , ц/га	В ^N , кг/ц (табл. 11)	В _Г , т/га (формула 36)
Пшениця озима	29,8	1,0	29,8	2,90	1,037
		1,5	44,7	2,90	1,556
буряк цукровий	257,7	1,0	257,7	0,25	1,159
		1,5	386,6	0,25	1,739

З іншого боку, за яким методом не визначали б втрати гумусу на мінералізацію, визначення такого критичного рівня врожайності культури (У_{КР}), за якої побічної продукції буде достатньо для формування, а отже компенсації, втраченої кількості гумусу, є доцільним. Таким чином, із наведеного загалом, тобто при відчуженні соломи (К_к < 1) та застосуванні різного роду органічних добрив (Д_о ≠ 0) маємо:

$$\hat{O}_{\hat{E}D} = \frac{\hat{A}_{\bar{A}} - \hat{A}_{\bar{I}} \cdot \hat{E}_{\bar{A}\bar{A}}}{\hat{E}_{\bar{N}\bar{A}} \cdot \hat{E}_{\bar{E}} \cdot \hat{E}_{\bar{A}\bar{D}}}, \text{ö / } \tilde{\alpha} \hat{\alpha} \quad (38)$$

При використанні третього (урожайного) методу визначення втрат гумусу від його мінералізації у варіанті без застосування будь-яких органічних добрив розрахунки по встановленню дефіциту балансу гумусу можна виконати графоаналітичним способом (рис. 10).

За цими даними в першій четверті графіка наведені величини втрат гумусу від його мінералізації (формула 36а) для конкретної культури (K_K, B^N) на різних за механічним складом ґрунтах ($K_{ГР}$). В другій четверті графіка наведені дані по надходженню гумусу через гуміфікацію органічних решток при відчуженні соломи (листочкової маса) та при її загортанні в ґрунт.

Так, із рис. 10 при вирощуванні ячменю ярого маємо, що на легкосуглинкових ґрунтах при урожайності ячменю без добрив (формула 37) 25,0ц/га втрати гумусу складуть біля 0,86 т/га. У випадку формування врожайності культури 45,0 ц/га при відчуженні соломи за рахунок гуміфікації стерні і коріння надходження гумусу складе 0,50 т/га, тобто в цьому випадку в ґрунті утворюється дефіцит гумусу ($D_{Г}$) в кількості 0,36 т/га ($0,86 - 0,50$). У випадку загортання всієї соломи в ґрунт надходження гумусу складе 1,00 т/га, а в ґрунті матиме місце профіцит гумусу ($P_{Г}$), тобто мова йде його збільшення на 0,14 т/га ($0,86 - 1,00$). Подальші розрахунки дозволяють визначитися з величиною соломи, яка може бути відчужена при умові бездефіцитності балансу гумусу. Так, 0,14т/га гумусу (отриманий профіцит) утворюються з 0,70т/га соломи ($0,14/0,20$), яка і може бути відчужена без порушення екологічної умови. Отже, при урожайності ячменю ярого 4,50 т/га із загальної урожайності соломи 2,52 т/га ($4,50 \cdot 1,1 \cdot 0,51$) біля четверті її (27,7%) може бути відчужена. Крім того, із наведених даних маємо, що урожайність ячменю ярого, за якої буде забезпечений бездефіцитний баланс гумусу при загортанні соломи в ґрунт складає біля 38,0ц/га (рис. 10).

Для можливості проведення практичних балансових розрахунків по гумусу в додатку В наводяться такі графіки для основних сільськогосподарських культур.

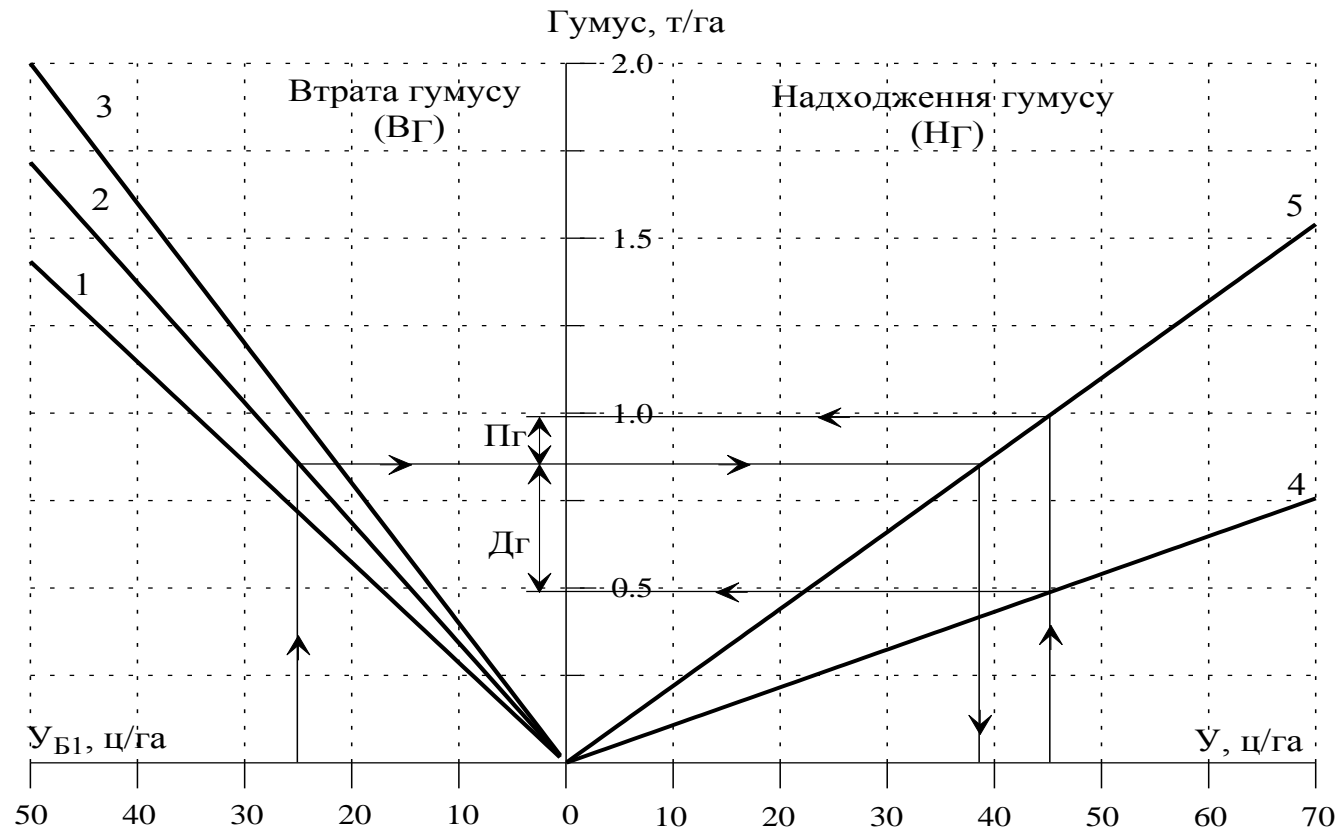


Рис. 10. Схема до балансових розрахунків по гумусу під ячменем ярим: 1 – середні суглинки; 2 – легкі суглинки; 3 – супісок; 4 – при відчуженні соломи; 5 – при загортанні соломи

4. Практичне застосування запропонованих підходів та прийняття рішень

Все наведене дозволяє провести конкретні розрахунки та сформулювати висновки щодо вирощування тієї чи іншої сільськогосподарської культури з відомим чи визначеним рівнем інтенсивності сорту чи гібриду, в конкретних ґрунтово - кліматичних умовах при відомому співвідношенні цін на добрива та продукцію при застосуванні тієї чи іншої норми мінеральних добрив.

Так, при вирощуванні пшениці озимої на чорноземах типових та вилугуваних середньо суглинкових в середніх погодних умовах ($a = -0,98$; $b = 8,26$ (табл.4)), при рівні інтенсивності сорту (RiC) рівному 1,40 ($A = -1,34$, $B = 11,56$) при прогнозній ціні на зерно 400 грн./ц і відомій ціні на добрива (разом з витратами на внесення) 2000 грн./ц д.р., тобто при співвідношенні цін ($N = C_d/C_z$) 5,0 із рис. 11 маємо, що оптимальна норма мінеральних добрив буде 2,40ц д.р./га, а очікуваний приріст урожайності даного сорту при цьому складає 20,0 ц/га (формула 16). Із табл. 3 маємо, що для базового сорту на даних ґрунтах в середніх за сприятливістю умовах урожайність без добрив складає 30,5 ц/га (Y_B). Отже для даного сорту з рівнем інтенсивності ($RiC = 1,40$) урожайність без добрив очікується розміром 42,7 ц/га ($Y_{B1} = Y_B * RiC$). Загалом очікувана повна урожайність пшениці озимої даного сорту ($RiC = 1,40$) являє собою суму із наведених величин і складає 62,7 ц/га ($42,7 + 20,0$) і є такою, що програмується.

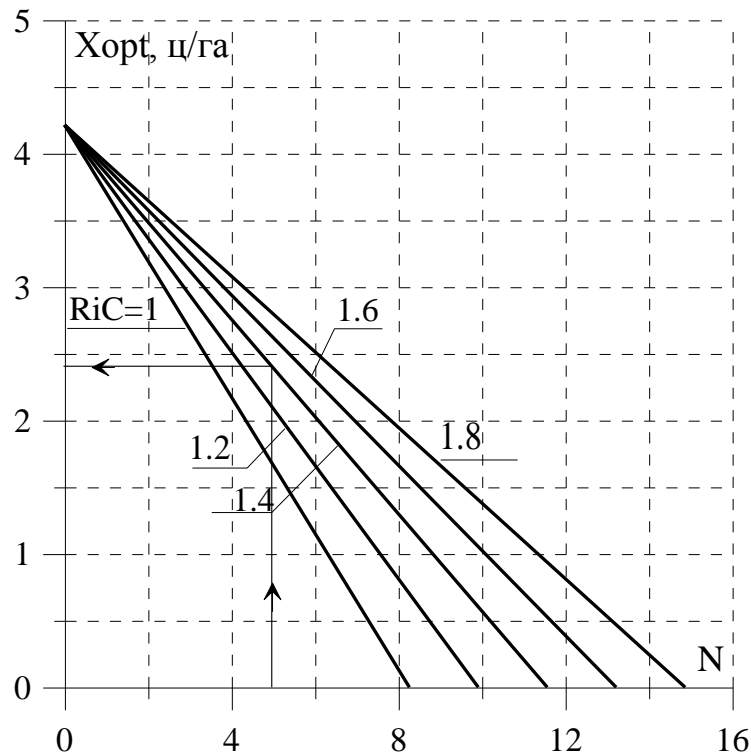


Рис. 11. Залежність оптимальної норми добрив для пшениці озимої від рівня інтенсивності сорту та співвідношення цін на добрива та продукцію в умовах чорноземів типових реградованих та вилугуваних супіщаних й легкосуглинкових.

Із рис. 12 маємо, що при загортанні соломи в ґрунт еквівалентна норма добрив складає біля 2,2ц/га а еквівалентна величина врожайності – біля 61,0 ц/га (рис. 12а). Це вказує на те, що агроекономічні умови застосування добрив при загортанні соломи в ґрунт практично забезпечують умову бездефіцитності основних елементів живлення (сумарно), оскільки еквівалентна норма добрив ($X_{ЕК}$) є дещо меншою за економічно оптимальну (X_{opt}). При відчужені соломи еквівалентна норма добрив складає 2,90 ц/га, що відповідає рівню урожайності біля 64,0 ц/га (рис. 12б). Отже, при відчужені соломи при внесенні економічно оптимальної норми добрив ($X_{opt} = 2.40$ ц/га) в ґрунті утворюється дефіцит основних елементів живлення (N P K) в кількості 0,50 ц д.р./га (2,90-2,40).

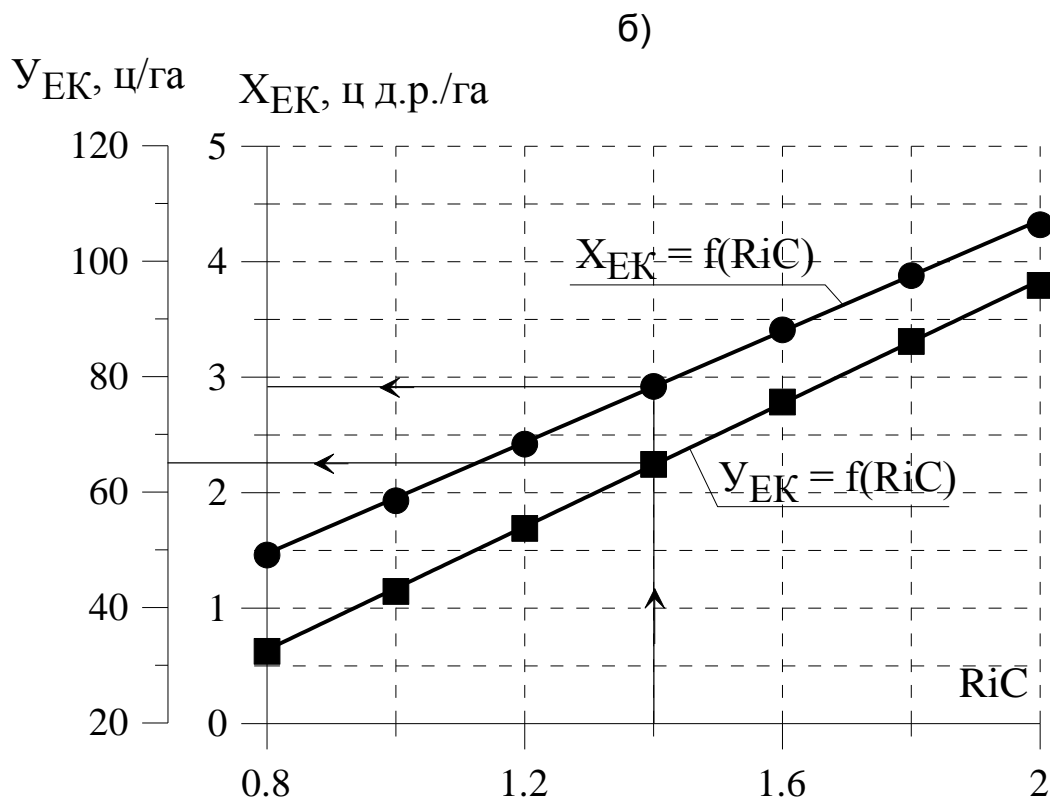
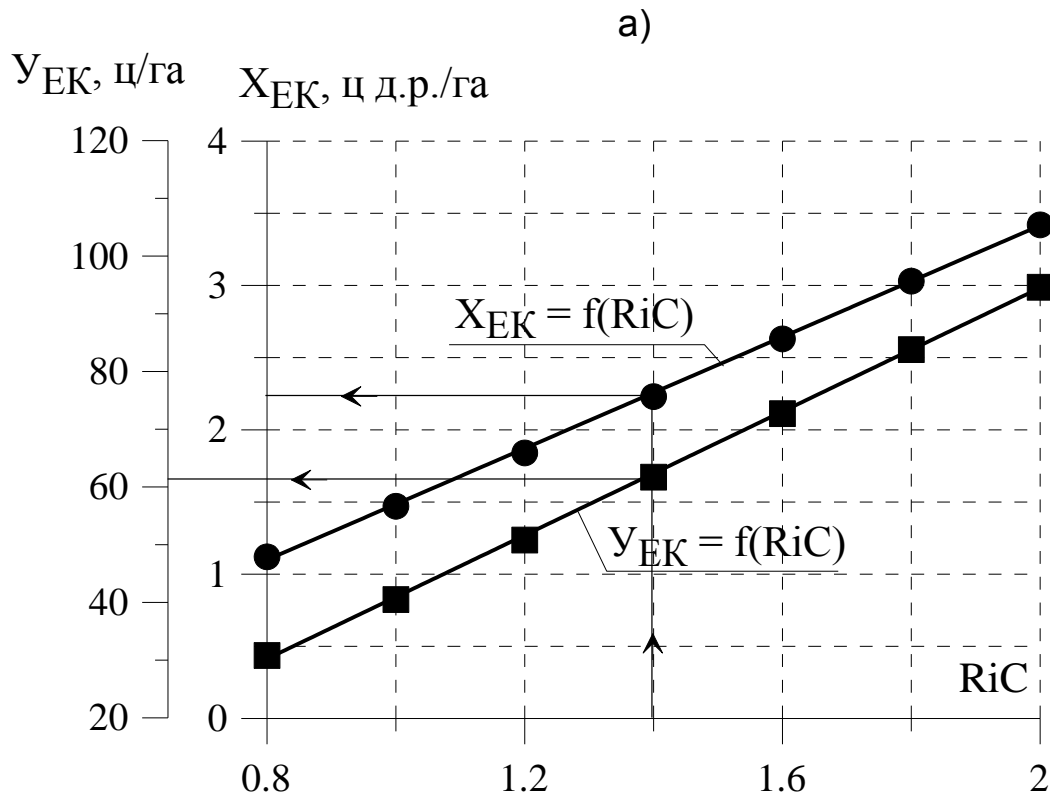


Рис.12. Залежність еквівалентної норми добрив та відповідної урожайності пшениці озимої від рівня інтенсивності сорту для чорноземів типових реградованих та вилугуваних супіщаних й легкосуглинкових: а). при загортанні соломи в ґрунт; б). при відчуженні соломи

Слід зазначити, для деталізації цього питання необхідним є оцінка окремо балансу кожного із основних елементів живлення, оскільки рекомендоване співвідношення їх в добривах і вміст в продукції суттєво різняться. Так, при оптимальній нормі добрив 240 кг д.р./га при співвідношенні N P K 1,0:0,60:1,0 (табл. 4) норма добрив складає $N_{90} P_{60} K_{90}$.

Отже, при урожайності зерна пшениці озимої 62,7ц/га (за оптимальної норми добрив) та при вмісті в зерні N P K відповідно 2,27 кг/ц, 0,80 кг/ц та 0,55 кг/ц (табл. 9) виніс цих елементів з врожаєм складе:

- по азоту 141,3 кг/га ($62,7 \cdot 2,27$);
- по фосфору 50,2 кг/га ($62,7 \cdot 0,8$);
- по калію 34,5 кг/га ($62,7 \cdot 0,55$);

В результаті порівняння внесених елементів з добривами і винесених з зерном пшениці з деяким наближенням можемо стверджувати, що по азоту відмічається дефіцит в кількості 51,3 кг/га ($141,3 - 90,0$), по фосфору незначний профіцит в кількості 9,8 кг/га ($50,2 - 60,0$) а по калію маємо суттєвий профіцит, який складає 55,5 кг/га ($34,5 - 90,0$). Зрозуміло, що в цьому випадку система удобрення послідувочої культури в сівозміні повинна бути якимось чином скоригована.

Наведені дані однозначно вказують на необхідність проведення спеціальних досліджень щодо оптимізації співвідношення основних елементів в добривах із умови бездефіцитності їх балансу та з врахуванням забезпеченості цими елементами ґрунтів. З формальної точки зору оптимізація співвідношення N P K в добривах, що вносяться є доцільним тільки за внесення норми добрив, яка є не меншою за еквівалентну її величину, оскільки бездефіцитність загальної норми може бути основою бездефіцитності окремих елементів. Загалом можна стверджувати, що для забезпечення вказаної умови

співвідношення окремих елементів в добривах повинне відповідати їх співвідношенні в продукції, що відчужується. Так, при відчуженні зерна пшениці озимої (солома загортається в ґрунт) співвідношення у зерні основних елементів складає 1,0:0,35:0,25 (табл. 9). Отже, за оптимальної норми добрив 240 кг д.р./га, (при еквівалентній 220 кг д.р./га) бездефіцитність буде забезпечена при співвідношенні $N_{150} P_{50} K_{40}$. (див. вище). У випадку, коли планується відчуження соломи і внесення еквівалентної норми добрив 290 кг д.р./га, то рекомендоване співвідношення основних елементів в добривах буде дещо іншим. Так, з табл. 11 маємо, що з 1ц зерна і відповідної кількості соломи, як товарної частини побічної продукції, виноситься 2,60кг азоту, 0,95 кг фосфору і 1,14 кг калію, що складає співвідношення N P K як 1,00:0,36:0,44, Отже структура норми еквівалентної норми добрив 290 кг д.р./га складає $N_{160} P_{60} K_{70}$. Зрозуміло, що одержані таким чином норми можуть і повинні бути уточнені з врахування відомих умов і особливостей. Так, відомо, що за рахунок несимбіотичної фіксації азоту в умовах Лісостепу в середньому в ґрунт потрапляє його біля 10 кг/га, що дозволяє зменшити норму цього елемента на дану величину [11]. Стосовно фосфору і калію, то загально відомо, що їх норма може і повинна бути скоригована (зменшена чи збільшена) залежно від їх вмісту в ґрунт [3, 4, 32]

При оцінюванні балансу гумусу під пшеницею озимою за прийнятих оптимальних умовах удобрення (норма добрив 2,40ц д.р./га) на чорноземах типових та вилугуваних середньо суглинкових при очікуваній урожайності (плановій чи проектній) 62,7 ц/га із рис. 13 маємо, що у випадку загортання соломи в ґрунт очікуване надходження гумусу за рахунок гуміфікації соломи і коренів складає біля 1,75 т/га, а при відчуженні соломи за рахунок гуміфікації кореневих залишків і стерні ця величина складе біля 0,80 т/га гумусу (права частина графіку). За урожайності пшениці озимої з рівнем

інтенсивності 1,40 в середніх умовах 42,7 ц/га на середніх суглинках втрати гумусу на мінералізацію очікуються в кількості 1,50 т/га (ліва частина графіка). Отже, в нашому випадку маємо, що при відчужені соломи в ґрунті очікується дефіцит гумусу ($D_{г}$) в кількості біля 0,70 т/га ($1,50-0,80$), а при загортанні її в ґрунт має місце накопичення (профіцит) гумусу ($P_{г}$) розміром 0,25 т/га ($1,75-1,50$). Із рис. 13 маємо, що мінімальна урожайність культури, за якої може бути сформовано бездефіцитний баланс гумусу при умові загортання соломи складає біля 53,0 ц/га.

Таким чином, вирощування даного сорту пшениці озимої ($RiC = 1,40$) на даних ґрунтах при співвідношенні цін на добрива і продукцію 5,0 (N) дозволяє в середніх погодних умовах очікувати урожайність 62,7 ц/га, що при загортанні соломи в ґрунт забезпечить профіцит ний баланс і гумусу і основних елементів живлення з суттєвим дисбалансом дефіциту по окремих елементах за рекомендованого співвідношення в добривах N P K та дефіцитних умов цих елементів за рекомендованим.

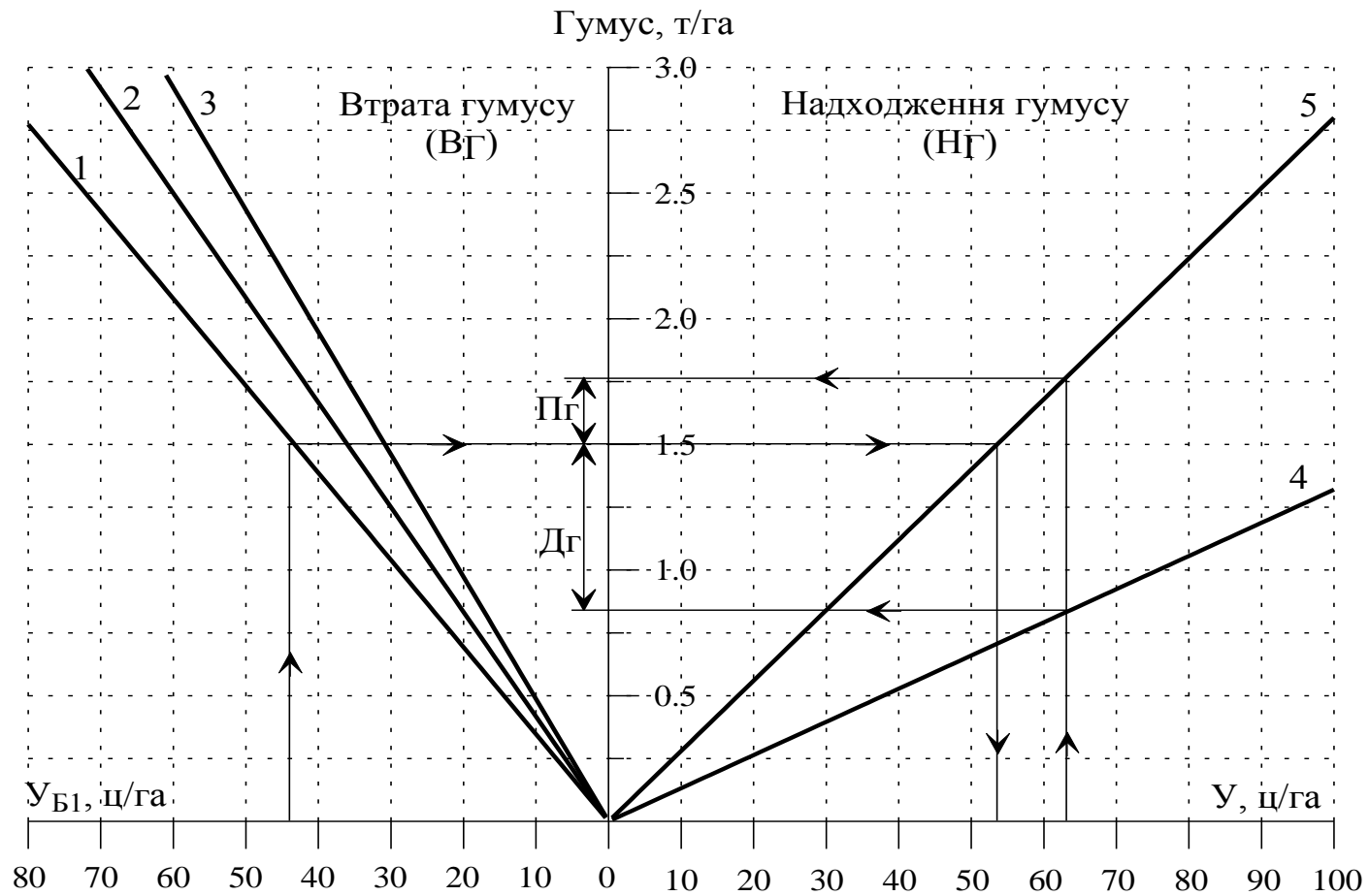


Рис.13. Схема до балансових розрахунків по гумусу під пшеницею озимою: 1 – середні суглинки; 2 – легкі суглинки; 3 – супісок; 4 – при відчуженні соломи; 5 – при загортанні соломи.

5. Особливості агроекономічного і екологічного обґрунтування оптимального рівня удобрення конопель посівних різних напрямів використання

Всі наведені в попередніх розділах визначення і розрахунки стосуються найбільш поширених в країні сільськогосподарських культур. При цьому основою для побудови основних моделей, як вказувалося раніше, були моделі відгуку урожайності культур на добрив, запропоновані М.В. Калінчиком [7]. Не викликає сумніву, що і для всіх інших культур характер наведених основних залежностей буде аналогічним з особливостями по ефективності використання добрив, вмісту в урожаю основних елементів, урожайності побічної продукції тощо.

Серед всіх сільськогосподарських культур особливе місце займають коноплі посівні, особливістю яких, з точки зору запропонованого аналізу, є те, що загалом ця культура формує два виду врожаю – волокно, як частина соломи, і насіння.

Згідно існуючих рекомендацій [9] маємо, що для отримання високого врожаю насіння конопель з хорошими сортовими і посівними якостями висівають однодомні коноплі високих репродукцій розрідженим способом з шириною міжрядь 45-60 см і нормою висіву 0,20-0,60 млн. схожих насінин на 1 га. При двобічному використанні конопель (насіння та волокно) їх вирощують широкорядним способом з шириною міжряддя 45 см і нормою висіву 0,40 - 1,80 млн. шт./га та звичайним рядковим 1,50 - 2,40 млн. шт./га. Посіви на волокно, які збирають у фазу технічної стиглості рослин (зеленець), проводять звичайним рядковим або вузькорядним способом з нормою висіву 2,00 - 4,50млн шт./га.

Зрозуміло, що за логікою попереднього аналізу перш за все необхідно визначитися з ефективністю добрив, тобто розробити кількісну модель відгуку врожайності даної культури на норми добрив. При цьому, враховуючи суттєвий вплив густоти посіву не тільки на величину врожайності, а і на його характер, такі розрахунки необхідно проводити для кожної норми висіву.

Загально відомо, що коноплі дуже вибагливі до рівня живлення, а необхідна норма добрив залежить як від природної родючості ґрунтів, так і від попередника й густоти посіву [9, 10, 21]. Однозначно можна стверджувати норма добрив впливає на урожайність культури як по соломі, так і по волокну і насінню

Як приклад можливих підходів до визначення економічно доцільної (оптимальної) норми добрив пропонується розглянути дослідні дані Інституту сої (табл. 28) та Інституту луб'яних культур НААН (табл.29).

Таблиця 28

Ефективність добрив при вирощування конопель посівних сорту
Золотоніські 15 (Золотоніський відділ ІЛК НААН, 2007-2009рр.)

Показники	Без добрив			N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀			N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Урожайність, ц/га	90,7	94,7	105,5	105,3	110,3	123,5	115,9	121,6	141,2
соломи									
волокна	22,95	24,23	27,63	25,88	27,90	31,30	30,35	32,20	35,17
насіння	6,07	6,74	–	8,19	8,70	–	8,95	10,03	–
Відсоток волокна в соломі, %	25,3	25,6	26,2	24,6	25,3	25,3	26,2	25,6	24,9
Співвідношення зерна до соломи	0,067	0,071	–	0,078	0,079	–	0,078	0,086	–

1 – Широкорядний з нормою висіву – 1,4 млн. шт./га

2 – Стрічковий дворядний з нормою висіву 1,8 млн. шт./га

3 – Рядковий з нормою висіву 4,5 млн. шт./га

Таблиця 29

Ефективність добрив при вирощуванні конопель сорту Гляна
за 2009-2011рр. (Інститут луб'яних культур НААН)

Показники	Варіанти удобрення				
	N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ (фон)	фон + N ₃₀ P ₁₅ K ₁₅	фон + N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	фон + N ₇₅ P ₄₅ K ₄₅	фон + N ₁₀₅ P ₇₅ K ₇₅
Норма висіву 0,50 млн. шт./га					
Урожайність соломи, ц/га	52,3	57,1	62,6	65,2	71,6
Урожайність насіння, ц/га	13,6	14,3	15,0	16,2	17,3
Співвідношення зерна до соломи	0,260	0,250	0,240	0,250	0,240
Норма висіву 0,25 млн. шт./га)					
Урожайність соломи, ц/га	50,6	56,0	61,9	68,0	73,3
Урожайність насіння, ц/га	15,8	17,4	18,6	23,2	24,5
Співвідношення зерна до соломи	0,312	0,311	0,300	0,341	0,330
Норма висіву 0,125 млн. шт./га)					
Урожайність соломи, ц/га	53,7	60,2	68,7	76,9	82,5
Урожайність насіння, ц/га	17,7	20,1	21,4	23,8	26,2
Співвідношення зерна до соломи	0,330	0,334	0,311	0,309	0,318

Наведені дані однозначно вказують на те, що з підвищенням рівня удобрення незалежно від сорту і густоти посіву урожайність соломи, волокна і насіння зростає. При цьому вміст волокна, будучи характеристикою сорту, не залежить ні від норми висіву ні від норми добрив (табл.1). При нормах висіву 1,4 і 1,8 млн. шт./га для сорту Золотоніські 15 залежності значення співвідношення зерна і соломи від цих норм і норм добрив не відмічено яке склало 0,067-0,086 (табл.

28). При вирощування зрідженим способом на насіння (сорт Гляна) залежності цього показника від рівня удобрення також не відмічена, проте його значення є суттєво більшим і коливається від 0,240 до 0,334 (табл. 29). Наведені дані дозволяють стверджувати, що за норми висіву 0,50 млн. шт./га насінневий потенціал сорту реалізується не в повній мірі, а саме для вирощування конопель на насіння вказана норма є необґрунтовано високою. Тобто, якщо за даною нормою висіву насіння значення цього співвідношення складає 0,240-0,250 то за норми висіву 0,25 млн.шт./га і 0,125 млн.шт./га воно не залежить від цієї норми і складає 0,300-0,341, що можна вважати насінневим потенціалом даного сорту (табл. 29).

Графічна ілюстрація залежності приросту урожайності різних частин урожаю конопель як при двобічному використанні, так і на волокно (зеленець) від норм мінеральних добрив (табл. 14) вказує на те, що за достатньої кількості варіантів удобрення (при більш широкому діапазоні норм добрив) в польових дослідженнях функціональна залежність між цими величинами у вигляді квадратичної параболи є можливою (рис.14).

Аналіз урожайних даних зерна за різних варіантів удобрення і норми висіву (табл. 29) з використанням методу апроксимації, шляхом кореляційного і регресійного аналізів з деяким наближенням можна сформулювати моделі залежності приросту врожайності насіння конопель даного сорту від норм добрив за різної норми висіву насіння (рис 15).

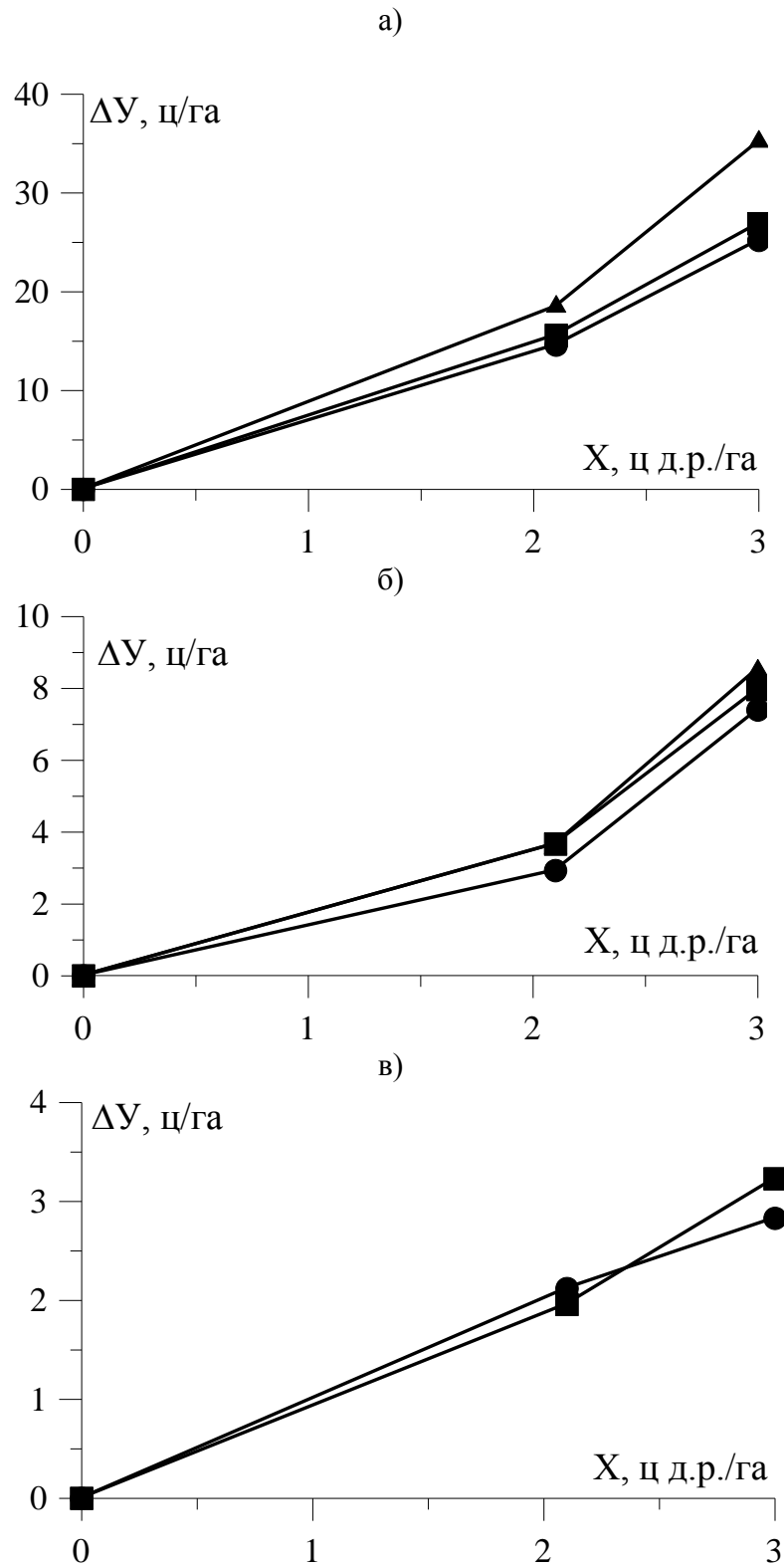


Рис. 14. Залежність приросту різних складових урожайності конопель (ΔY) від норм мінеральних добрив за різних норм висіву за даними [1]:
 ● — норма висіву 1,4млн.шт/га, ■ — норма висіву 1,8млн.шт/га,
 ▲ — норма висіву 4,5 млн.шт/га (а – солома, б – волокно, в – насіння)

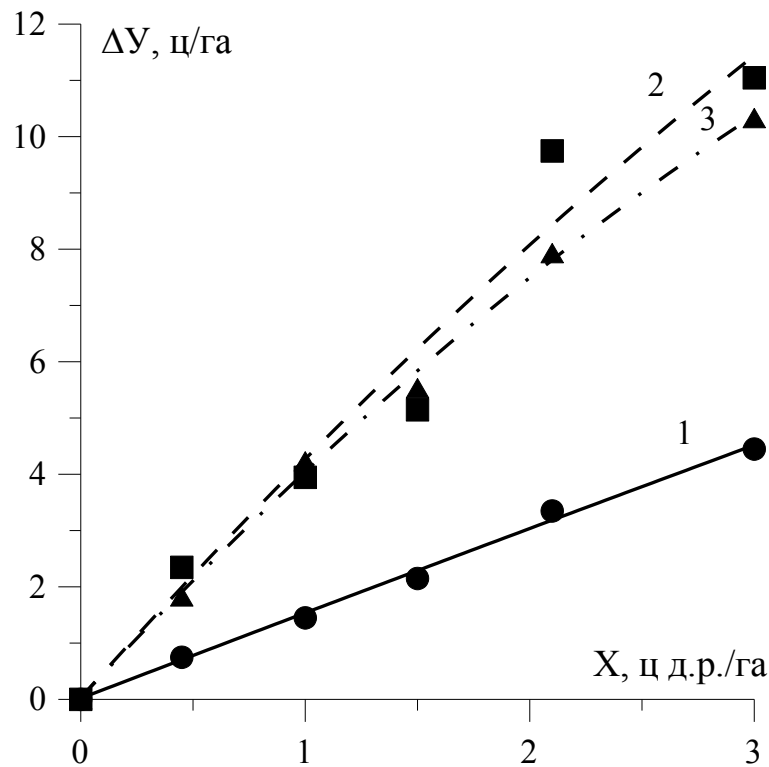


Рис. 15. Залежність приросту урожайності насіння конопель сорту Гляна від норм добрив за різної норми висіву (1 — ● — норма висіву 0,50 млн. шт./га, 2 — ■ — норма висіву 0,25 млн. шт./га, 3 — ▲ — норма висіву 0,125 млн. шт./га)

В результаті проведених визначень встановлено, що між приростом урожайності насіння конопель та нормою мінеральних добрив існує достатньо тісна залежність (формула 10):

– для норми висіву 0,50 млн. шт./га $\Delta Y = -0,009X^2 + 1,526X$
($r^2 = 0,993$);

– для норми висіву 0,25 млн. шт./га $\Delta Y = -0,220X^2 + 4,464X$
($r^2 = 0,942$);

– для норми висіву 0,125 млн. шт./га $\Delta Y = -0,284X^2 + 4,302X$
($r^2 = 0,996$);

При встановленні економічно доцільного чи оптимального рівня удобрення за критерієм максимального значення чистого доходу від застосування добрив, за аналогією з попереднім (див. розділ 1),

виникають ускладнення. Суть їх полягає в тому, що при оцінюванні доходу від вирощування конопель необхідно враховувати перш за все характер використання продукції.

У випадку вирощування конопель на волокно необхідним є врахування перш за все його ціни, що в свою чергу визначається якісними показниками самого волокна. В подальшому проблема полягає в оцінюванні або соломи з врахування виходу волокна чи самого волокна

У випадку двобічного використання особливість розрахунків полягає в тому, що встановлення оптимальної норми добрив за одним із складових товарного врожаю (солома чи насіння) априорі не означає оптимальності за іншою складовою. В цьому випадку одним із варіантів такого оцінювання може бути комплексна ціна на солому з врахуванням вартості насіння. При цьому необхідним є врахування того, що рівень удобрення як і норма висіву впливає на такий показник якості волокна як номер довгого волокна, а значить і реалізаційну ціну соломи [21]. Так, наприклад, якщо при урожайності соломи 110,3 ц/га з номером волокна 5,1 реалізаційна ціна соломи складає 200 грн/ц, а урожайність насіння складає 8,70 ц/га при їх ціні 3000 грн./ц, то загальна вартість врожаю складе 48160 грн./га (табл. 28). В даному випадку комплексна (умовна) ціна 1ц соломи складе 436,6 грн./ц .

При вирощування конопель на насіння оптимальна норма добрив визначається на наведеною вище методикою (див. розділ 1). Так, в нашому випадку враховуючи отримані вище моделі для сорту Гляна можемо констатувати наступне.

Виходячи із наведеного, враховуючи не істотну різницю між приростом урожайності насіння від добрив при нормах висіву 0,50 і 0,25 млн. шт./га, можна стверджувати про те що за дослідним даними за 2009-2011 рр. для сорту Гляна оптимальною нормою висіву слід вважати норму 0,25 млн. шт./га. При цьому згідно залежності 18

можемо зазначити, що оптимальна норма добрив, за якої формується найбільший приріст урожайності, складає 7,57 ц д.р./га. Це в свою чергу вказує на можливу доцільність вивчення впливу норм добрив на урожайність насіння з суттєво більшими їх величинами.

Оптимальна норма добрив, яка забезпечує найбільше значення маржинального доходу від їх застосування, для даного варіанту визначиться за умовою (див. формулу 22):

$$X_{opt} = - \frac{(4,302\ddot{O}_{\zeta} - \ddot{O}_{\tilde{A}})}{-0,568\ddot{O}_{\zeta}}, \text{öä.đ./ãà}$$

Отже для даного сорту і норми висіву при ціні на насіння наприклад, 3000 грн/ц (ζ_3) і ціні мінеральних добрив з врахуванням витрат на внесення 2800 грн/ц д.р. (ζ_d) економічно найбільш доцільна норма добрив складає біля 5,90 ц д.р./га.

При врахуванні виносу з врожаєм коноплі (основною і побічною продукцією) основних елементів живлення, необхідно мати на увазі різний їх вміст в соломі і насінні з одного боку та кількість соломи, що відчужується при цьому співвідношення між вказаними елементами врожаю теж має суттєве значення. Тобто, якщо вміст в 1ц насіння відповідно азоту, (N), фосфору (P_2O_5) і калію (K_2O) складає 3,50 кг, 0,69 кг і 0,94 кг, а в соломі відповідно 0,27, 0,21 і 0,55 кг [25], то чим більшою в загальному врожаю є частка соломи тим менше виноситься елементів з врожаєм і навпаки.

При аналізі умов бездефіцитності балансу гумусу під коноплею необхідним є встановлення не тільки інтенсивності його мінералізації під даною культурою, а і визначитися з тією частиною соломи (без волокна), яка може бути внесена в ґрунт та масою кореневої системи, яка як відомо, складає тільки біля 8,0-9,7% від маси наземної частини [9, 10].

6. Вплив погодних умов на урожайність сільськогосподарських культур та їх інтенсивність

Всі наведені вище розрахунки і твердження базувалися на тому, що оцінка інтенсивності сорту чи гібриду визначається як середнє за ряд років (хоча б три, а краще п'ять), що в деякій мірі може характеризувати як середні погодні умови в даній зоні. Ступінь вивченості вимог до погодних умов для різних культур залежить від їх народногосподарського значення та розповсюдження.

Таблиця 30

Порогові значення агрометеорологічних характеристик
вегетаційного періоду ярого ячменю [22, 23]

Характеристика	Умови	
	Несприятлив і	Сприятливі
Кількість атмосферних опадів за передвегетаційний період (P_0), мм	< 70	150-175
Кількість опадів за період сівба – колосіння (P_3), мм	< 30	120-150
Весняні запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту (W_1), мм	< 80	160-180
Запаси продуктивної вологи на дату масового колосіння (W_3), мм	< 40	110-130
Сумарні витрати вологи за період сівба-колосіння (B_3), мм	< 70	180-200
Сумарні витрати вологи за вегетаційний період (B_5), мм	< 110	220-250
Температура повітря в декаду масового колосіння ($t^{\circ}\text{C}$)	> 23	17-19
Дефіцит вологості повітря в декаду масового колосіння (d), мб	>18	8-10

Не викликає сумніву, що основним показником погоди кожного вегетаційного періоду є гідротермічні умови, тобто такі, які визначаються співвідношенням ресурсів вологи і тепла. Вплив цих умов на врожайність культур, а отже і на ефективність використання

основних елементів живлення з ґрунту та добрив не викликає сумніву. Відомо, що вимоги різних сільськогосподарських культур до цих умов на різних фазах розвитку визначаються перш за все їх біологічними особливостями і в деякій мірі природно - кліматичними умовами зони.

Так, наприклад, встановлено, що вимоги ячменю ярого до гідротермічного режиму погоди обмежуються фазою колосіння (табл. 30).

Встановлено, що значні коливання врожаю пшениці озимої по роках обумовлені перш за все різними умовами природного зволоження. Тому головним інерційним фактором, тобто фактором, який визначає не тільки теперішні, а і майбутні умови формування врожаю цієї культури, є запаси продуктивної вологи. Її кількість в ту чи іншу фазу розвитку культури дозволяє уже попередньо якісно визначити умови розвитку рослин (табл. 31)

Таблиця 31

Показники оцінки запасів продуктивної вологи метрового шару ґрунту в основні періоди весняно-літньої вегетації пшениці озимої [10, 22]

Періоди	Запаси продуктивної вологи, мм			
	добрі	задовільні	недостатні	погані
Відновлення вегетації	150-200	120-150	100-120	<100
Ріст стебел	140-180	100-140	80-100	<80
Колосіння	80-140	60-80	40-60	<40
Налив зерна	80-100	40-80	30-40	<25

Особливе значення для озимої пшениці має запас продуктивної вологи на період весняного обстеження посівів, тобто через 10 діб після відновлення вегетації весною.

За даними В.П. Дмитренка [25; 27] озима пшениця реагує врожайністю на гідротермічні показники в усі періоди свого розвитку (табл. 32).

Таблиця 32

Оптимальні значення гідрометеорологічних показників по періодах вегетаційного циклу пшениці озимої [10, 22]

Періоди вегетаційного циклу	Місяць	Запаси прод. вологи на початок періоду, мм		Температура повітря, °С		Опади, мм	
		0-20 см	0-100 см	Серед ня	Сума	Сума	серед за добу
Передпосівний	VII-VIII	-	-	18	-	130	2.1
Посів – укорінення	IX-X	26	70	13	793	170	2.8
Ріст пагонів	XI	30	120	5	150	120	4,0
Зимовий спокій	XII-II	30	130	-0,5	–	160	1,8
Формув. генератив органів	II-V	30- 40	190	8	736	170	1.9
Утворення зерна	VI	25	110	17	510	17	0,6
Достигання	VII	15	70	22	682	10	0.3

Для кукурудзи на зерно з точки зору оптимальності умов формування врожаю критичною є фаза викидання волоті, в яку оптимальний запас продуктивної вологи в півметровому шарі ґрунту складає 60 – 80 мм, а середньодобова температура повітря впродовж місяця після цього повинна складати 21 – 23⁰С [22, 23].

З метою конкретизації кількісного впливу на урожайність сільськогосподарських культур для основних сільськогосподарських культур розроблені такі методики [10, 16, 17]. Суть цих методик полягає в тому, що весь вегетаційний цикл культури ділиться на окремі періоди вегетації, для кожного з яких встановлені оптимальні

значення судньої температури та суми атмосферних опадів. Крім того для кожного з них визначені вагові множники (α_i), які по суті показують долю впливу даного періоду на формування врожаю. Запропоновані значення цих множників відповідають оптимальним значенням тепла і опадів і в сумі складають 1,0.. При цьому будь-яке відхилення фактичних даних від оптимальних веде до зменшення значень вказаних множників. У випадку оптимальних значень цих показників формується максимальний урожай культури, величина якого забезпечена основними ресурсами.

При цьому коефіцієнт корисності опадів за кожний (i -тий) період визначається як:

$$\eta(\dot{A})_s = \left(1 + \frac{\dot{A} - \dot{A}_f}{\dot{A}_f}\right)^{\alpha_1} \left(1 - \frac{\dot{A} - \dot{A}_f}{\dot{A}_{\max} - \dot{A}_f}\right)^{\alpha_2} \quad (39)$$

Цей же показник для температури визначають із умови:

$$\eta(\dot{O})_s = \dot{a}^{-\alpha_1 \left(\frac{\dot{O} - \dot{O}_f}{10}\right)^2} \quad (40)$$

Коефіцієнт впливу умов по кожному із періодів, що являє собою фактичне значення множника продуктивності культури, визначають як:

$$S(T, A) = \eta(\dot{O}) \cdot \eta(\dot{A}) \cdot \alpha_s \quad (41)$$

Де: A_0 , T_0 – оптимальні значення кількості атмосферних опадів та температури повітря за кожний період;

A , T – фактичні значення кількості атмосферних опадів та температури повітря за кожний період;

α_0 , α_1 , α_2 – емпіричні коефіцієнти [23, 25, 27, 28].

В табл. 33 – 36 наведені дані по характерних періодах основних сільськогосподарських культур, значеннях вагових множників продуктивності та оптимальних значеннях тепла і опадів.

Таблиця 33

Характеристика вегетаційного циклу соняшнику в Лісостепу та оптимальні значення температури повітря (T_0 , °C) і опадів (A_0 , мм) [16, 17]

Періоди вегетаційного циклу	Місяці	Вагов. множн. α	T_0 , °C	A_0 , мм
Передпосівний	XII-III	0,20	-5,0	180
Сівба	IV	0,05	7,6	40
Сходи – 2-га пара справжніх листків	V-VI	0,19	16,0	110
Утворення суцвіть – цвітіння	VII	0,19	19,0	80
Цвітіння – дозрівання	VIII	0,37	19,0	60
		$\Sigma=1,00$		

Таблиця 34

Характеристика вегетаційного циклу кукурудзи середньостиглої в Лісостепу та оптимальні значення температури повітря (T_0 , °C) і опадів (A_0 , мм) [16, 17]

Періоди вегетаційного циклу	Місяці	Вагов. множн. α	T_0 , °C	A_0 , мм
Передпосівний	XII-III	0,150	-1,0	170
Сівба – укорінення,	IV-V	0,26	11,0	100
Утворення вегетативних органів	VI-VII	0,38	18,0	180
Утворення генеративних органів	VIII	0,14	18,0	70
Дозрівання	IX	0,07	12,0	10
		$\Sigma=1,00$		

Таблиця 35

Характеристика вегетаційного циклу картоплі в Лісостепу та оптимальні значення температури повітря (T_0 , °C), опадів (A_0 , мм) [16, 17]

Періоди вегетаційного циклу	Місяці	Вагов. множн. α	T_0 , °C	A_0 , мм
Посадка – сходи	V	0,13	15,0	80
Сходи – початок цвітіння	VI	0,25	17,0	90
Цвітіння	VII	0,28	18,0	140
Кінець цвітіння – в'янення бадилля	VIII	0,21	17,0	120
В'янення бадилля – збирання	IX	0,13	12,0	65
		$\Sigma=1,00$		

Таблиця 36

Характеристика вегетаційного циклу пшениці озимої в Лісостепу та оптимальні значення температури повітря (T_0 , °C), опадів (A_0 , мм) [16, 17]

Періоди вегетаційного циклу	Місяці	Вагов. множн. α	T_0 , °C	A_0 , мм
Передпосівний	VII-VIII	0,07	18,0	130
Сівба – укорінення	IX - X	0,07	13,0	170
Ріст пагонів	XI	0,05	5,0	120
Зимовий спокій	XII-II	0,29	-0,50	160
Формування генеративних органів	III - V	0,36	8,0	170
Утворення зерна	VI	0,09	17,0	17
Достигання	VII	0,07	22,0	10
		$\Sigma=1,00$		

В додатку Г (табл.. 1 – 6) наводяться значення коефіцієнтів корисності опадів і тепла для основних сільськогосподарських культур

при фактичних (неоптимальних) значеннях погоди. Для пшениці озимої побудовані спеціальні діаграми, які дозволяють по кожному із періодів вегетації при відомих значеннях тепла і опадів визначити сумарний коефіцієнт впливу конкретних умов на урожайність культури (додаток Г, рис. 1).

Слід зазначити, що такий вплив може бути визначений як за фактичними значеннями погоди, тобто після збирання врожаю, так і за прогнозними даними, або як прогноз на конкретний період розвитку культури.

На нашу думку, з точки зору планування чи програмування врожайності даний метод доцільно використовувати при оцінюванні фактичного використання основних ресурсів і особливо добрив.

З точки зору оцінювання кількісного впливу фактичних погодних умов на урожайність, що була фактично отримана, величина можливої або максимально можливої урожайності за даними ресурсами основних факторів в оптимальних гідротермічних мовах може бути встановлена як:

Загалом формула врожайності, яка може бути сформована в даному випадку, має вид:

$$\hat{O}_{\phi} = \hat{O}_{\max} \cdot K \cdot \sum S(t, A)_i \cdot \alpha_i = \hat{O}_{\max} \cdot \hat{E} \cdot \sum \alpha_{\phi}, \text{ ц/га} \quad (42)$$

де K – показник, який враховує зменшення врожайності за рахунок додаткових факторів (густота посіву, куцистість, строки сівби, наявність днів з суховіями і т.п.);

U_{ϕ} – фактично очікувана урожайність в даних конкретних гідротермічних умовах з їх значенням $\sum \alpha_{\phi}$.

Таким чином, при оптимальних технологічних умовах і при відсутності екстремальних умов погоди значення вказаного коефіцієнта (K) рівне одиниці.

Значення максимальної урожайності (Y_{\max}) за авторами цього методу це є щорічний статистичний максимум урожайності, хоча по суті самого методу це може бути максимальна урожайність даного сорту в ідеальних ґрунтово-кліматичних і агротехнічних умовах. Виходячи з цього, це може бути потенційна врожайність сорту, що визначається біологічними можливостями, або коефіцієнтом використання ФАР. Однак, як вказувалося вище, фактична врожайність завжди є меншою за потенційну, оскільки може бути обмежена ресурсами інших природних факторів, основними з яких є тепло і вода. Оскільки, частіш за все врожайність обмежується рівнем забезпечення вологою, то, не виключено, що за максимальну її величину можна вважати ресурсну врожайність за вологою з врахуванням рівня агротехніки в господарстві [31].

З іншого боку, якщо мова йде про практичне застосування даного методу, за максимальну величину урожайності в даному випадку може бути прийнята її величина, що програмується. При цьому оскільки гідротермічні умови визначають в тому числі і забезпеченість таким ресурсом як волога, то запрограмована урожайність визначається рівнем інтенсивності сорту, чи рівнем агротехніки та рівнем забезпечення поживними елементами (природна родючість ґрунтів та внесені добрива). Виходячи з цього для практичних розрахунків при відсутності екстремальних умов ($K = 1$) можна користуватися залежністю:

$$\hat{O}_{\hat{o}} = \hat{O}_{iB} \cdot \Sigma \alpha_{\hat{o}}, \text{ ц/га} \quad (43)$$

На нашу думку не менше значення може мати цей метод і при оцінюванні фактично отриманого врожаю з точки зору оцінювання рівня інтенсивності сорту чи гібриду, або рівня агротехніки. Справа в тому, що при оцінюванні сорту сільськогосподарської культури за його інтенсивністю (див. розділ 1) фактична урожайність (Y_{ϕ}) береться як середнє за ряд років, однак у виробничих умовах цей ряд може дуже

часто є обмежений одним двома роками, що суттєво ускладнює об'єктивність розрахунків.

Отже, якщо у фактичних погодних умовах з встановленою фактичною сумою вагових множників, або фактичного значення коефіцієнта продуктивності культури ($\sum \alpha_\phi < 1$) при отриманні фактичної урожайності Y_ϕ в оптимальних умовах (при $\sum \alpha_\phi = 1$) урожайність могла б бути:

$$\acute{O}_{\dot{\lambda}\acute{o}} = \frac{\acute{O}_{\acute{o}}}{\sum \alpha_{\acute{o}}}, \text{ц/га} \quad (44)$$

Необхідно зазначити, що така величина урожайності є інформативною, так як дозволяє визначитися з можливим ступенем використання ресурсів основних факторів в оптимальних гідротермічних умовах, однак для подальших розрахунків використовувати її недоцільно, оскільки вірогідність цих умов є низькою. Отже, для практичних розрахунків доцільно визначитися з такою величиною урожайності, яка може сформуватися частіш за все. Такі умови характеризуються за модальними значеннями погоди [6], а з деякими наближеннями – середніми, що характеризуються середніми значеннями коефіцієнта продуктивності ($\sum \alpha_{CP}$). В цьому випадку середня величина фактично очікуваної врожайності визначиться як:

$$\acute{O}_{\dot{N}D} = \acute{O}_{\dot{\lambda}\acute{o}} \cdot \sum \alpha_{\dot{N}D}, \text{ц/га} \quad (45)$$

В таблиці 37 наведена характеристика середніх значень гідротермічного режиму для вегетаційного періоду кукурудзи на зерно в умовах МС Суми [31].

Середні погодні умови вегетаційного циклу кукурудзи на зерно середньостиглої в умовах МС Суми та середні коефіцієнти продуктивності

Періоди вегетаційного циклу	Місяці	Вагов. множн. α	Фактичні значення				
			A, мм	$\eta(A)$	T ⁰ C	$\eta(T)$	$S(A,T)*\alpha = \alpha_{CP}$
Передпосівний	XII-III	0,150	131	0,91	-3,8	0,85	0,116
Сівба – укорінення,	IV-V	0,26	102	1,00	11,2	1,00	0,260
Утворення вегетативних органів	VI-VII	0,38	138	0,93	19,0	0,96	0,339
Утворення генеративних органів	VIII	0,14	50	1,00	18,6	0,99	0,139
Дозрівання	IX	0,07	57	1,00	12,8	0,97	0,068
		$\Sigma=1,00$					$\Sigma S(A,T)\alpha = \alpha_{CP} = 0,922$

Виходячи із наведеного можна стверджувати, що в умовах МС Суми середні гідротермічні умови вегетаційного періоду кукурудзи на зерно дуже близькі до оптимальних значень, а можливі втрати врожайності за рахунок відхилення середніх умов від оптимальних очікуються в розмірі 7,8%.

Такий підхід дозволяє в ряді випадків провести порівняльну оцінку сортів чи гібридів сільськогосподарських культур. Це має значення тоді, коли в господарстві кожного року вирощується інший сорт, тобто у випадку, коли фактичні урожайні дані кожного року є однорічними.

Як приклад в таблиці 38 наводяться результати фактичного вирощування соняшнику в умовах Чернігівської області (СТОВ «Агрікор»). При цьому в господарстві кожного року вирощували інший гібрид, тобто для аналізу мається однорічні урожайні дані з різними

дозами добрив на полях з різною природною родючістю за різних погодних умов. Остаточним результатом даного аналізу є встановлення більш інтенсивного, а значить і більш урожайного гібриду соняшника із двох, що вирощувалися в господарстві.

Таблиця 38

Фактично очікувані для оптимальних і середніх умов урожайності гібридів соняшника та їх фактичний рівень інтенсивності

$$(\sum \alpha_{CP} = 0,978)$$

Урожайності, ц/га				Рівень інтенсивності (RiC)		
Y_{Φ}	Y_{MAX}	Y_{CP}	Y_H	RiC_{Φ}	RiC_{MAX}	RiC_{CP}
2014 р. ($\sum \alpha_{\Phi} = 0,834$) гібрид №1 ($X = 92$ кг д.р./га)						
30,53	36,6	35,8	17,49	1,75	2,09	2,05
2015 р. ($\sum \alpha_{\Phi} = 0,636$) гібрид №2 ($X = 45$ кг д.р./га)						
24,3	38,2	37,4	14,58	1,67	2,62	2,54

Аналіз різних рівнів врожайності гібридів соняшника, що вирощувалися в господарстві (табл. 38) показує, що фактичні рівні врожайності, як і нормативні, суттєво різнилися між собою, при цьому гібрид №1 (2014 р) мав суттєво більшу урожайність ніж гібрид №2 (2015 р). За фактичними даними інтенсивність гібриду №1 виявилася дещо більшою за інтенсивність гібриду №2. Аналіз погодних умов вегетаційного періоду соняшника показав, що за гідротермічними умовами вони були дуже різні. Так, якщо в 2014 р. коефіцієнт продуктивності ($\sum \alpha_{\Phi}$) складав 0,834, то в 2015 р. – всього 0,636. Це вказує на те, що в першому випадку можливі втрати врожаю від несприятливості умов складають 16,6%, а в другому – 36,4%. Врахування цих умов (формула 44) показало, за того ж рівня удобрення за оптимальних гідротермічних умов (Y_{MAX}) гібрид №1 міг би сформувати урожайність 36,6 ц/га, а гібрид №2 – 38,2 ц/га, максимальними значеннями рівні інтенсивності відповідно 2,09 і 2,62

(табл.. 36). Для умов середнього року, які є досить сприятливі для соняшника ($\sum \alpha_{\text{СР}} = 0,978$), можливі врожаї цих гібридів могли б скласти відповідно 35,8 ц/га і 37,4 ц/га з відповідними значеннями $RiC_{\text{СР}}$ 2,05 і 2,54.

Отже, проведені визначення показали, що із двох гібридів соняшника, що аналізувалися гібрид №2 виявився на 24% більш інтенсивнішим ніж перший.

Слід ще раз зазначити, що такі дані значень інтенсивності гібридів отримані при прийнятій в господарстві технології, тобто існуючому рівні її інтенсивності. Не викликає сумніву, що у випадку вирощування будь-якого із вказаних гібридів в інших господарствах отримані характеристики гібридів можуть дещо відрізнятися від вказаних, а величина таких відхилень буде залежати перш за все від рівня інтенсивності технології.

Висновки

Викладені в даній роботі положення дозволяють встановити економічно доцільні рівня врожайності сільськогосподарських культур із умови оптимальності використання мінеральних добрив та визначитися з екологічними обмеженнями. При цьому такі розрахунки і визначення є можливими як при плануванні, так і при аналізі фактично отриманих результатів. Однією із суттєвих особливостей даної роботи є врахування рівнів інтенсивності нових сортів і гібридів сільськогосподарських культур, оскільки швидкість їх зміни у виробництві практично не дозволяє провести з ними довгострокові польові дослідження з вивчення ефективності використання ними ресурсів основних факторів росту, і перш за все вологи і мінерального живлення.

Встановлено, одним із варіантів кількісної оцінки рівня інтенсивності сорту чи гібриду сільськогосподарської культури може бути співвідношення фактично отриманого та нормативного рівня врожайності. При цьому визначення нормативної врожайності доцільно проводити із умови використання ресурсу мінерального живлення, що включає природну родючість ґрунтів та внесені мінеральні і органічні добрива.

Доказано, що при оцінці ефективності застосування мінеральних добрив під конкретну культуру, необхідним є врахування наступних умов:

- ґрунтово - кліматичні умови (значення емпіричних коефіцієнтів для даної зони і культури «а і в»);
- особливості сорту даної культури з конкретним значенням рівня його інтенсивності (RiC);

– соціально-економічні умови з фактичним співвідношенням цін на добрива і продукцію (M).

Одним із екологічних обмежень вирощування культури є забезпечення умов бездефіцитності основних елементів мінерального живлення ($N P K$). Визначено, що забезпечення вказаної умови є можливим тільки у випадку, коли кількість внесених з урожаєм елементів відповідає внесеним з добривами, що можливе при так званій еквівалентній нормі добрив і відповідній величині врожайності. При цьому бездефіцитний баланс суми основних елементів живлення не означає бездефіцитність балансу окремо кожного із елементів, що вимагає подальшого уточнення по співвідношенню їх в добривах. Встановлено, що у випадку, коли еквівалентна норма добрив є меншою за оптимальну (економічно доцільна) в ґрунті утворюється дефіцит суми основних елементів, а при зворотному співвідношенні – їх накопичення, тобто профіцит. Слід зауважити, що в дефіцитних умовах окупність добрив є набагато більшою ніж при профіцит них.

Іншим не менш важливим екологічним критерієм вирощування сільськогосподарської культури є забезпечення бездефіцитності балансу гумусу. При цьому якщо стаття надходження чи утворення гумусу не викликає сумніву і являє собою гуміфіковану кількість органічної речовини, яка заробляється в ґрунт, то стаття втрат гумусу на мінералізацію має неоднозначне визначення. Загалом наразі існує три методи таких визначень.

Перший метод є емпіричний, оскільки передбачає врахування раніше експериментально встановлених значень мінералізації гумусу на різних ґрунтах і під різними культурами. При цьому величина цих втрат перш за визначається ступенем розрихлення ґрунту (зернові, просапні, чистий пар), вмістом гумусу в ґрунті і особливостями культури.

Другий метод передбачає аналітичний розрахунок цієї величини за спеціальними формулами, суть якого полягає в залежності її від валового запасу гумусу в орному шарі ґрунту, коефіцієнта мінералізації гумусу та від групи культур і ґрунтово-кліматичної зони.

Суть третього метода полягає в урахуванні умови, що при вирощуванні культури без застосування добрив сформована урожайність наполовину забезпечується азотом, утвореним при мінералізації гумусу.

Цей метод є функціональним, оскільки базується на можливому рівні врожайності, що опосередковано вказує на зв'язок з природною родючістю ґрунту, ще пояснюється тим, що сама величина врожайності, за всіх інших рівних умов, залежить від показників цієї родючості.

Крім того, при такій постановці питання слід мати на увазі такий показник як рівень інтенсивності сорту чи гібриду з одного боку, та загальний рівень агротехніки – з іншого, оскільки чим більшою є ця інтенсивність та рівень, тим, за всіх інших рівних умов, буде формуватися вища урожайність в тому числі і у варіанті «без добрив».

Встановлено, що існуючі методи прогнозування урожайності за гідротермічними умовами можуть бути ефективно використанні при аналізі фактично одержаної урожайності сільськогосподарських культур з метою встановлення їх потенціальних можливостей.

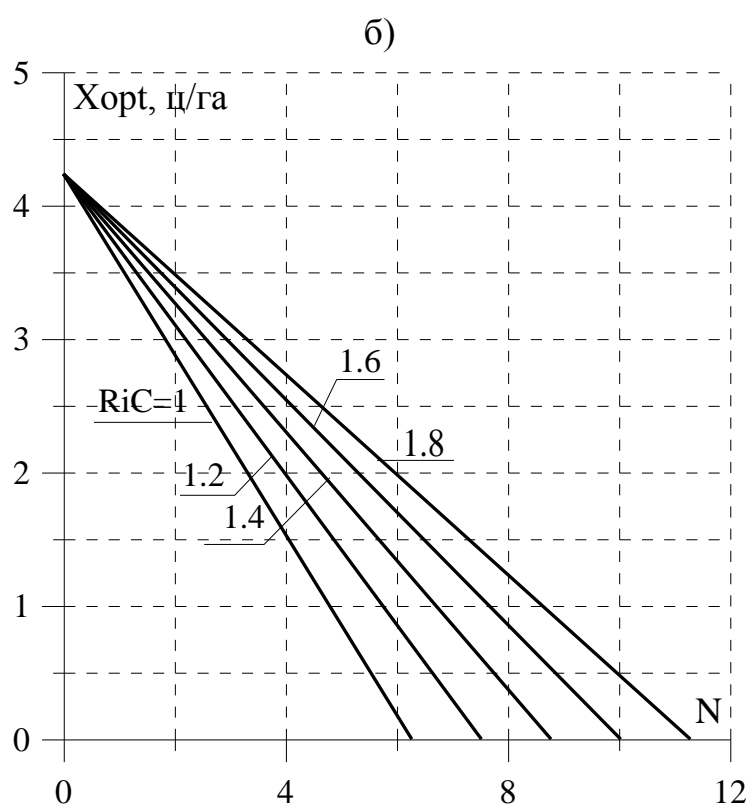
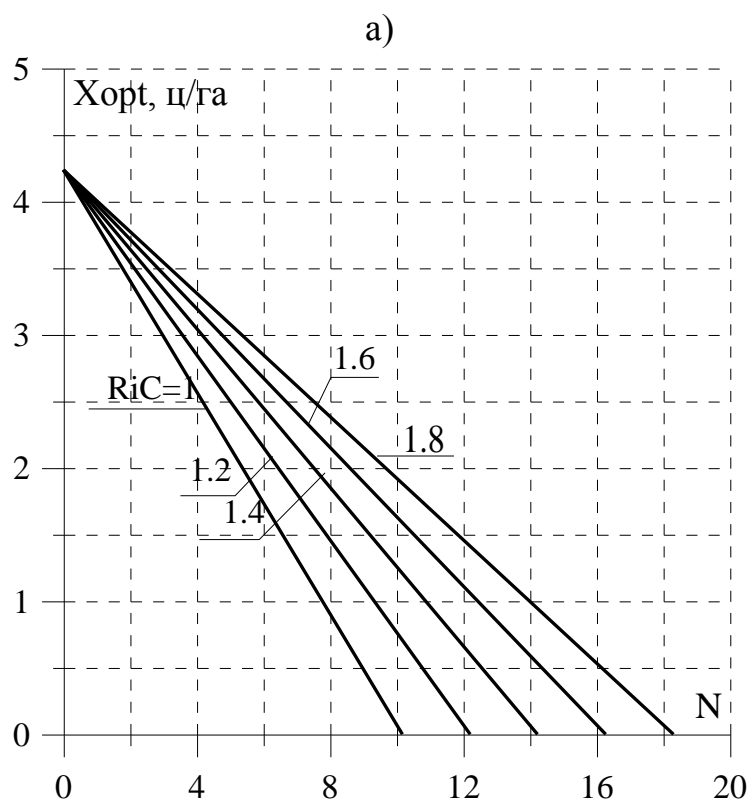
Всі наведені методики визначень і розрахунків забезпечені достатньою інформативною базою (див. додатки), що дозволяє провести практичні розрахунки для основних культур в умовах Лісостепу.

Література

1. Агрокліматичний довідник по Сумській області (1986-2005 рр.) / За ред. З.П. Кравченко, Т.І. Адаменко, Камянець-Подільський. 2012. – 172 с.
2. Біоенергетична оцінка сільськогосподарського виробництва / за ред. Ю.О. Тараріко. – К.: Наукова думка, 2005. – 200с.
3. Геркіял О.М. Агрохімія / Геркіял О.М., Господаренко Г.М., Коларьков Ю.В. – Умань, 2008. – 300 с.
4. Господаренко Г.М. Система застосування добрив. – К.: ТОВ «СІК ГРУП УКРАЇНА», 2015. – 332 с.
5. „До проблеми аналітичної оцінки ефективності мінеральних добрив та екологічні обмеження їх норми / за ред. Харченка О.В., Собка М.Г. – Суми: Університетська книга, 2016. – 31 с.
6. Еколого-агрохімічна паспортизація полів та земельних ділянок (керівний нормативний документ) / за ред О.О. Созінова. – К, 1996. – 37 с.
7. Калінчик М.В. Економічне обґрунтування норм внесення мінеральних добрив залежно від ціни на ресурси та продукцію. / М.В. Калінчик, М.М. Ільчук, М.Б. Калінчик.– К.: Нічлава, 2006. – 43с.
8. Конопля / Под ред. Г.И. Сенченко, М.А. Тимонина. – М.: Колос, 1978. – 287 с
9. Коноплі / За ред.. М.Д. Мигалья, В.М. Кабанця. – Суми: Еллада, 2011. – 384 с.
- 10.Краткий агроклиматический справочник Украины / Под ред. К.Т.Логвинова – Л.: Гидрометеиздат, 1976. – 256с.
- 11.Лісовал А.П. Система застосування добрив / А.П. Лісовал, В.М. Макаренко, С.М. Кравченко. – К.: Вища школа, 2002. – 317 с.
- 12.Лыков А.М. Гумус и плодородие почвы. – М.: Московский рабочий, 1983. – 193 с.
- 13.Методичні вказівки з охорони ґрунтів. /В.О. Греков, Л.В. Дацько, В.А. Жилкін та інші. – К., 2011. – 108с.
- 14.Методика агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення. К., 2003.– 63 с.
- 15.Органические удобрения: Справочник. / П.Д. Попов, В.И. Хохлов, А.А. Егоров и др. – М.: Агропромиздат, 1988. – 207 с.
- 16.Польовий А.М. Довгострокові агрометеорологічні прогнози / А.М. Польовий, Л.Ю.Божко. – К.: КНТ, 2007. – 293 с.
- 17.Польовий А.М. Моделювання гідрометеорологічного режиму та продуктивності агроєкосистем. – К.: КНТ, 2007. – 344 с.
- 18.Расчет баланса гумуса: Методические указания. / Н.И. Лактионов, В.В. Дегтярев, И.В. Карпенко – Харьков, 1991. – 13 с.
- 19.Расчет баланса гумуса и норм органических удобрений для обеспечения его бездефицитного содержания в черноземных

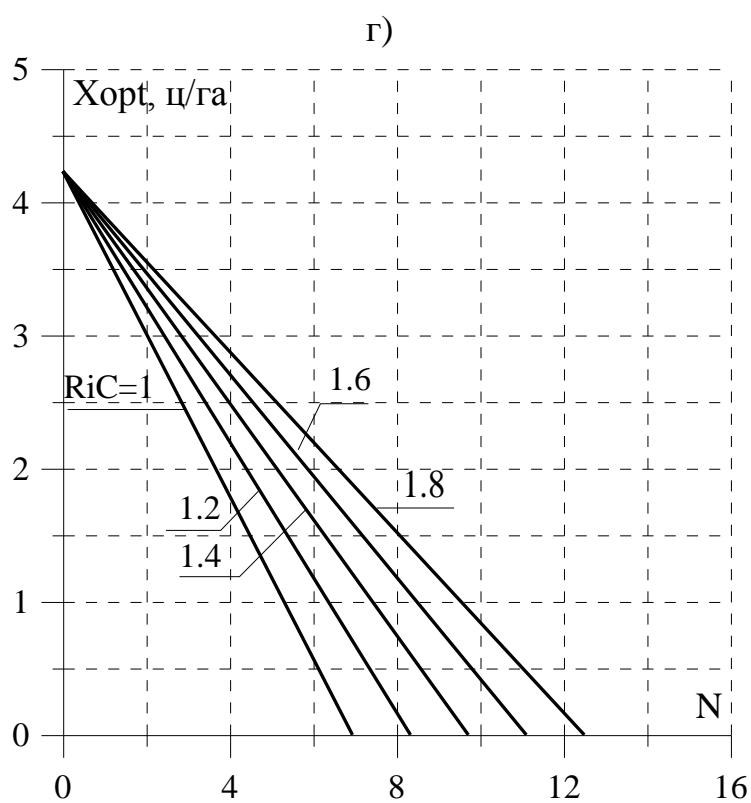
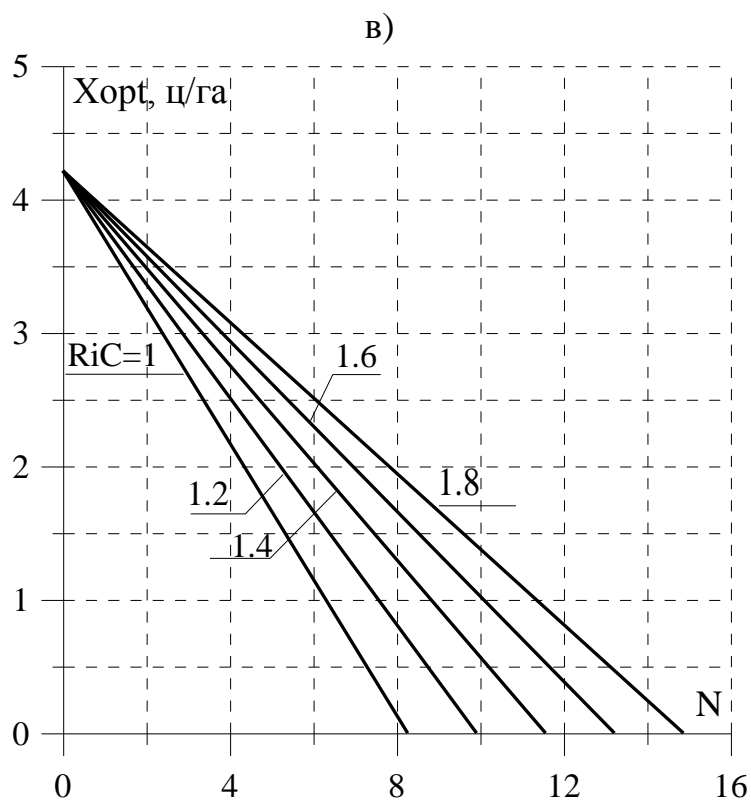
- почвах Левобережної Лесостепи УРСР: Методические рекомендации / Г.Я. Чесняк, М.М. Зинченко и др.. Харьков, 1987.– 36 с.
20. Рекомендації з охорони і збереження родючості ґрунтів. / О.В. Греков, В.М. Панасенко, Н.М. Осередько та інші. – К.: Центрдержрідючість, 2009.– 44 с.
 21. Рекомендації щодо особливостей вирощування конопель (А.В. Пилипенко, М.Б. Пісковий, М.М. Орлов), Науково-дослідний інститут сої. – Глобине, 2016. – 28с.
 22. Руководство по агрометеорологическим прогнозам. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. Т.1. – 306с. Т.2. – 261с.
 23. Справочник агронома по сельскохозяйственной метеорологии / под ред. И.Г. Грингофа. Л.: Гидрометеиздат, 1986. –527с.
 24. Супутник агронома. / За ред.. С.Ю. Булигіна. – Харків: Агросфера, 2010. – 245с
 25. Харченко О.В. Основи програмування врожайів сільськогосподарських культур / О.В. Харченко. – Суми: Університетська книга, 2003. –291 с.
 26. Харченко О.В. Ресурсне забезпечення та шляхи оптимізації умов вирощування сільськогосподарських культур у Лісостепу України / О.В. Харченко. – Суми: Університетська книга, 2005. –342 с.
 27. 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.
 28. Харченко О.В. Оцінка методичних підходів щодо екологічного обґрунтування застосування добрив під сільськогосподарські культури / за ред.. Харченка О.В. і Прасола В.І. – Суми: Університетська книга, 2011. – 48 с.
 29. Харченко О.В. – Методологічні аспекти еколого-економічного обґрунтування рівнів урожайності сільськогосподарських культур до проектів землеустрою / О.В. Харченко, В.І. Прасол, Н.В. Кузін та інші. – Суми: Університетська книга, 2013. – 63 с.
 30. Харченко О.В. Агроекономічні і екологічні основи прогнозування та програмування рівня врожайності сільськогосподарських культур / О.В. Харченко, В.І. Прасол. С.М. Кравченко . – Суми: Університетська книга, 2014. – 239 с.
 31. Харченко О.В. Ресурсні рівні врожайності сільськогосподарських культур та їх екологічне оцінювання /О.В. Харченко, Ю.М. Петренко. – Суми: Мрія, 20117
 32. Якість ґрунтів та сучасні стратегії удобрення / За ред. Дж. Гофмана, Д. Мельничука, М. Городнього. К.: Арістей, 2004. – 487 с.

ДОДАТКИ

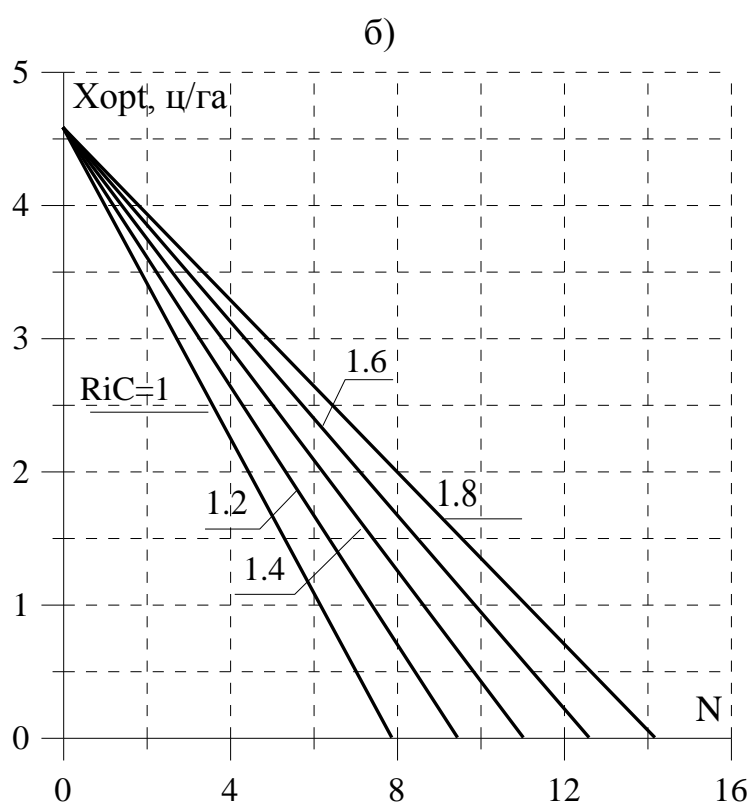
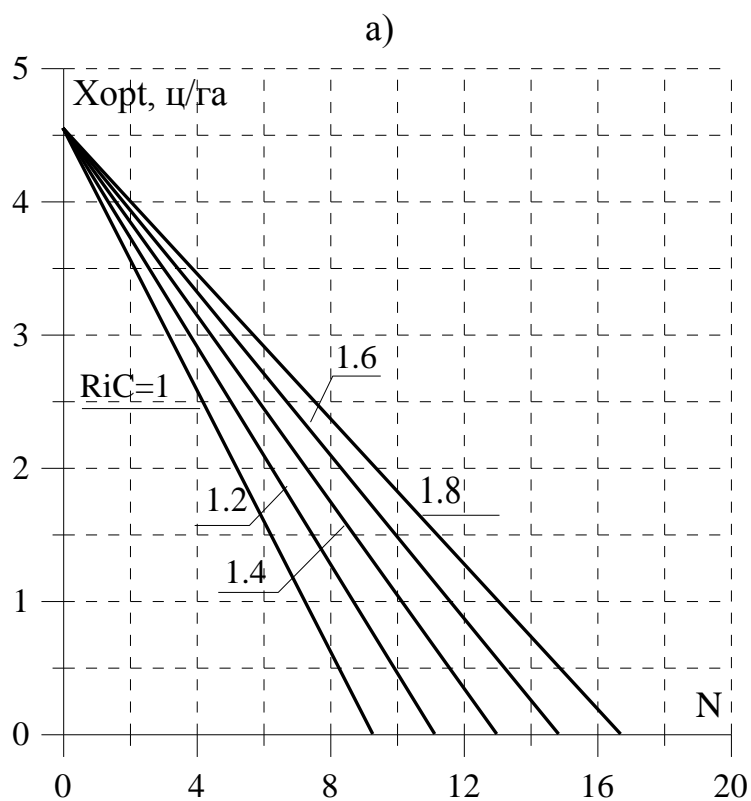


Додаток А. Рис.1. Залежність оптимальної норми добрив для пшениці озимої від рівня інтенсивності сорту та співвідношення цін на добрива та

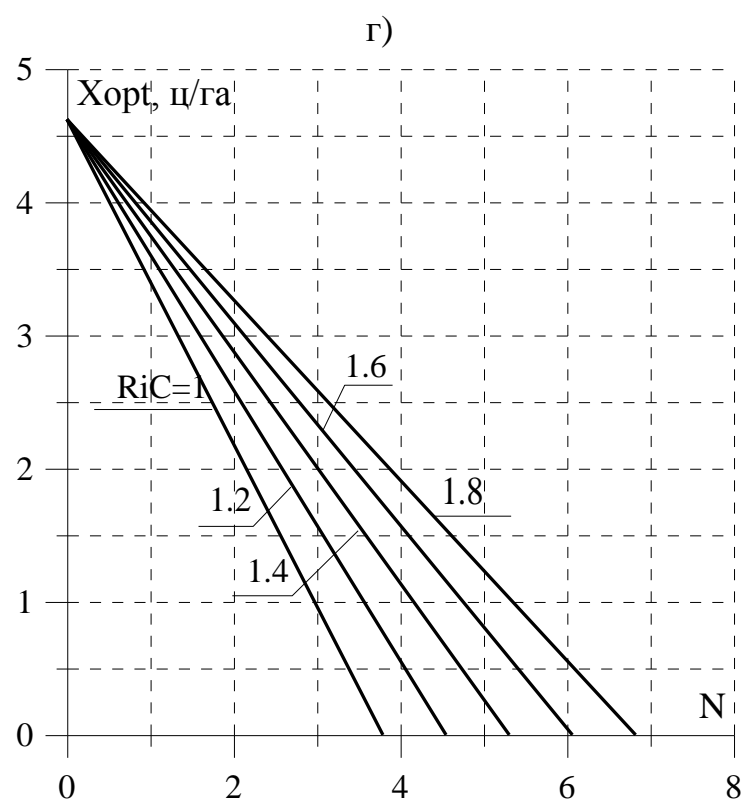
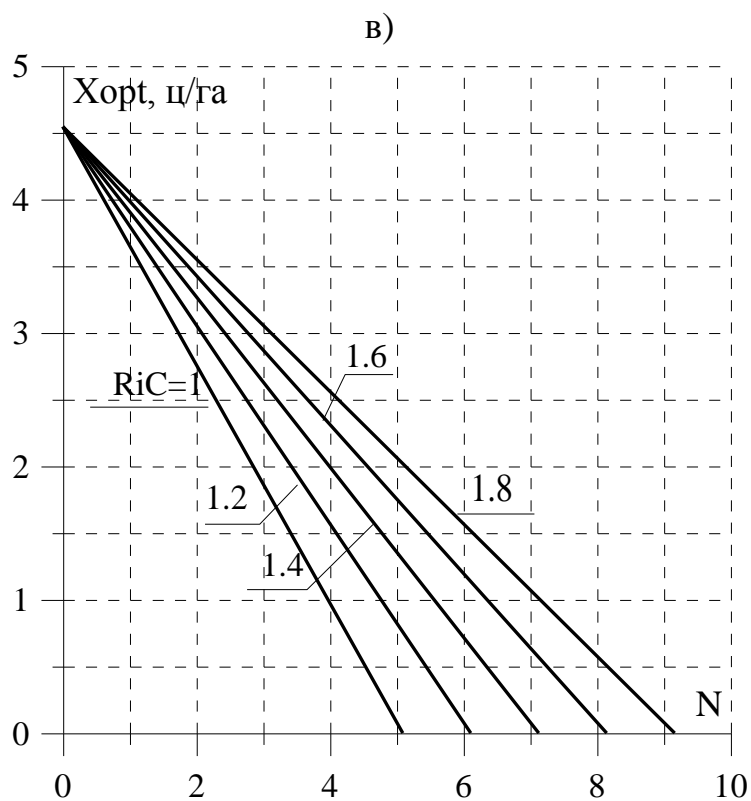
продукцію в умовах різних ґрунтів: а). – темно-сірі опідзолені та чорноземи опідзолені; б). – темно-сірі опідзолені та чорноземи опідзолені глейові;



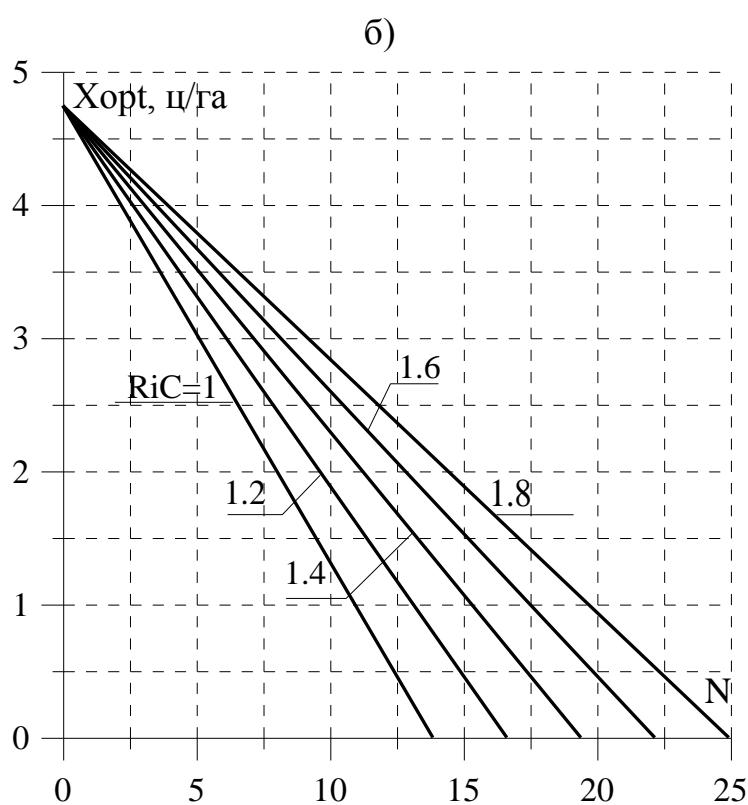
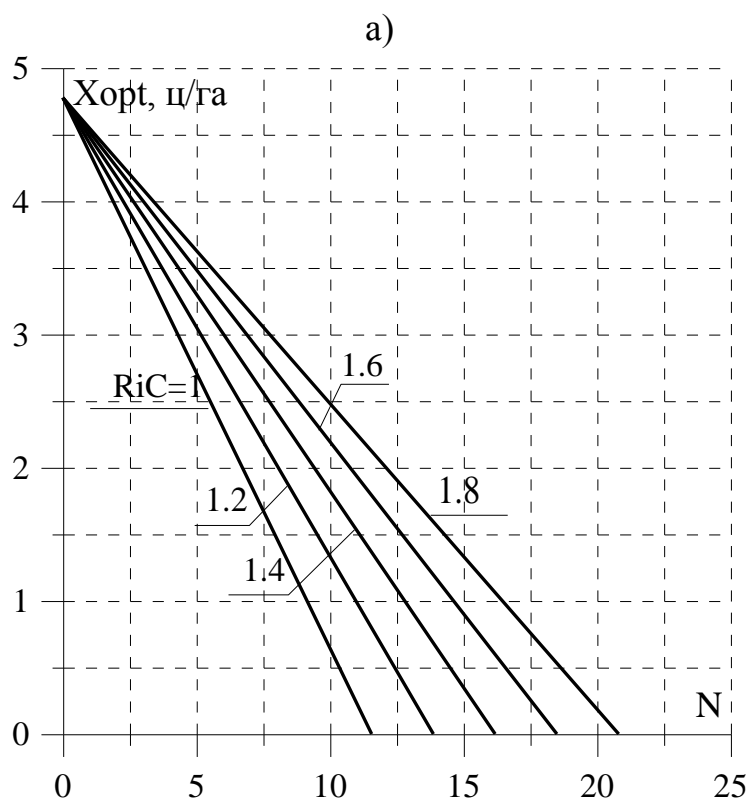
Додаток А. Продовження Рис.1. в). – чорноземи типові реградовані та вилугувані супіщані й легкосуглинкові; г). – чорноземи типові реградовані та вилугувані середньо- і важкосуглинкові



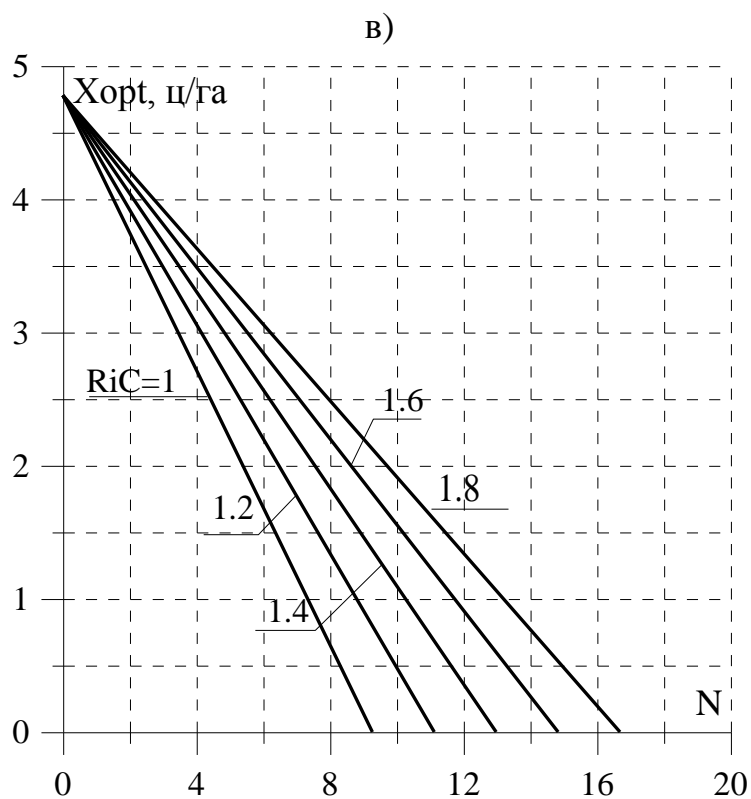
Додаток А. Рис.2. Залежність оптимальної норми добрив для ячменю ярого від рівня інтенсивності сорту та співвідношення цін на добрива та продукцію в умовах різних ґрунтів: а). – темно-сірі опідзолені та чорноземи опідзолені; б). –темно-сірі опідзолені та чорноземи опідзолені глейові;



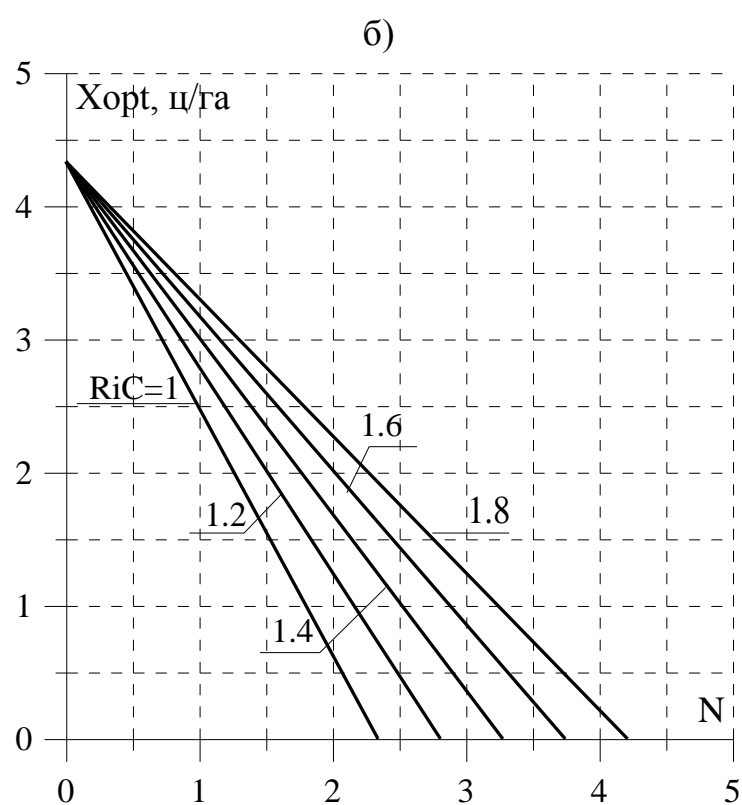
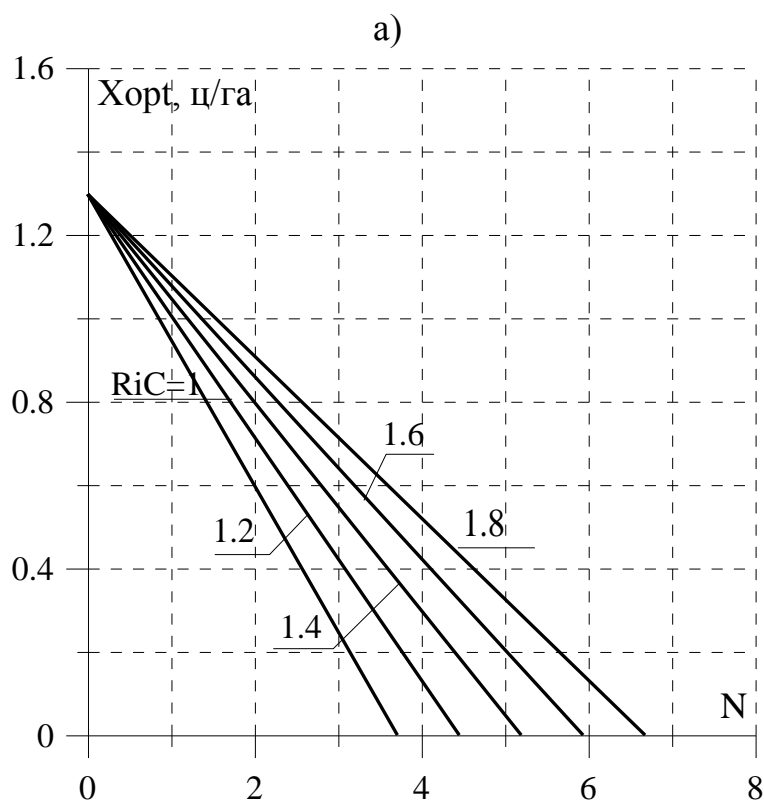
Додаток А. Продовження Рис.2. в). – чорноземи типові реградовані та вилугувані супіщані й легкосуглинкові; г). – чорноземи типові реградовані та вилугувані середньо- і важкосуглинкові.



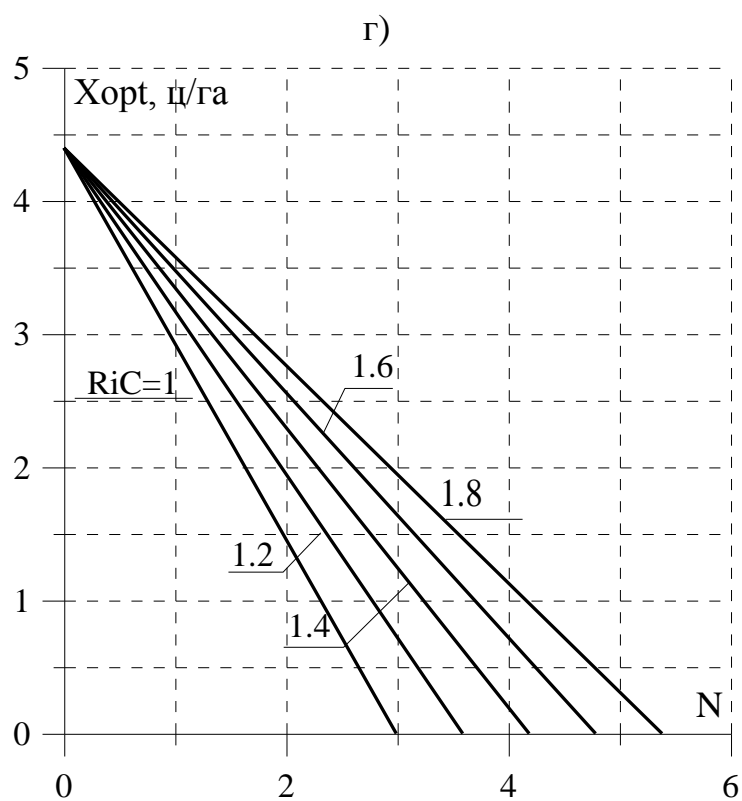
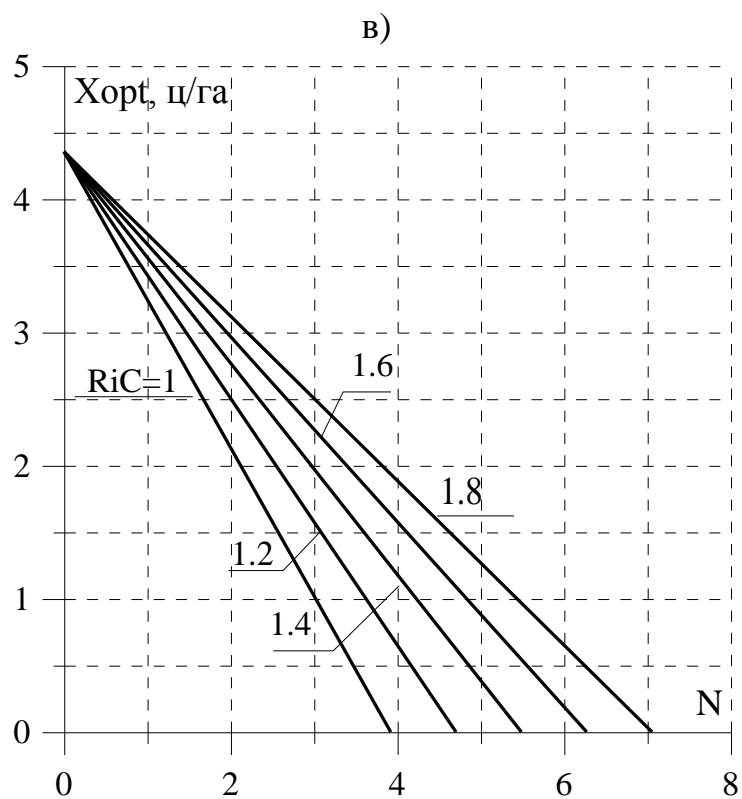
Додаток А. Рис.3. Залежність оптимальної норми добрив для кукурудзи на зерно від рівня інтенсивності сорту та співвідношення цін на добрива та продукцію в умовах різних ґрунтів: а). – темно-сірі опідзолені та чорноземи опідзолені; б). – темно-сірі опідзолені та чорноземи опідзолені глейові;



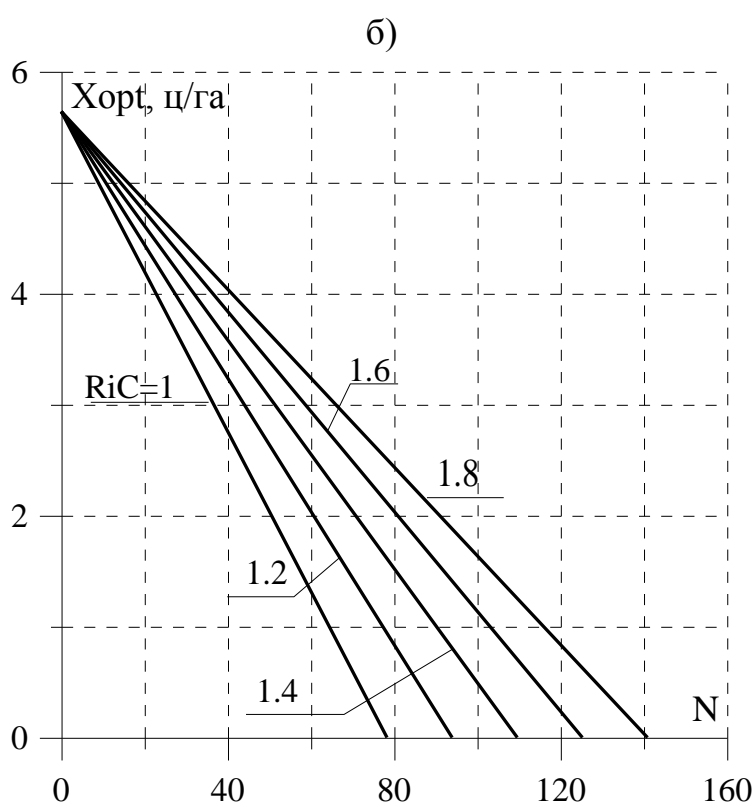
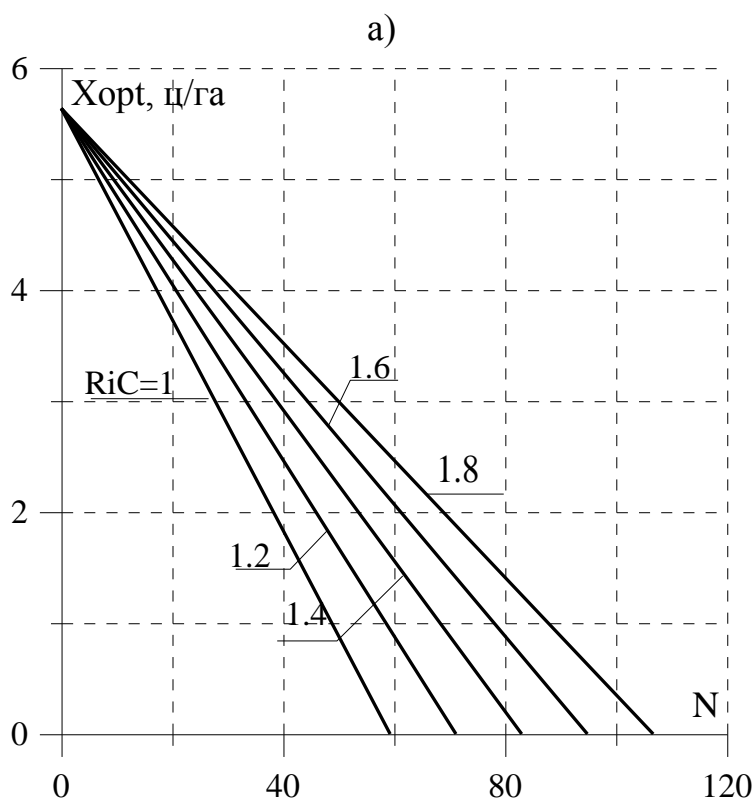
Додаток А. Продовження Рис.3. в). – чорноземи типові реградовані та вилугувані супіщані й легкосуглинкові; г). – чорноземи типові реградовані та вилугувані середньо- і важкосуглинкові.



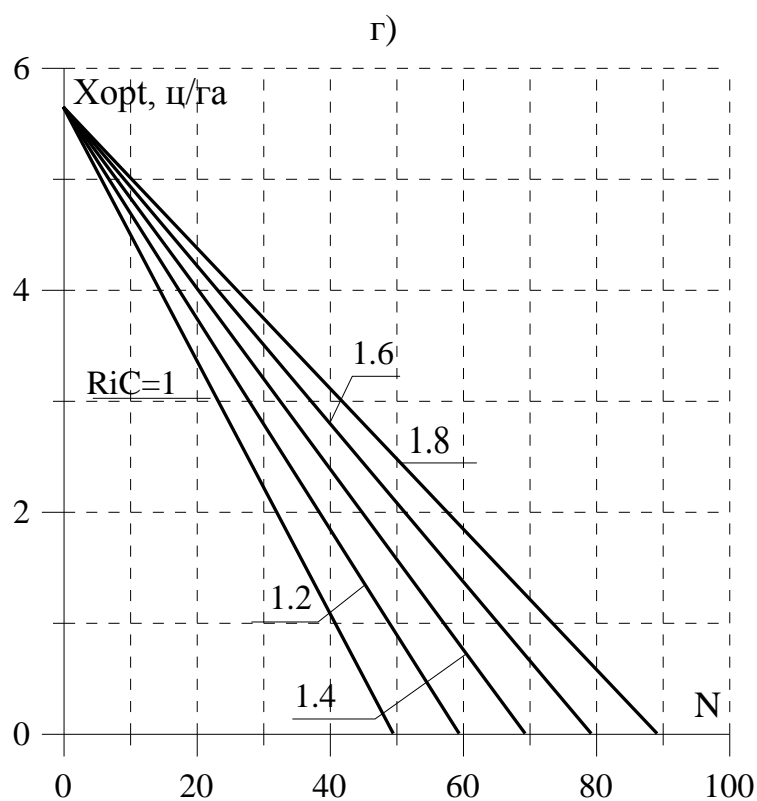
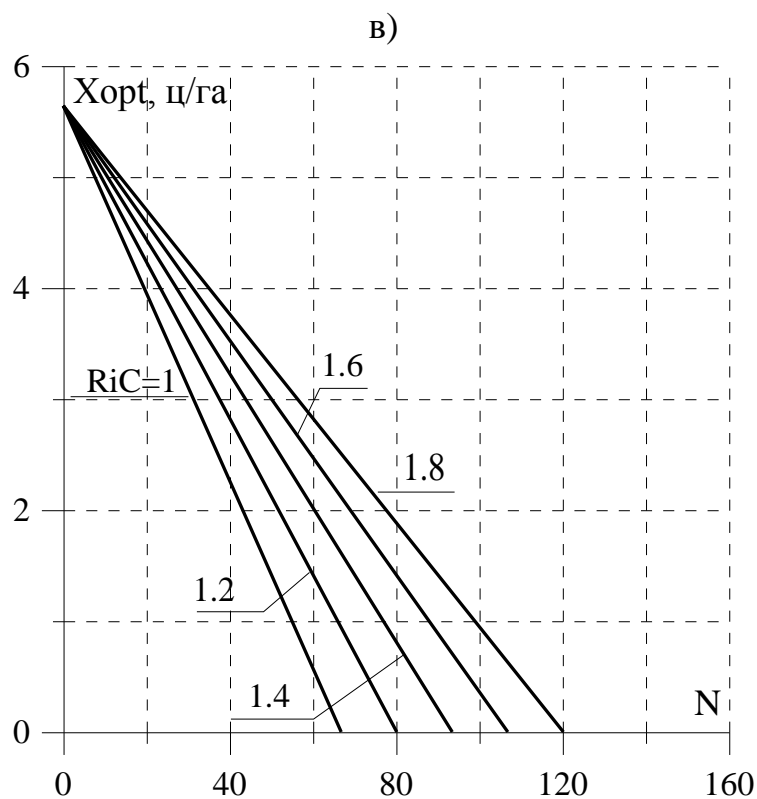
Додаток А. Рис.4. Залежність оптимальної норми добрив для соняшнику від рівня інтенсивності сорту та співвідношення цін на добрива та продукцію в умовах різних ґрунтів: а). – темно-сірі опідзолені та чорноземи опідзолені; б). – темно-сірі опідзолені та чорноземи опідзолені глейові;



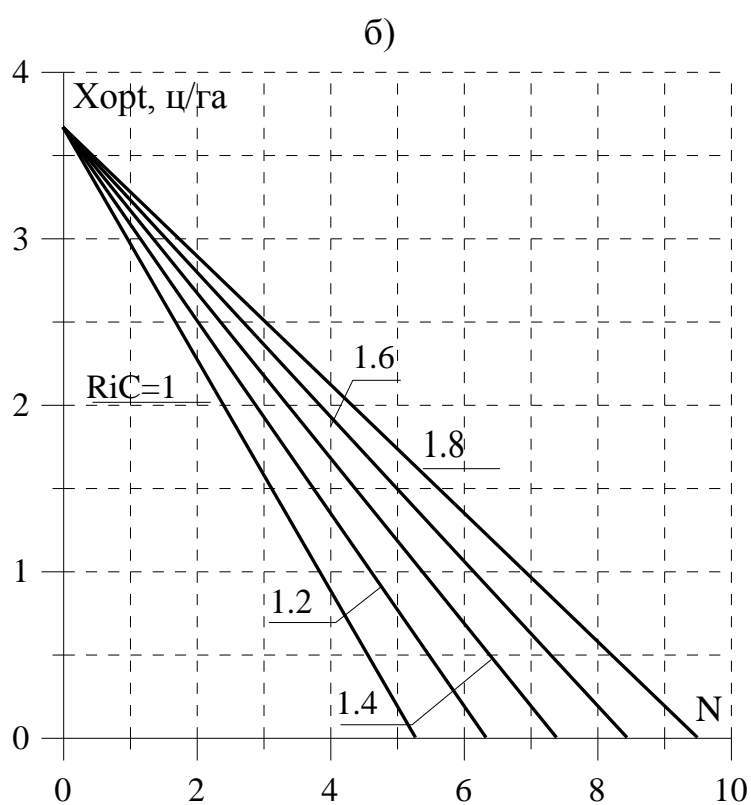
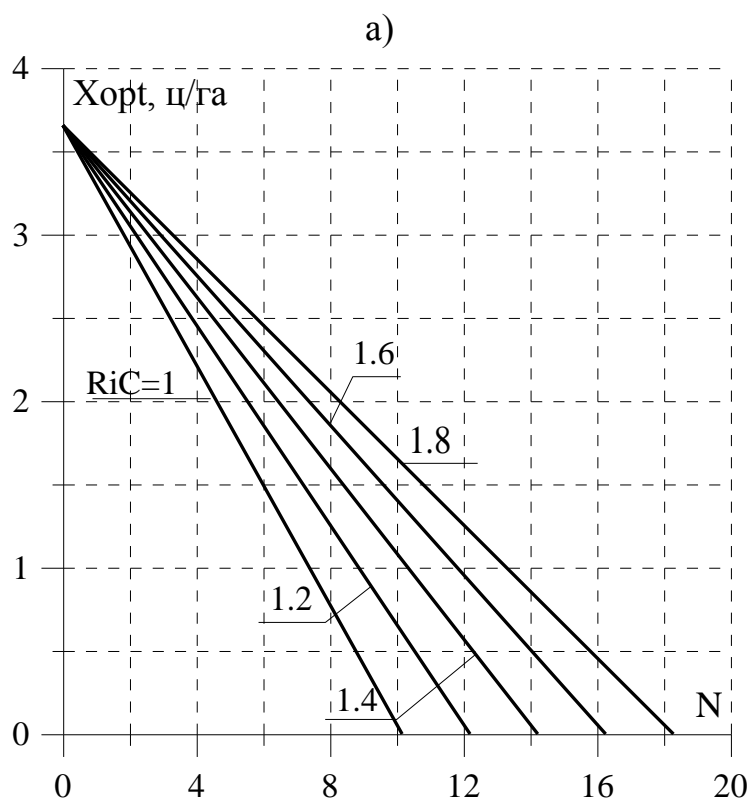
Додаток А. Продовження Рис.4. в). – чорноземи типові реградовані та вилугувані супіщані й легкосуглинкові; г). – чорноземи типові реградовані та вилугувані середньо- і важкосуглинкові.



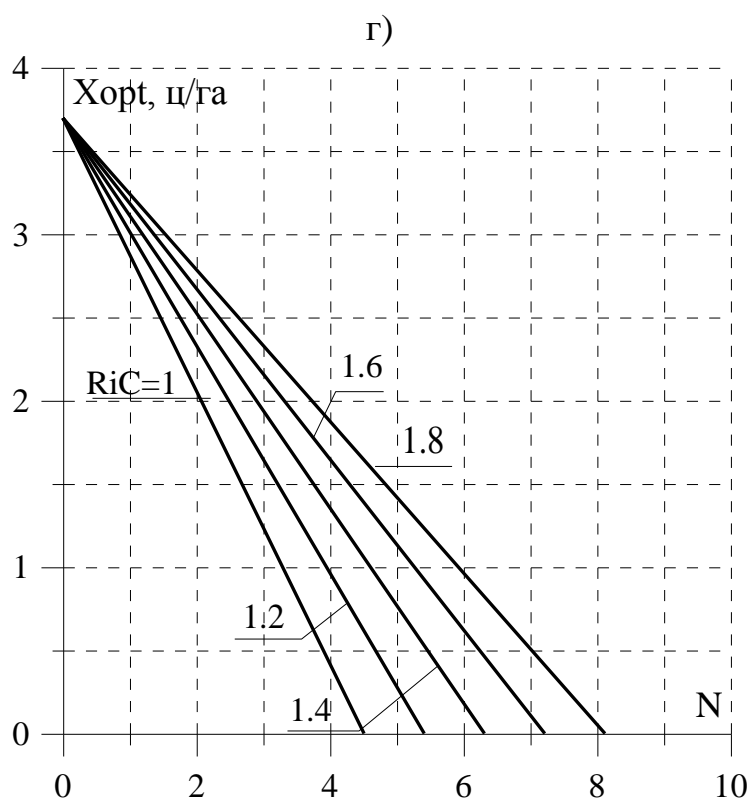
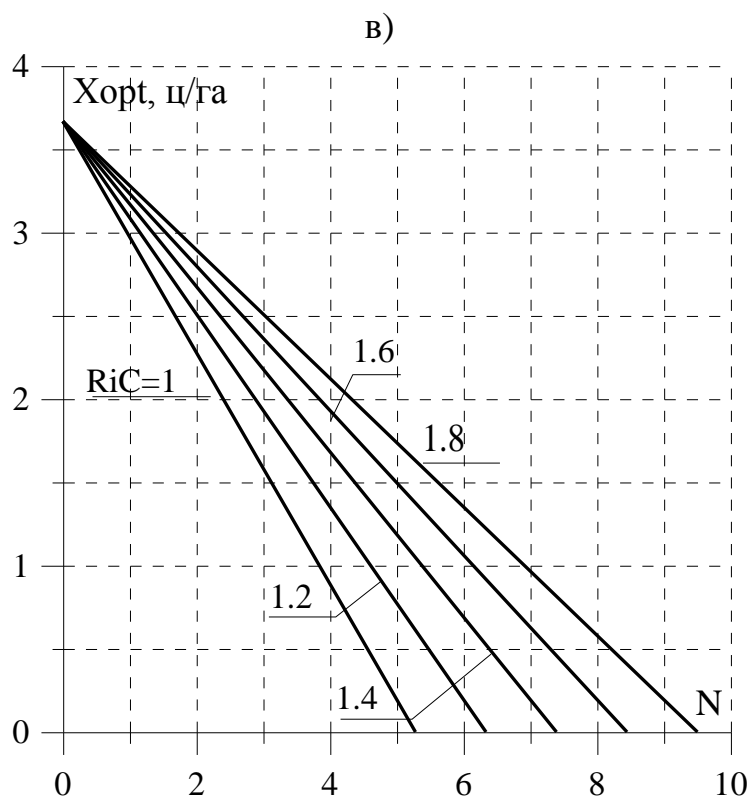
Додаток А. Рис.5. Залежність оптимальної норми добрив для буряку цукрового від рівня інтенсивності сорту та співвідношення цін на добрива та продукцію в умовах різних ґрунтів: а). – темно-сірі опідзолені та чорноземи опідзолені; б). – темно-сірі опідзолені та чорноземи опідзолені глейові;



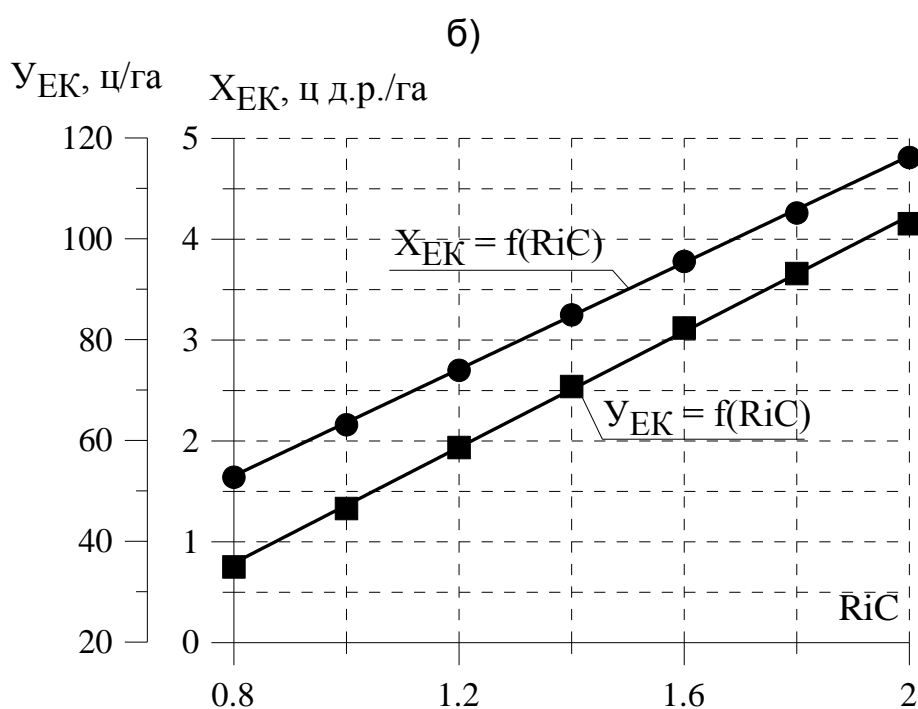
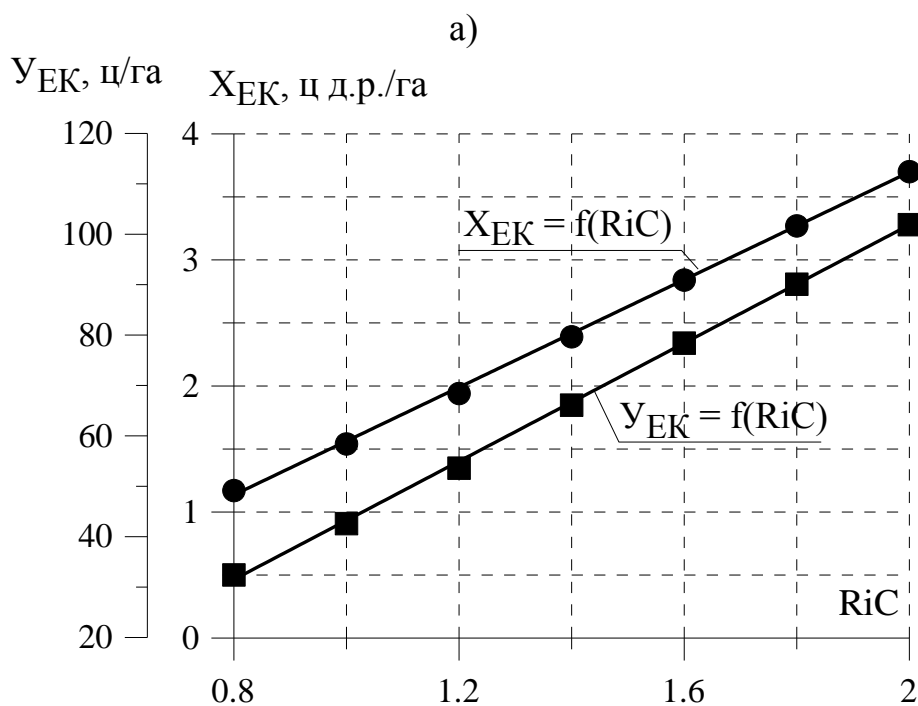
Додаток А. Продовження Рис.5. в). – чорноземи типові реградовані та вилугувані супіщані й легкосуглинкові; г). – чорноземи типові реградовані та вилугувані середньо- і важкосуглинкові.



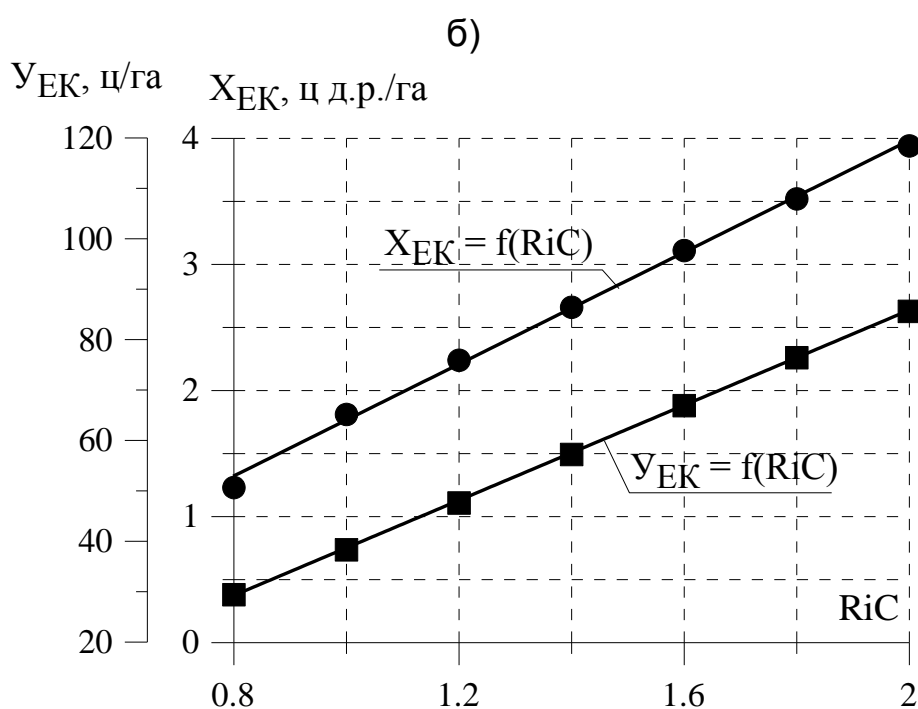
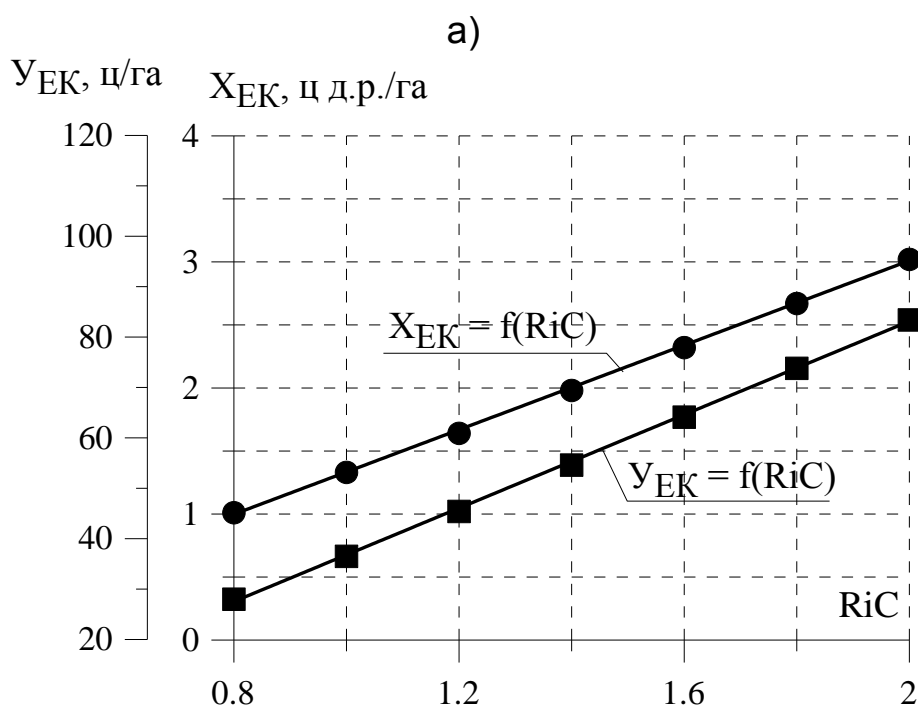
Додаток А. Рис.6. Залежність оптимальної норми добрив для гороху від рівня інтенсивності сорту та співвідношення цін на добрива та продукцію в умовах різних ґрунтів: а). – темно-сірі опідзолені та чорноземи опідзолені; б). –темно-сірі опідзолені та чорноземи опідзолені глейові;



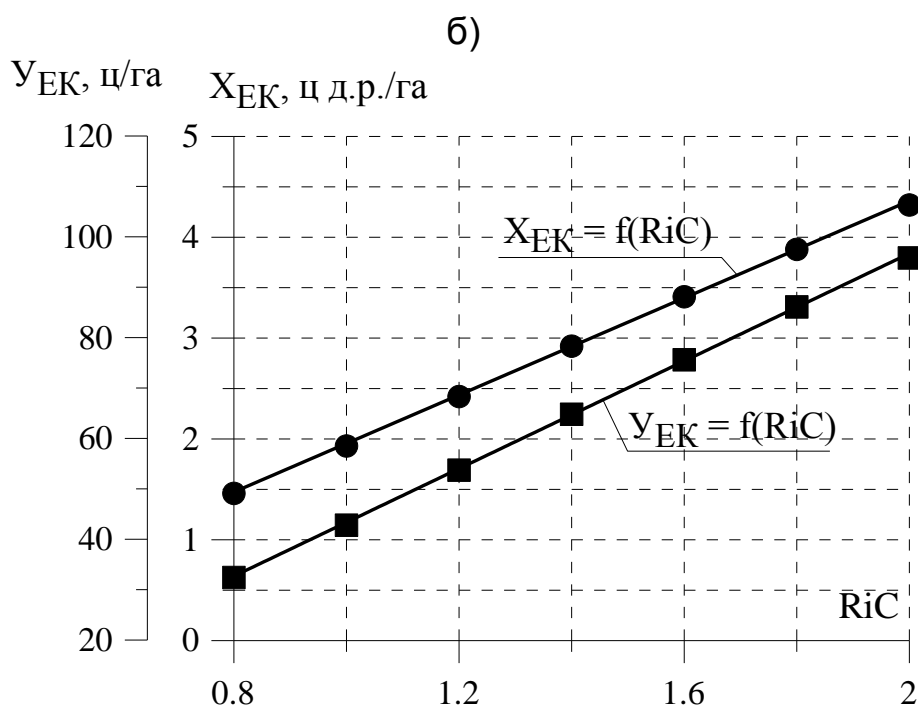
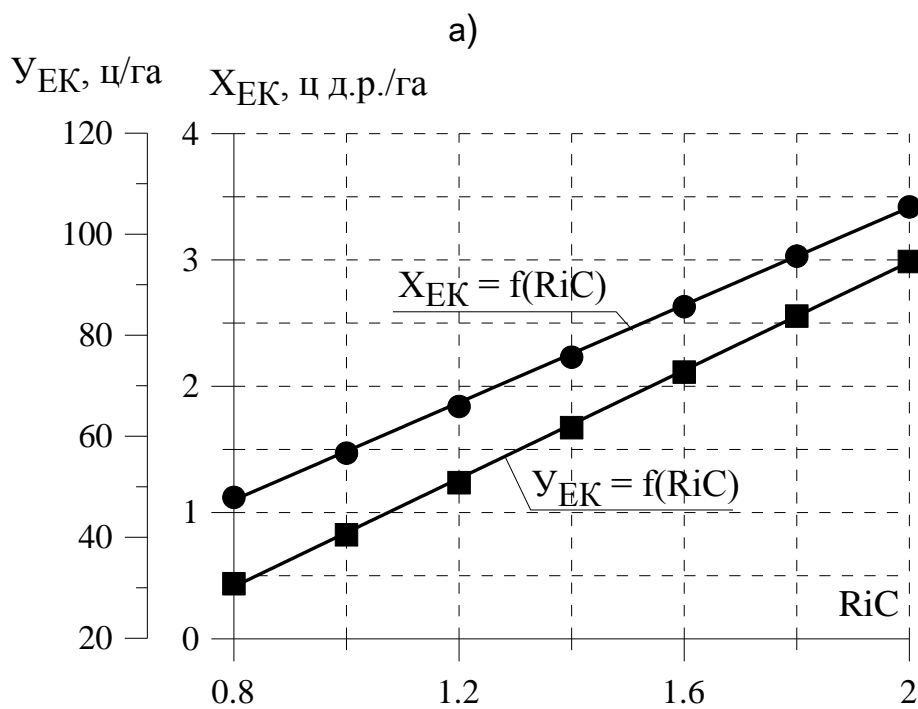
Додаток А. Продовження Рис.6. в). – чорноземи типові реградовані та вилугувані супіщані й легкосуглинкові; г). – чорноземи типові реградовані та вилугувані середньо- і важкосуглинкові.



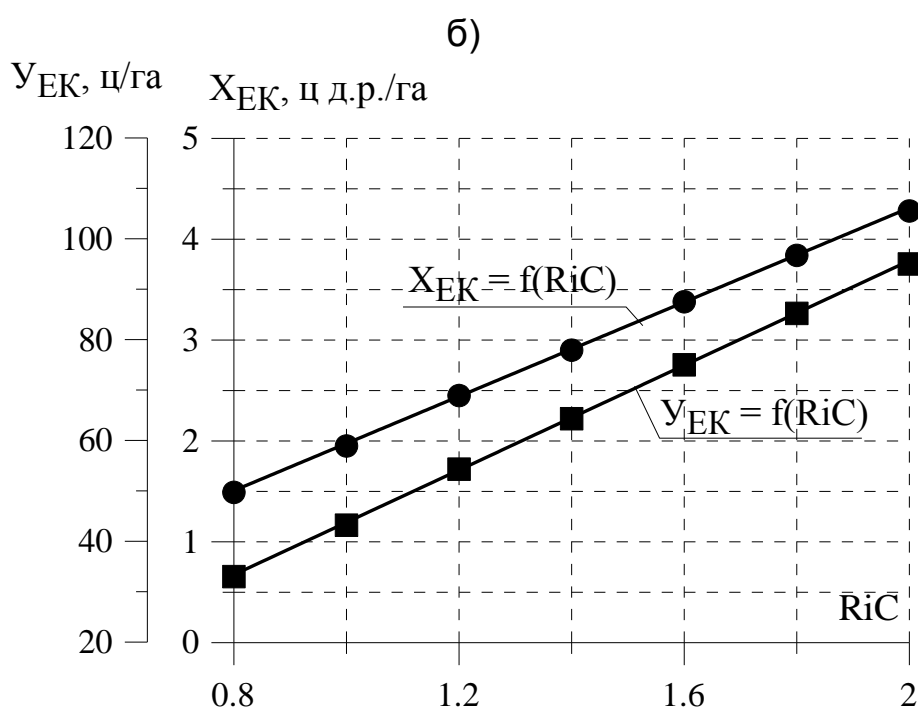
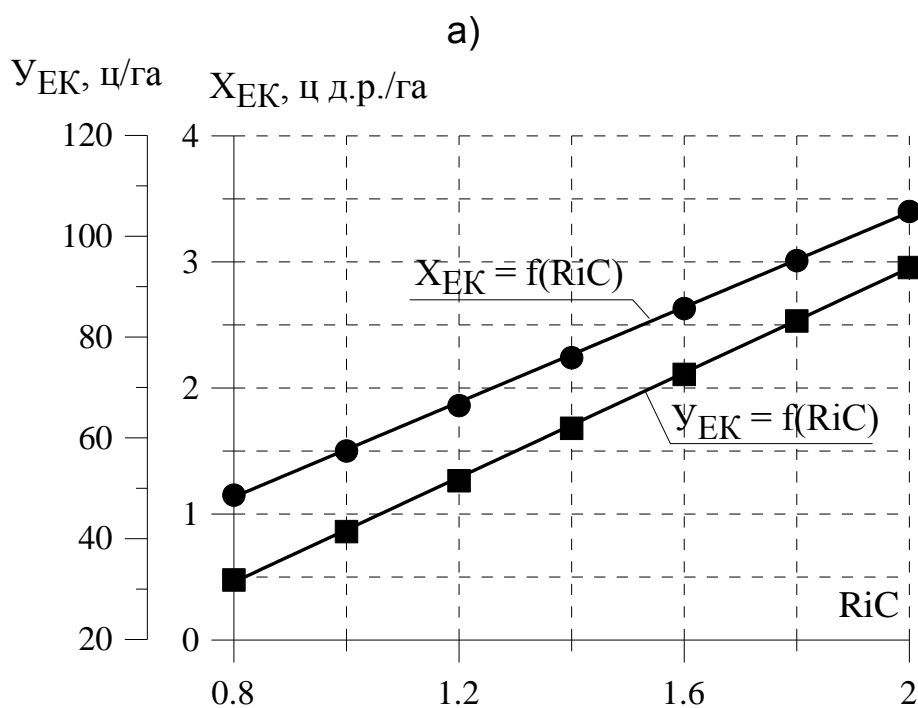
Додаток Б. Рис. 1. Залежність еквівалентної норми добрив та відповідної урожайності пшениці озимої від рівня інтенсивності сорту для темно-сірих опідзолених ґрунтів та чорноземів опідзолених:
а). при загортанні соломи в ґрунт; б). при відчуженні соломи



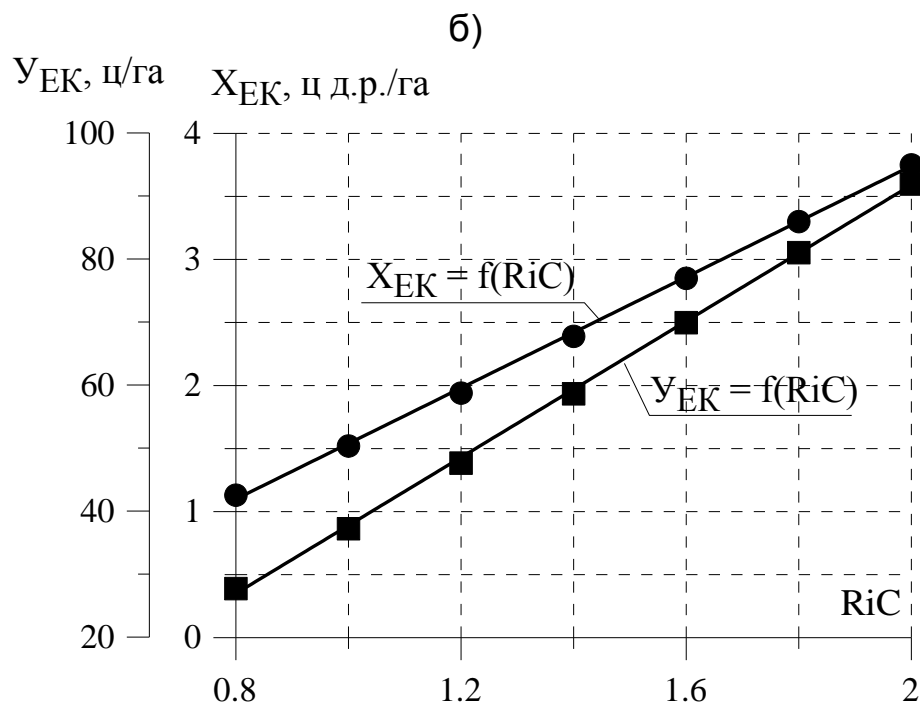
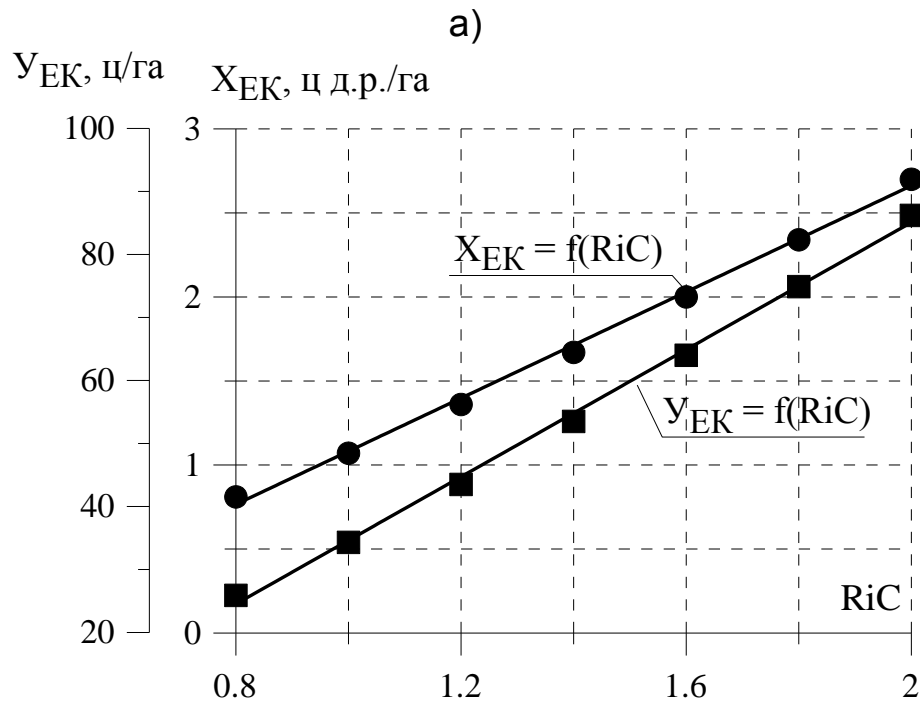
Додаток Б. Рис. 2. Залежність еквівалентної норми добрив та відповідної урожайності пшениці озимої від рівня інтенсивності сорту для темно-сірих опідзолених ґрунтів та чорноземів опідзолених глейових: а). при загортанні соломи в ґрунт; б). при відчуженні соломи



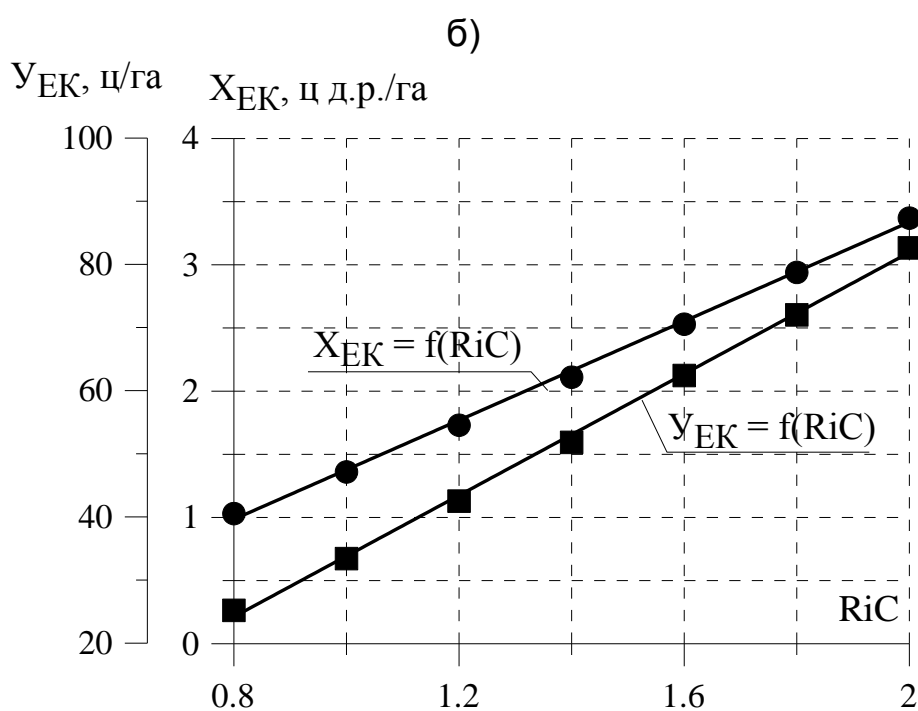
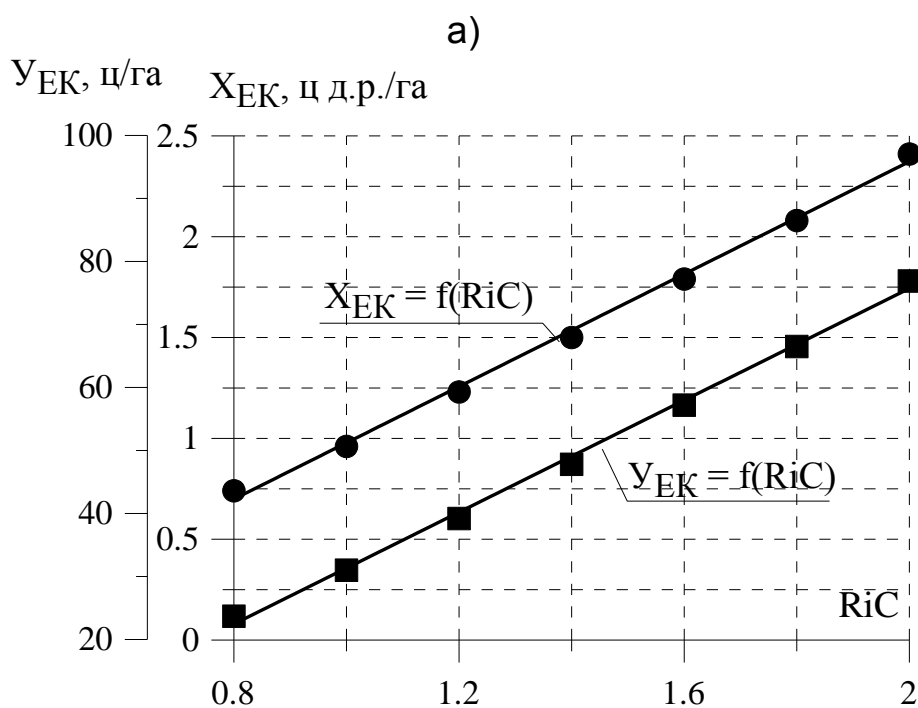
Додаток Б. Рис. 3. Залежність еквівалентної норми добрив та відповідної урожайності пшениці озимої від рівня інтенсивності сорту для чорноземів типових реградованих та вилугуваних супіщаних й легкосуглинкових: а). при загортанні соломи в ґрунт; б). при відчуженні соломи



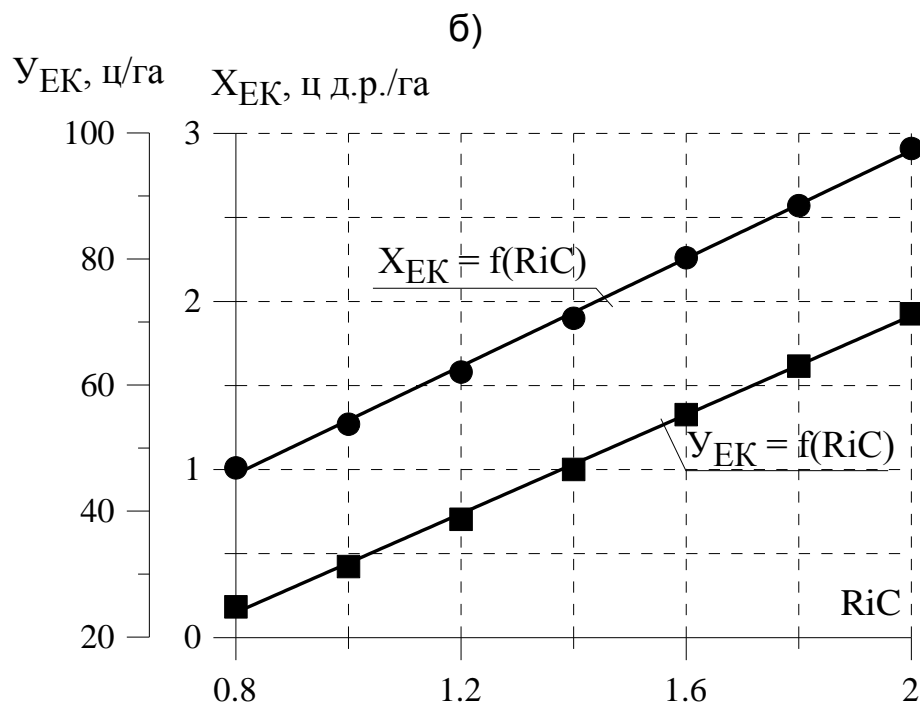
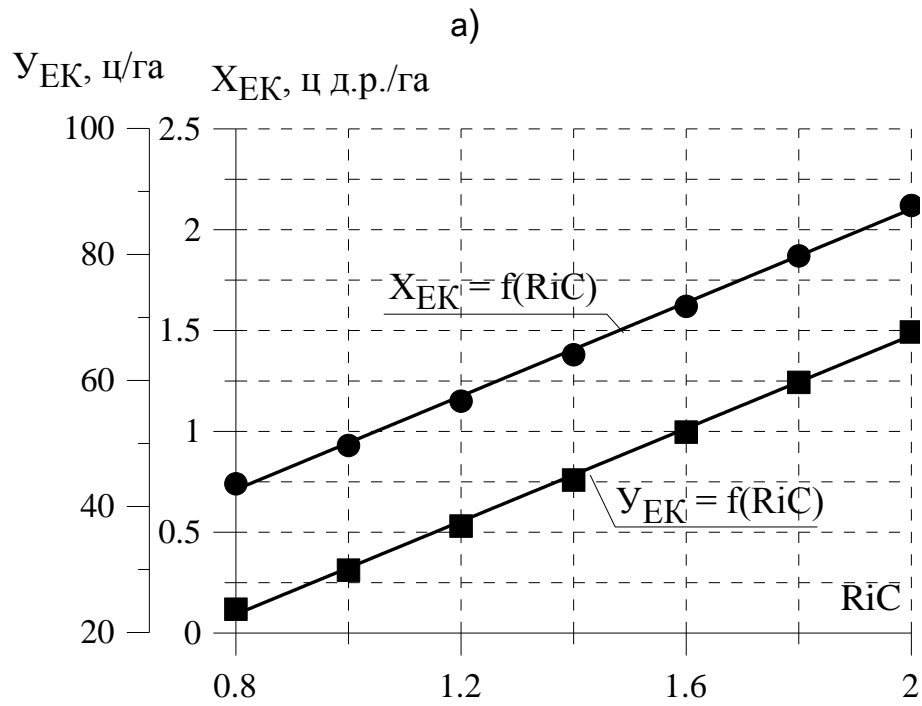
Додаток Б. Рис.4. Залежність еквівалентної норми добрив та відповідної урожайності пшениці озимої від рівня інтенсивності сорту для чорноземів типових реградованих та вилугуваних середньо- і важко суглинкових: а). при загортанні соломи в ґрунт; б). при відчуженні соломи



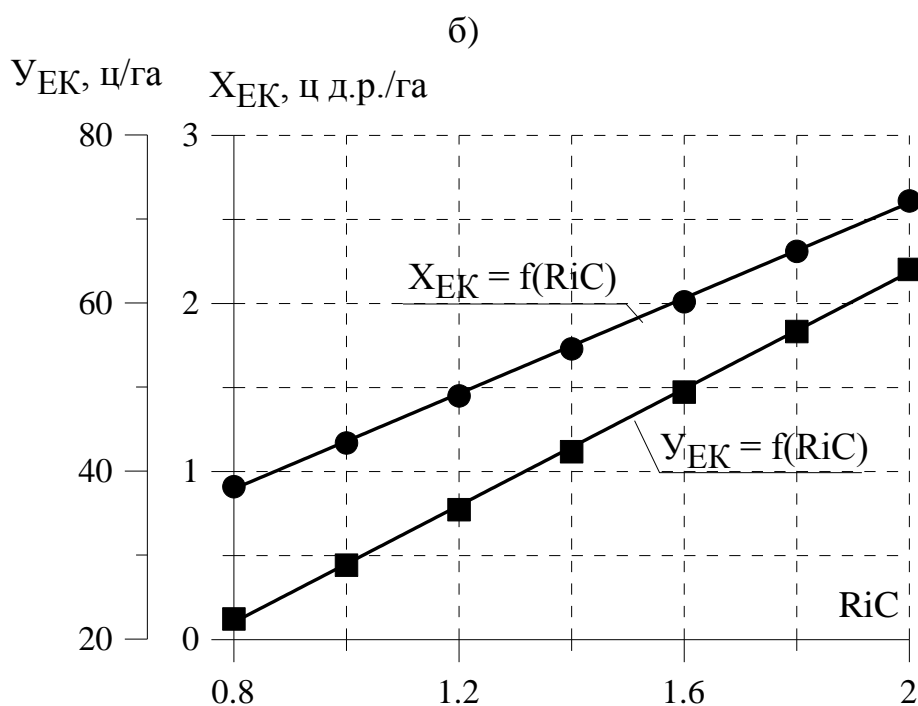
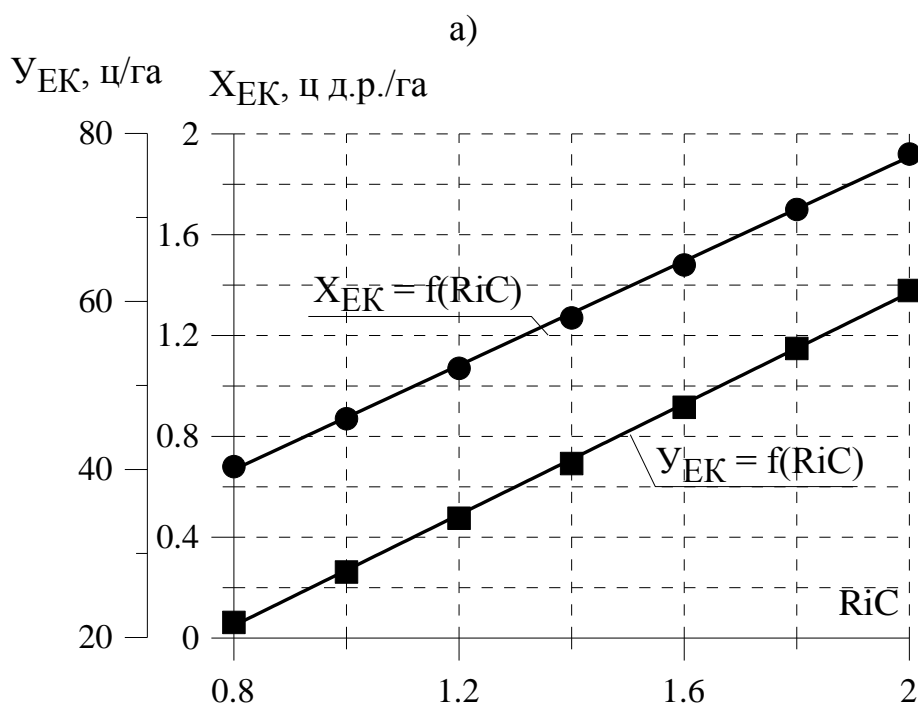
Додаток Б. Рис.5. Залежність еквівалентної норми добрив та відповідної урожайності ячменю ярого від рівня інтенсивності сорту для темно-сірих опідзолених ґрунтів та чорноземів опідзолених:
а). при загортанні соломи в ґрунт; б). при відчуженні соломи



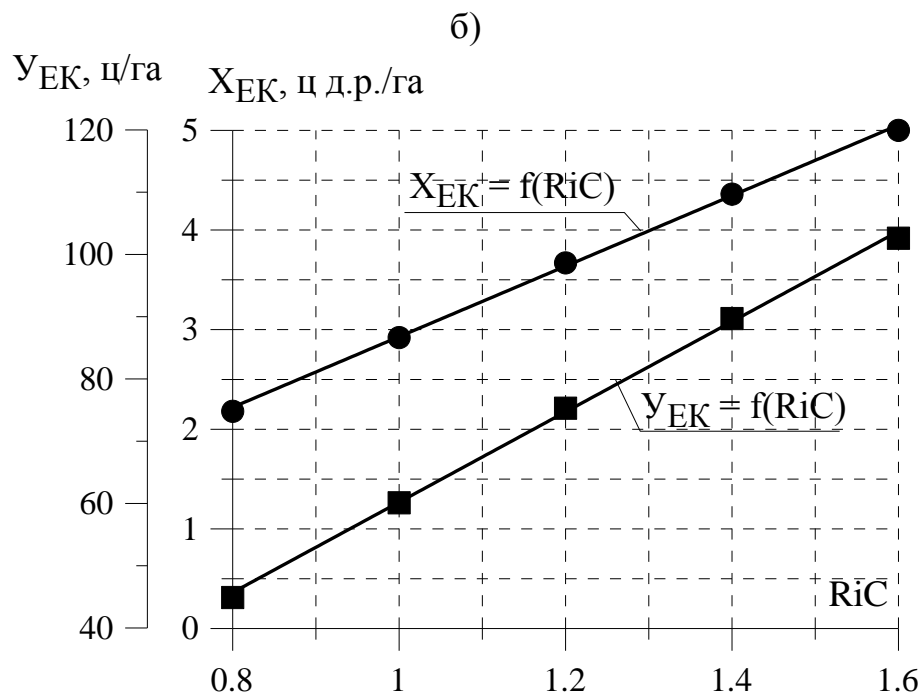
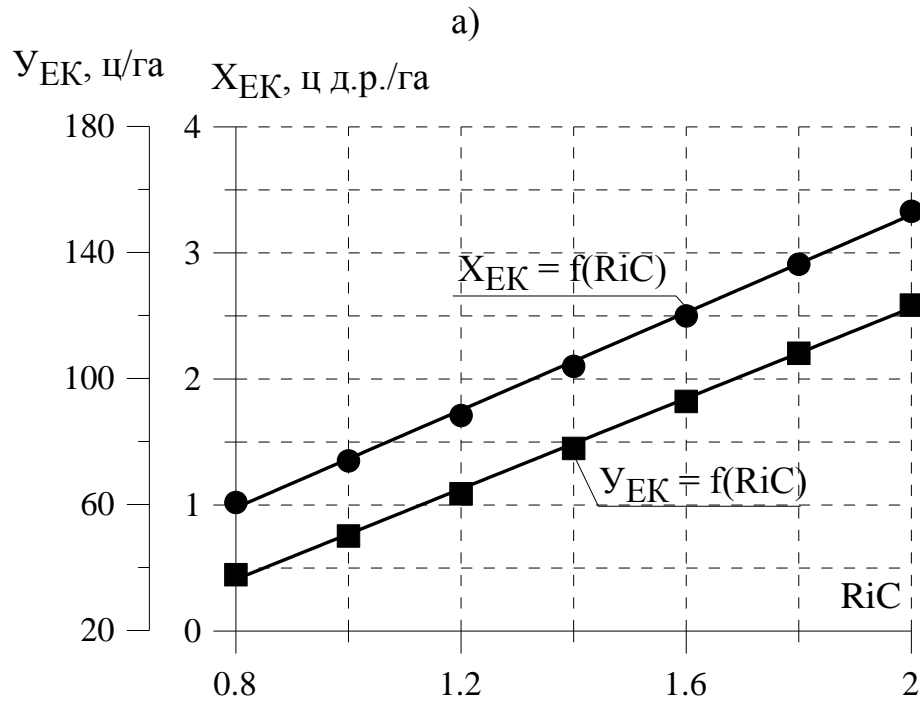
Додаток Б. Рис. 6. Залежність еквівалентної норми добрив та відповідної урожайності ячменю ярого від рівня інтенсивності сорту для темно-сірих опідзолених ґрунтів та чорноземів опідзолених глейових: а). при загортанні соломи в ґрунт; б). при відчуженні соломи



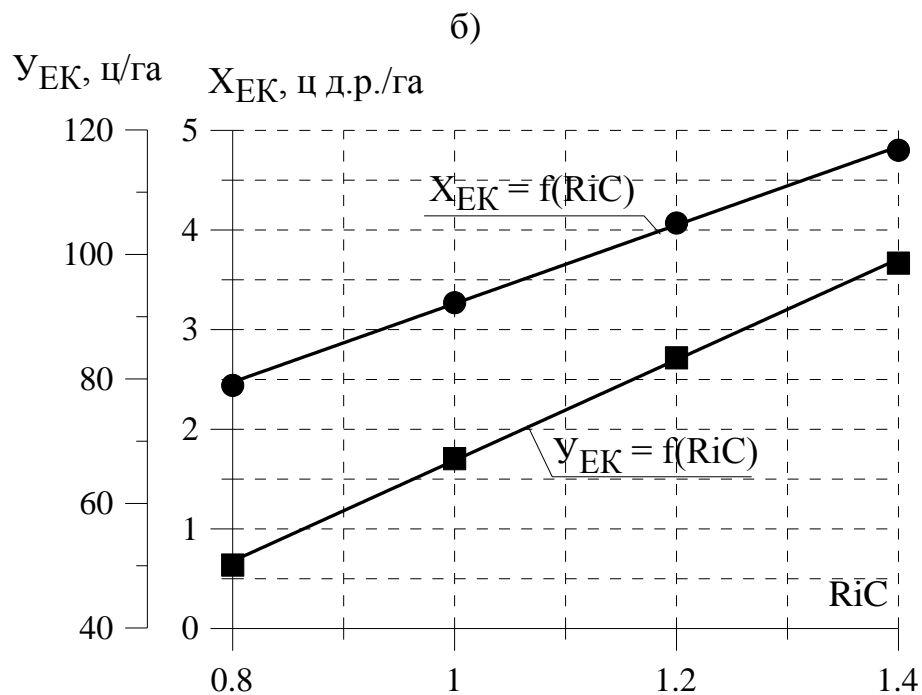
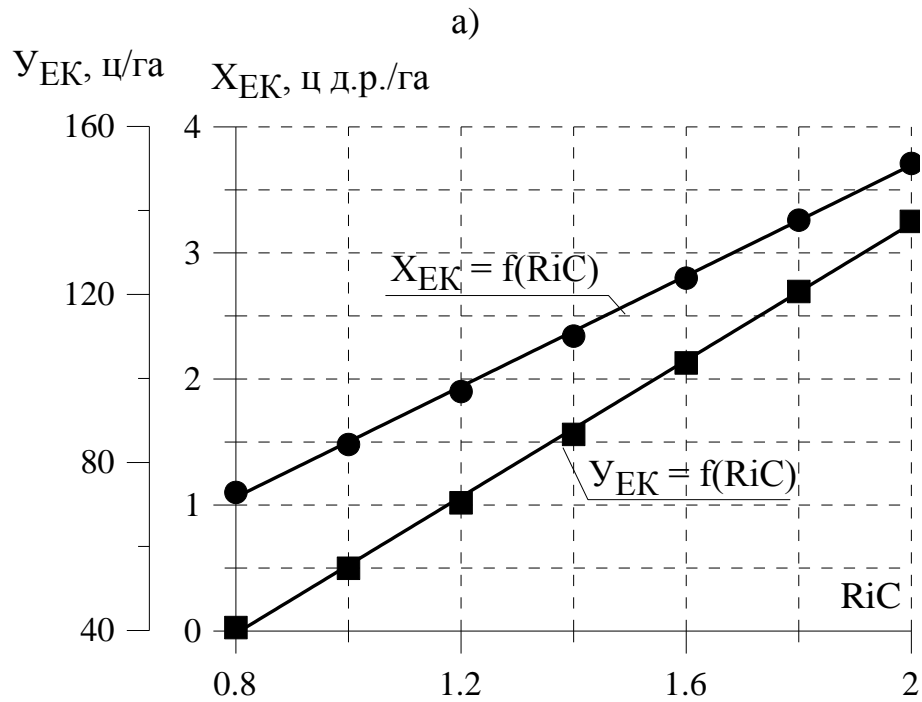
Додаток Б. Рис. 7. Залежність еквівалентної норми добрив та відповідної урожайності ячменю ярого від рівня інтенсивності сорту для чорноземів типових реградованих та вилугуваних супіщаних й легкосуглинкових: а). при загортанні соломи в ґрунт; б). при відчуженні соломи



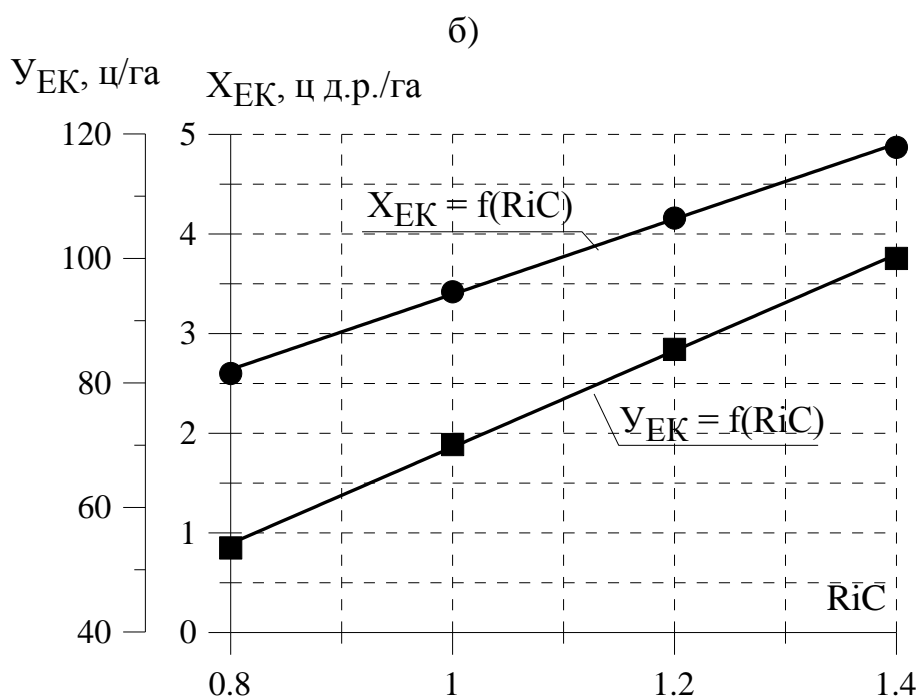
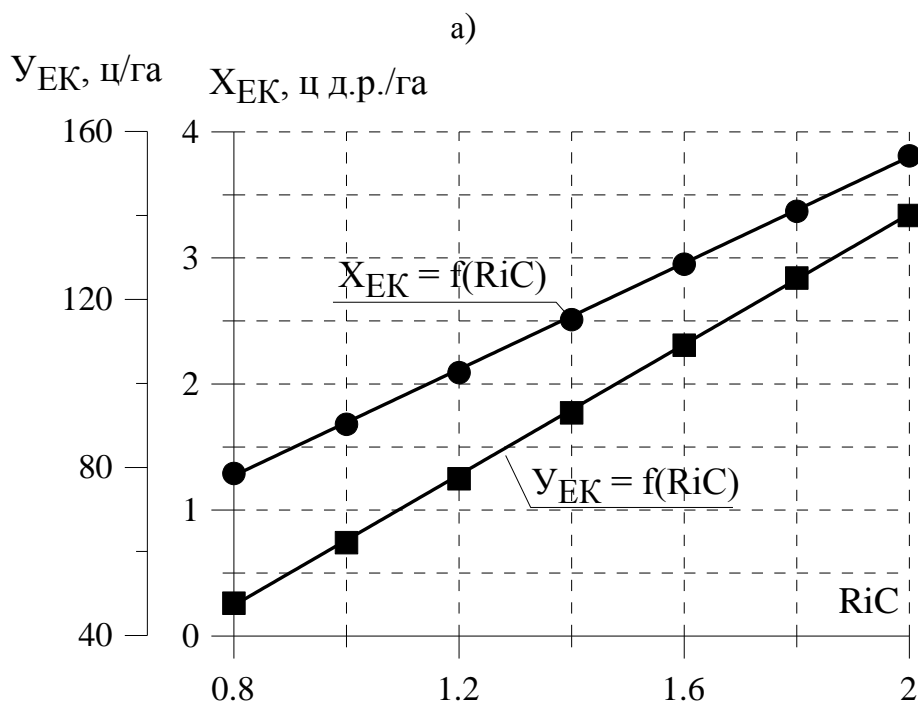
Додаток Б. Рис.8. Залежність еквівалентної норми добрив та відповідної урожайності ячменю ярого від рівня інтенсивності сорту для чорноземів типових реградованих та вилугуваних середньо- і важко суглинкових: а). при загортанні соломи в ґрунт; б). при відчуженні соломи



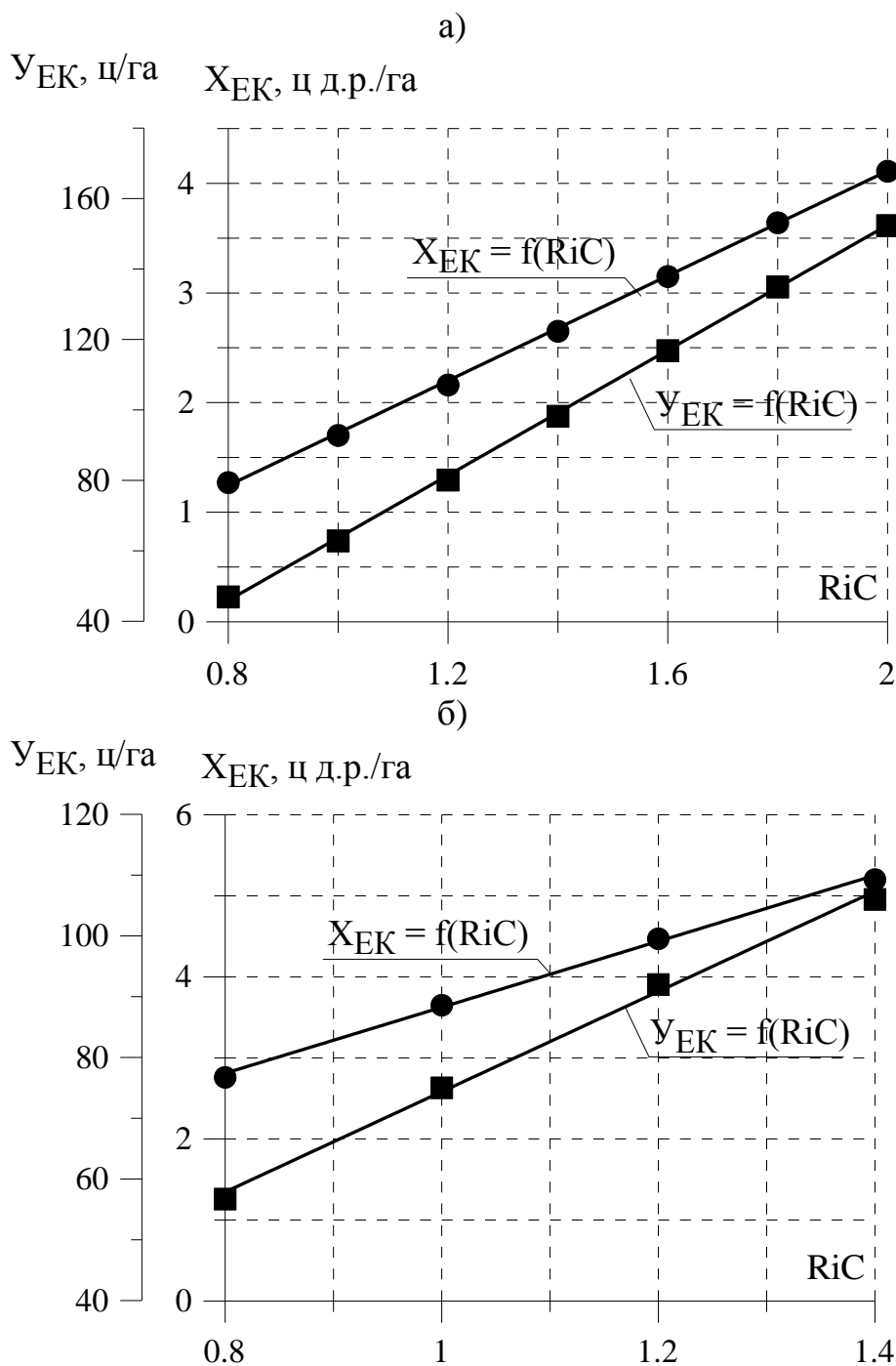
Додаток Б. Рис.9. Залежність еквівалентної норми добрив та відповідної урожайності кукурудзи на зерно від рівня інтенсивності сорту для темно-сірих опідзолених ґрунтів та чорноземів опідзолених: а).при загортанні листостеблової маси в ґрунт; б). при відчуженні листостеблової маси



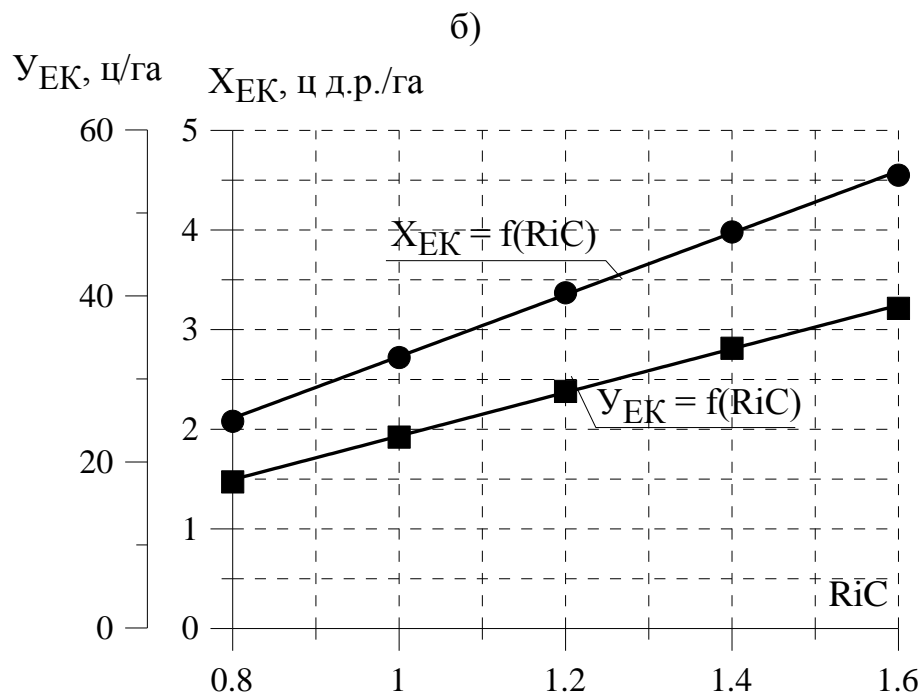
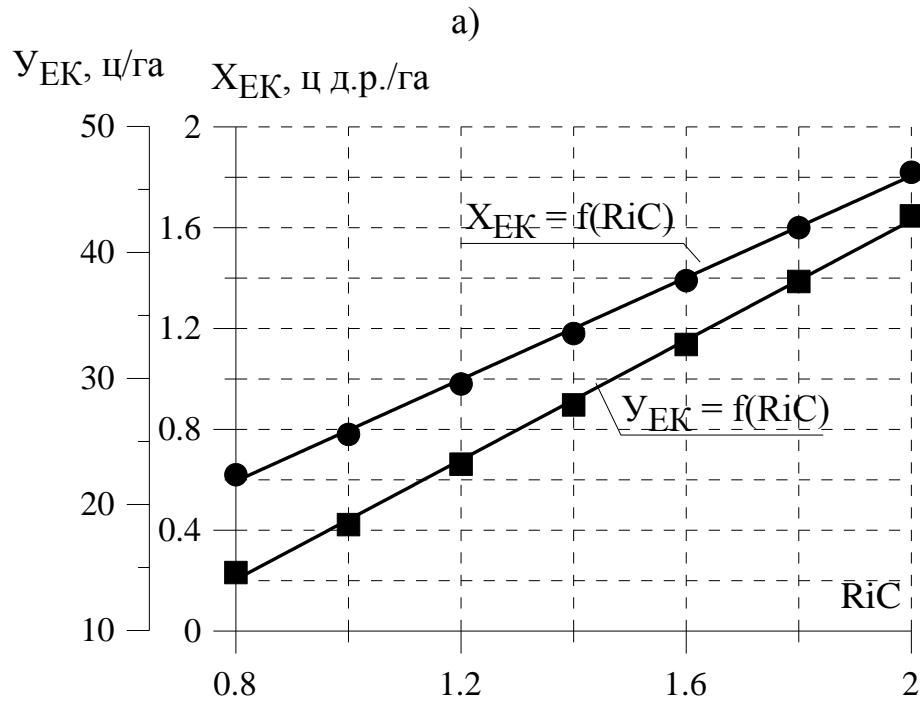
Додаток Б. Рис. 10. Залежність еквівалентної норми добрив та відповідної урожайності кукурудзи на зерно від рівня інтенсивності сорту для темно-сірих опідзолених ґрунтів та чорноземів опідзолених глейових: а). при загортанні листостеблової маси в ґрунт; б). при відчуженні листостеблової маси



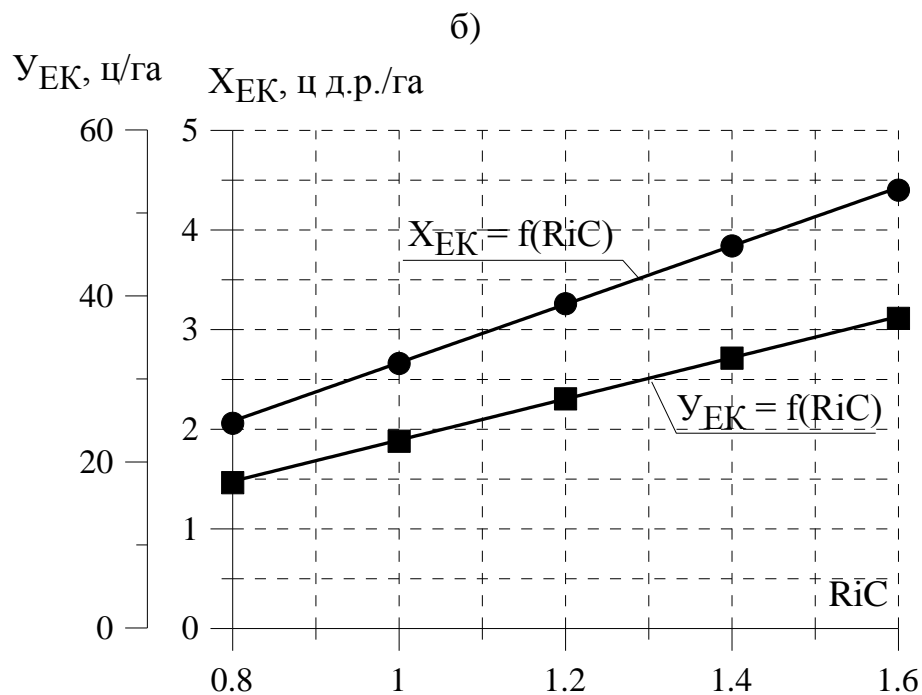
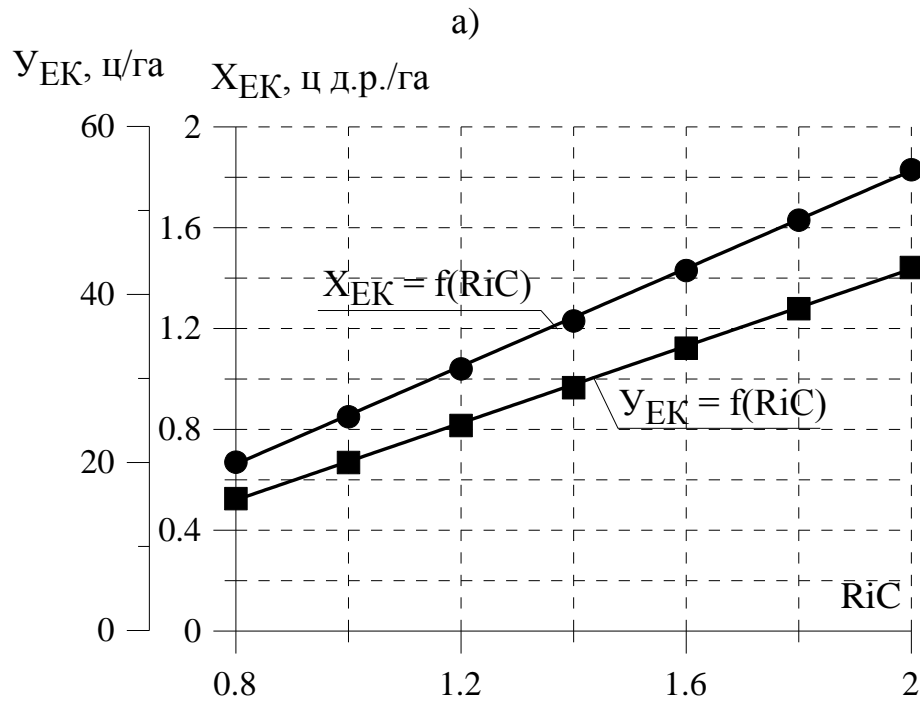
Додаток Б. Рис. 11. Залежність еквівалентної норми добрив та відповідної урожайності кукурудзи на зерно від рівня інтенсивності сорту для чорноземів типових реградованих та вилугуваних супіщаних й легкосуглинкових: а). при загортанні листостеблової маси в ґрунт; б). при відчуженні листостеблової маси



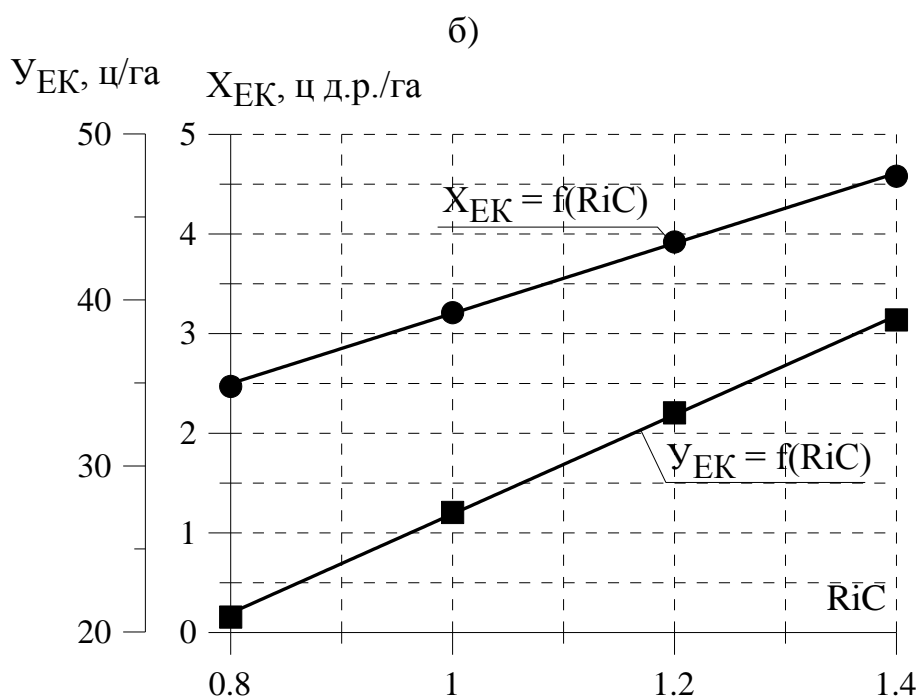
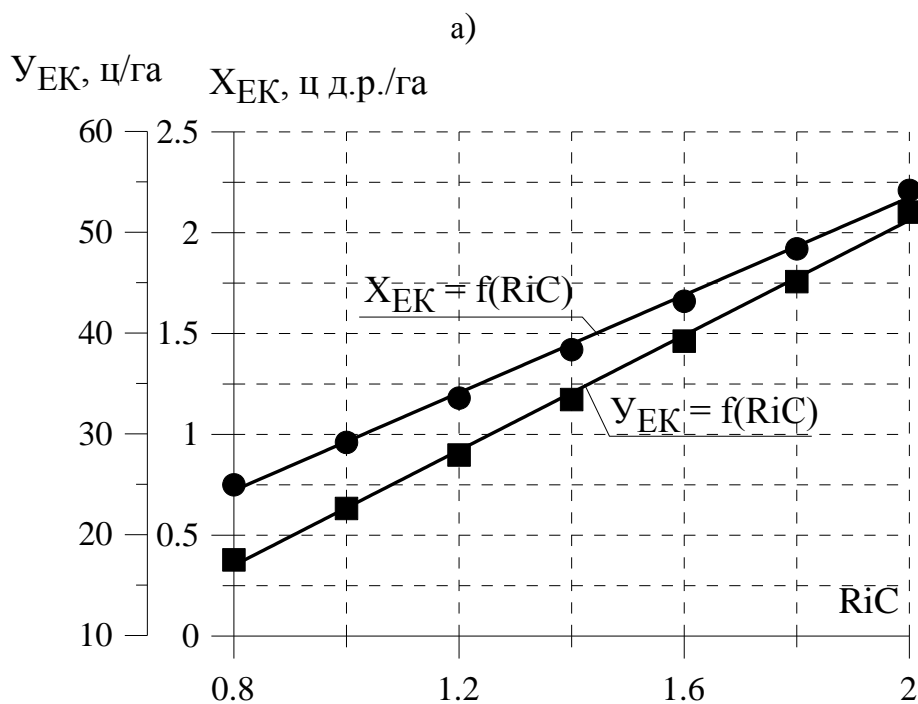
Додаток Б. Рис.12. Залежність еквівалентної норми добрив та відповідної урожайності кукурудзи на зерно від рівня інтенсивності сорту для чорноземів типових реградованих та вилугуваних середньо- і важко суглинкових: а). при загортанні листостеблової маси в ґрунт; б). при відчуженні листостеблової маси



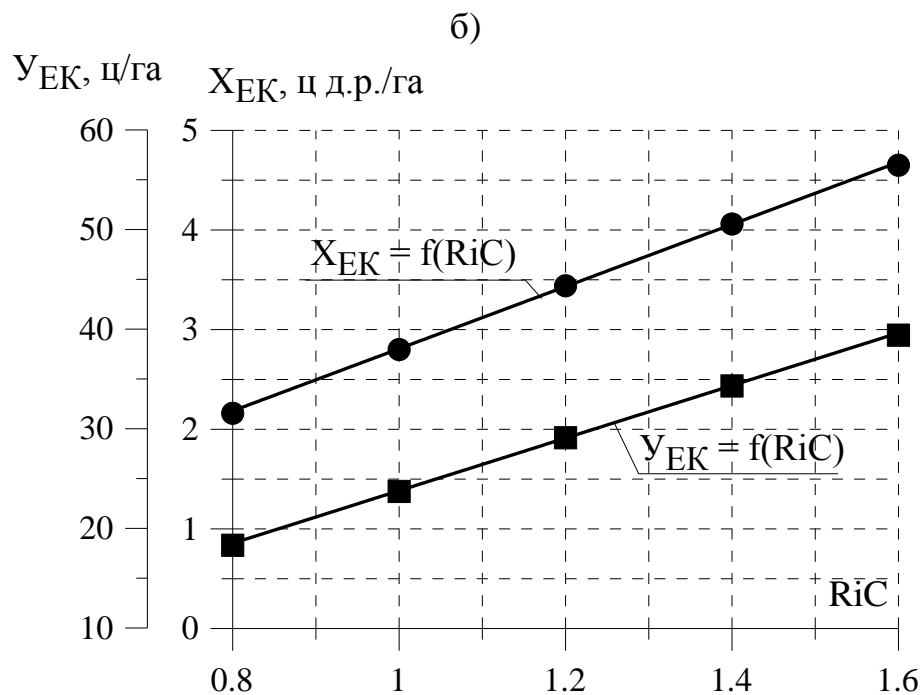
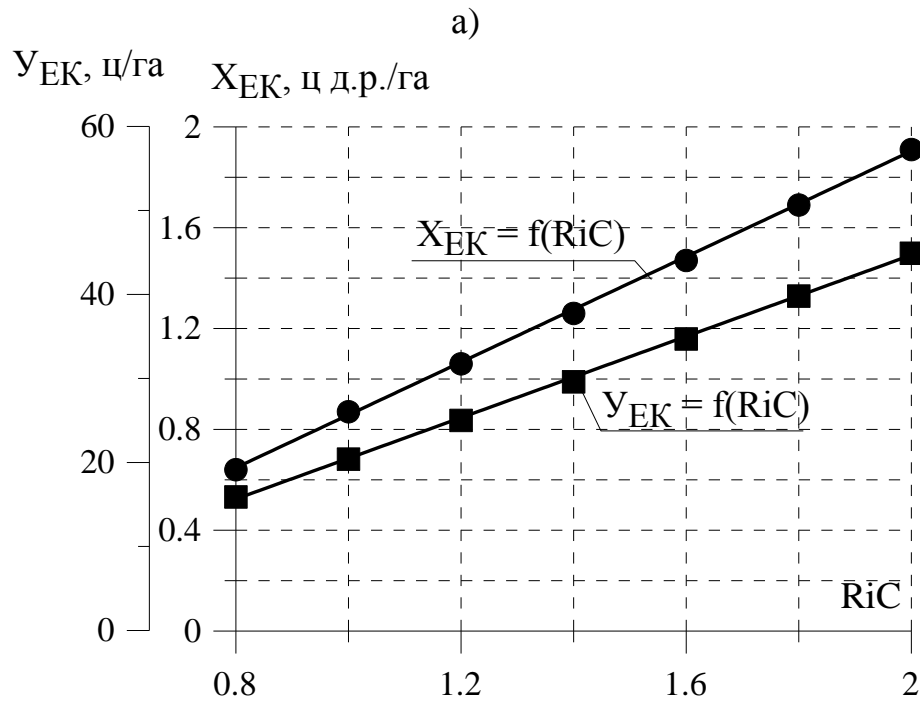
Додаток Б. Рис.13. Залежність еквівалентної норми добрив та відповідної урожайності соняшнику від рівня інтенсивності сорту для темно-сірих опідзолених ґрунтів та чорноземів опідзолених: а).при загортанні листостеблової маси в ґрунт; б). при відчуженні листостеблової маси



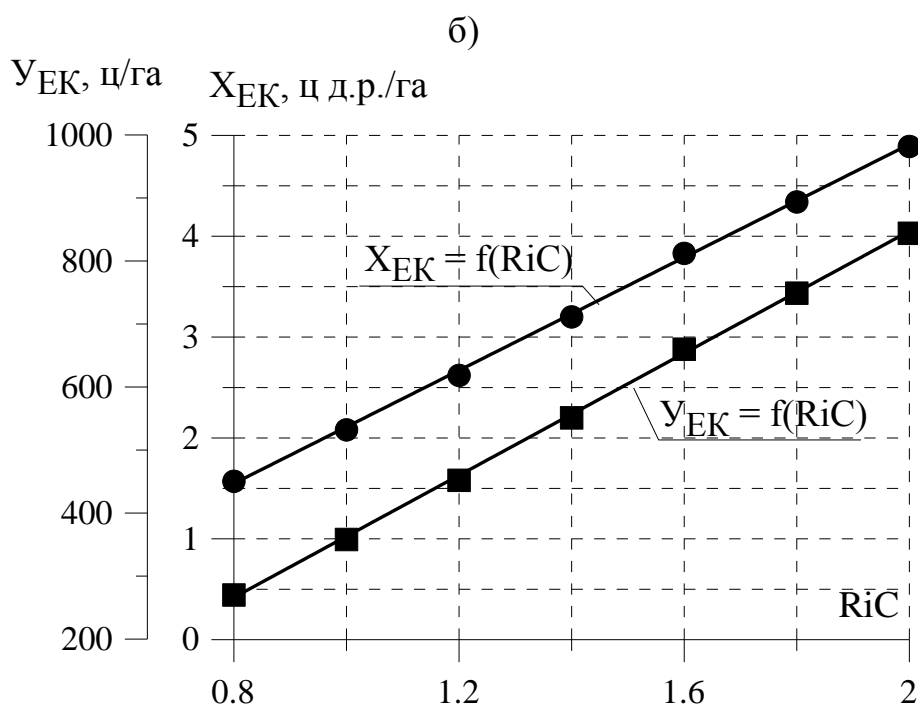
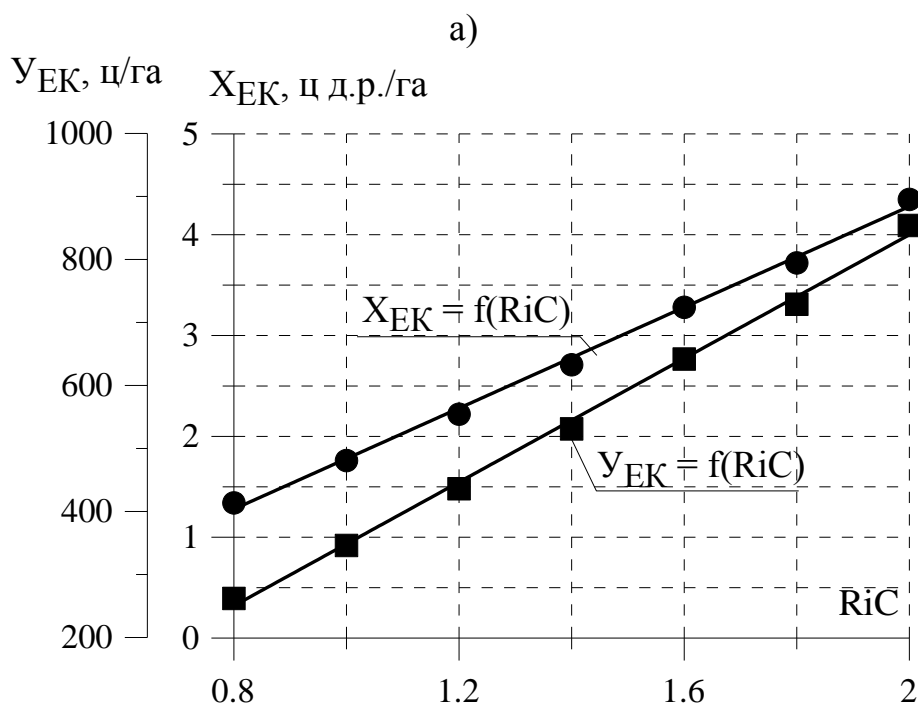
Додаток Б. Рис. 14. Залежність еквівалентної норми добрив та відповідної урожайності соняшнику від рівня інтенсивності сорту для темно-сірих опідзолених ґрунтів та чорноземів опідзолених глейових : а). при загортанні листостеблової маси в ґрунт; б). при відчуженні листостеблової маси



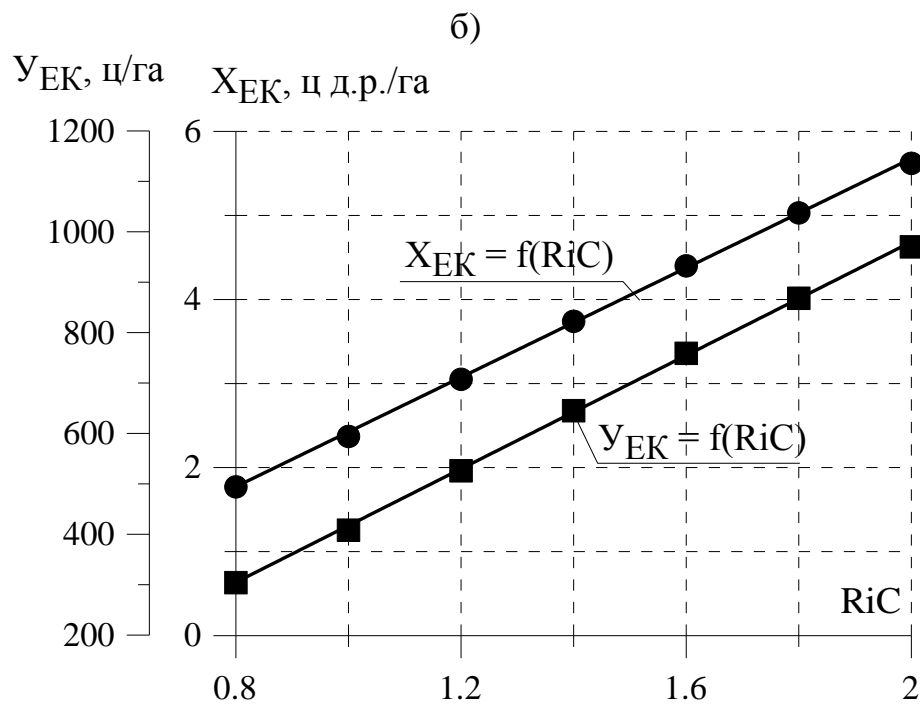
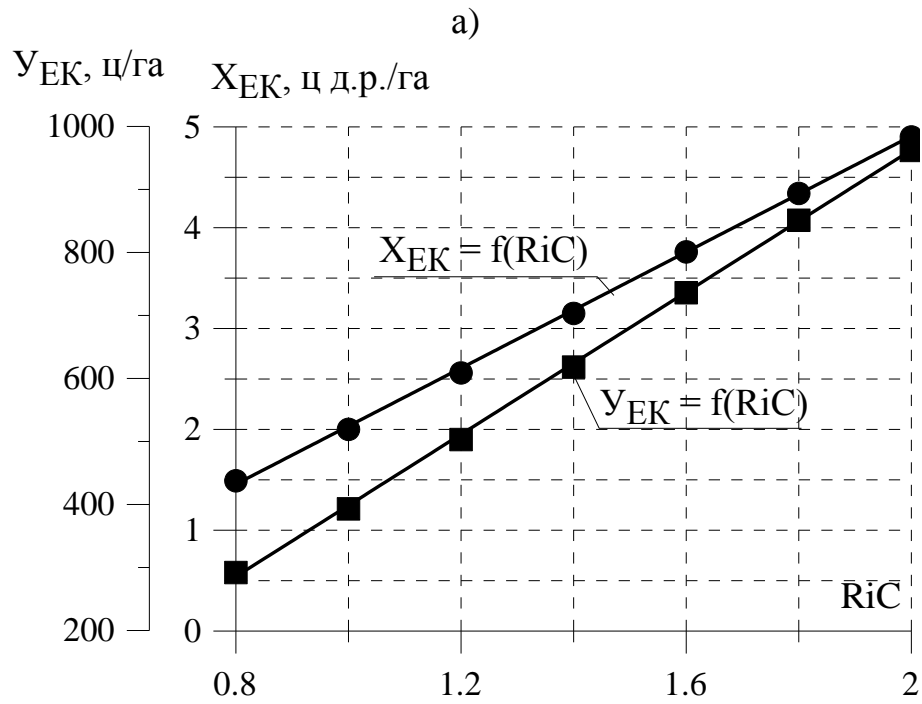
Додаток Б. Рис. 15. Залежність еквівалентної норми добрив та відповідної урожайності соняшнику від рівня інтенсивності сорту для чорноземів типових реградованих та вилугуваних супіщаних й легкосуглинкових: а). при загортанні листостеблової маси в ґрунт; б). при відчуженні листостеблової маси



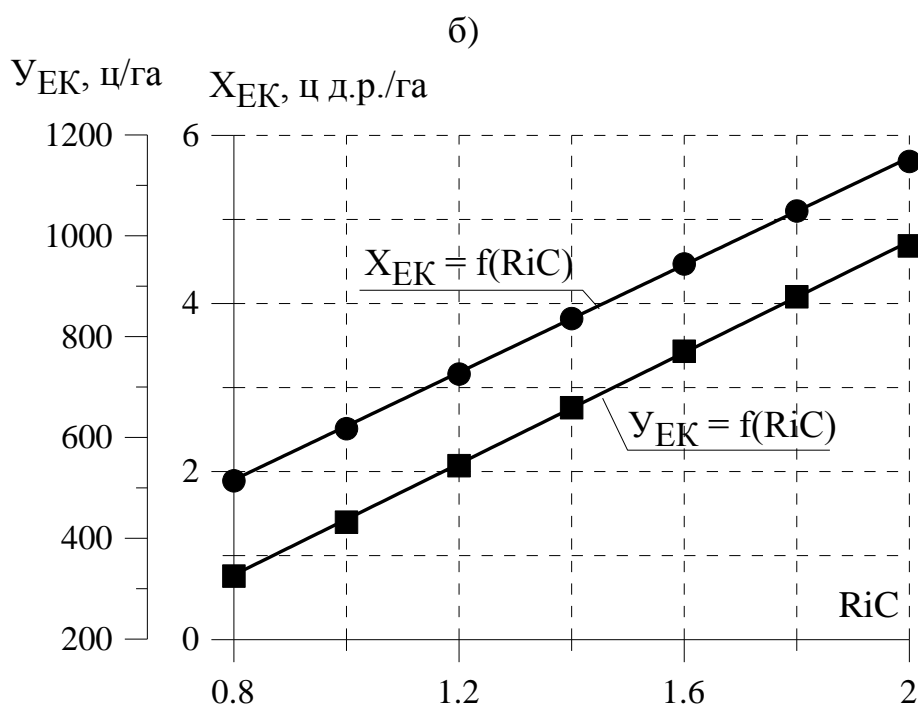
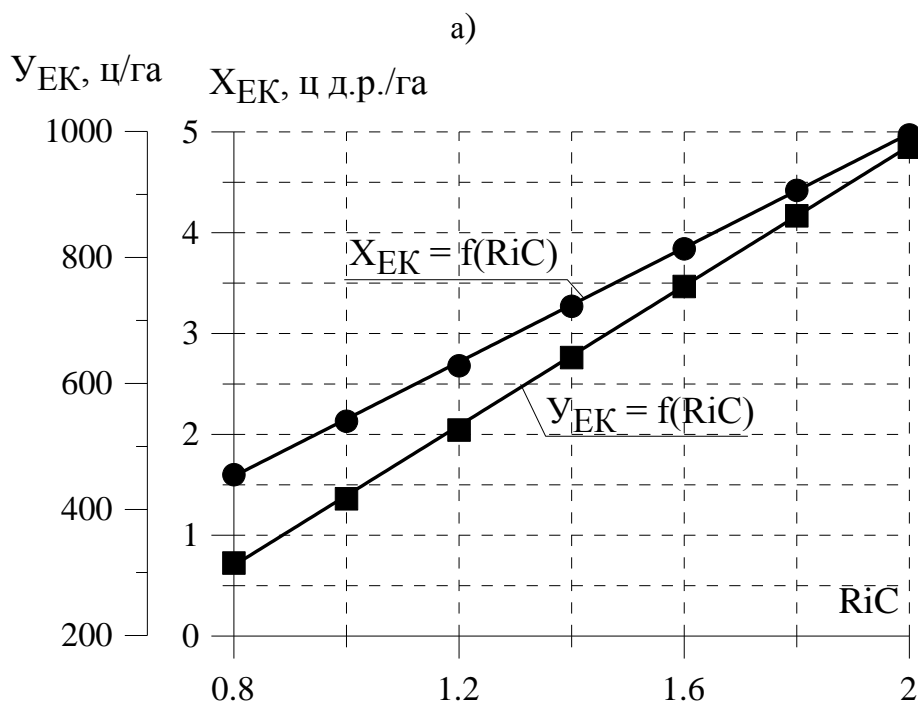
Додаток Б. Рис.16. Залежність еквівалентної норми добрив та відповідної урожайності соняшнику від рівня інтенсивності сорту для чорноземів типових реградованих та вилугуваних середньо- і важко суглинкових: а). при загортанні листостеблової маси в ґрунт; б). при відчуженні листостеблової маси



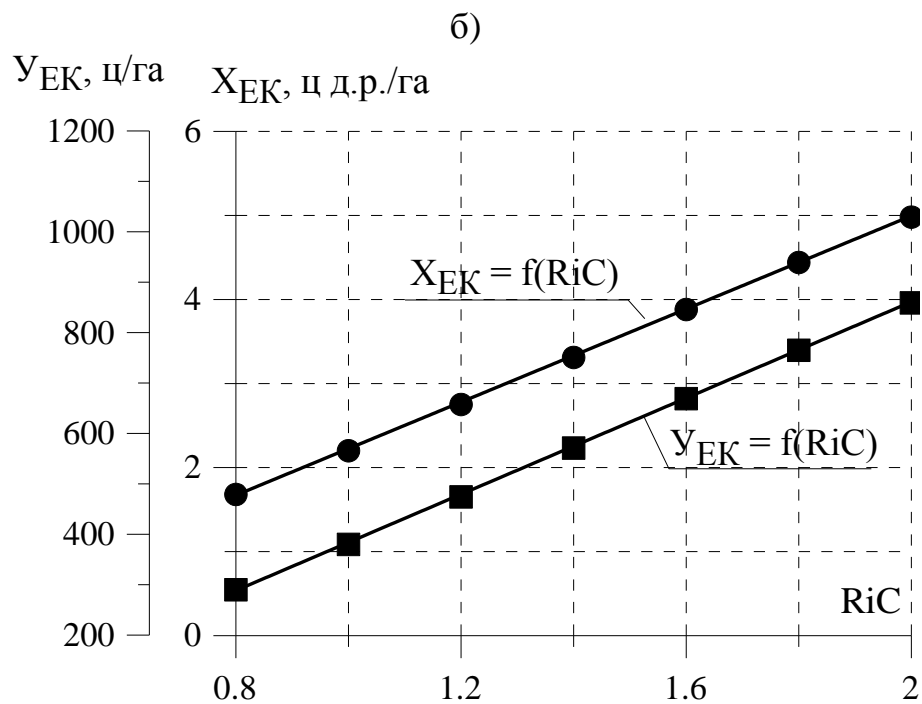
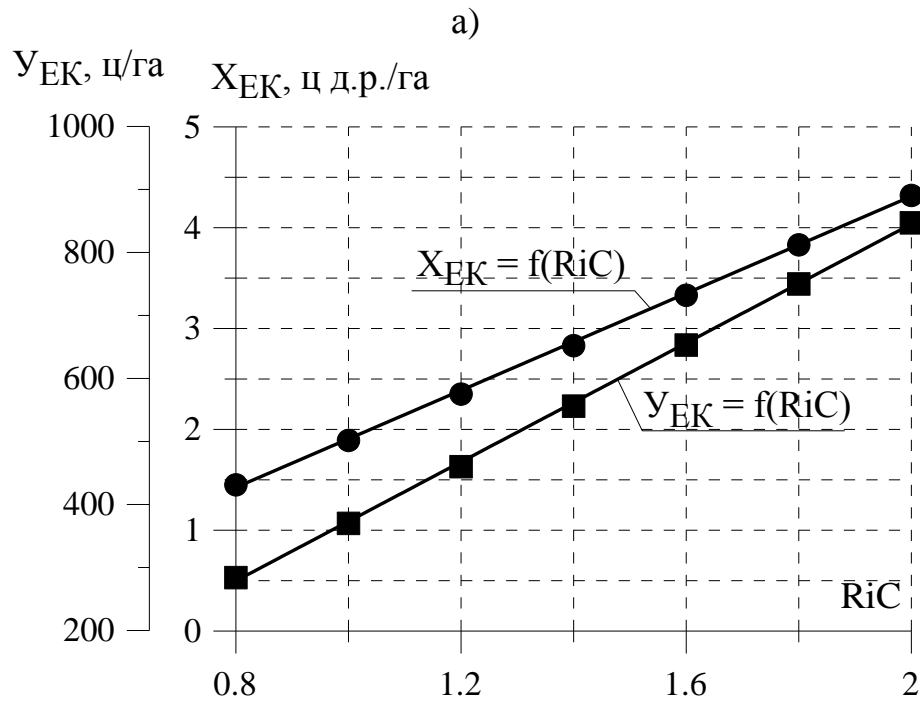
Додаток Б. Рис.17. Залежність еквівалентної норми добрив та відповідної урожайності буряку цукрового від рівня інтенсивності сорту для темно-сірих опідзолених ґрунтів та чорноземів опідзолених:
а). при загортанні гички в ґрунт; б). при відчуженні гички



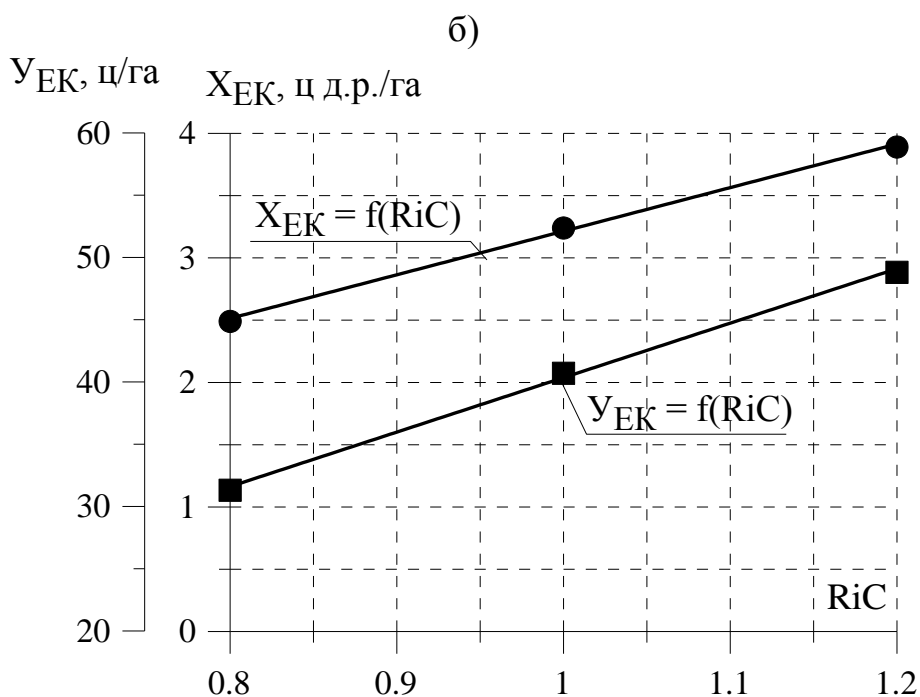
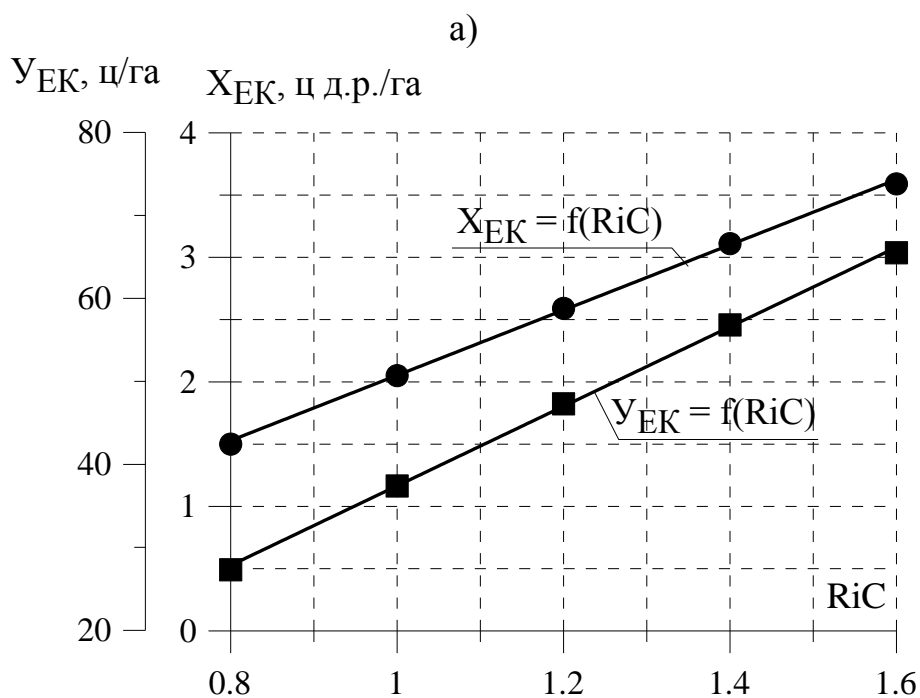
Додаток Б. Рис. 18. Залежність еквівалентної норми добрив та відповідної урожайності буряку цукрового від рівня інтенсивності сорту для темно-сірих опідзолених ґрунтів та чорноземів опідзолених глейових: а). при загортанні гички в ґрунт; б). при відчуженні гички



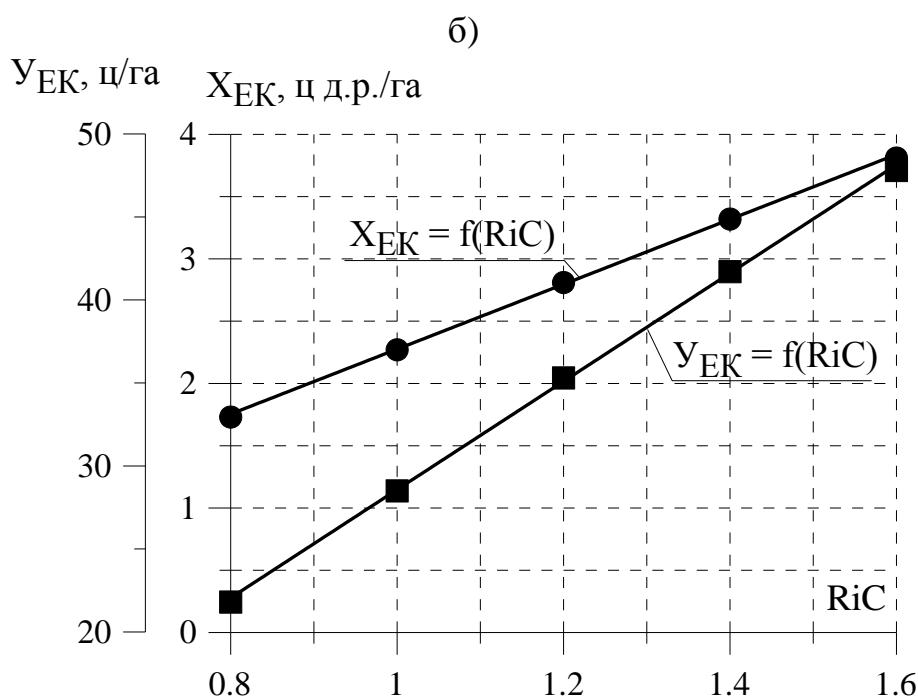
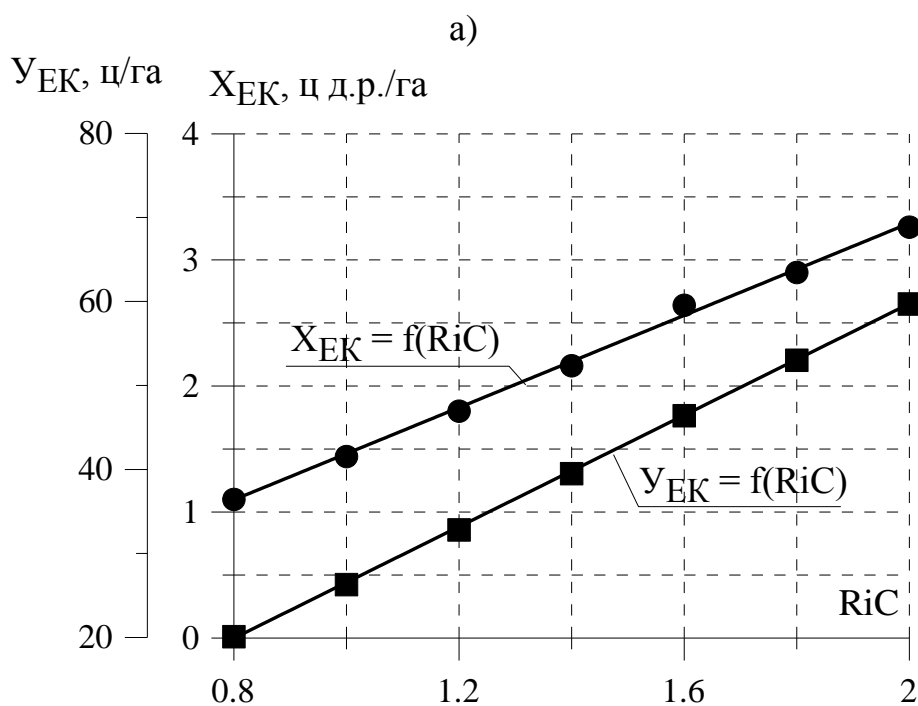
Додаток Б. Рис. 19. Залежність еквівалентної норми добрив та відповідної урожайності буряку цукрового від рівня інтенсивності сорту для чорноземів типових реградованих та вилугуваних супіщаних й легкосуглинкових: а).при загортанні гички в ґрунт; б).при відчуженні гички



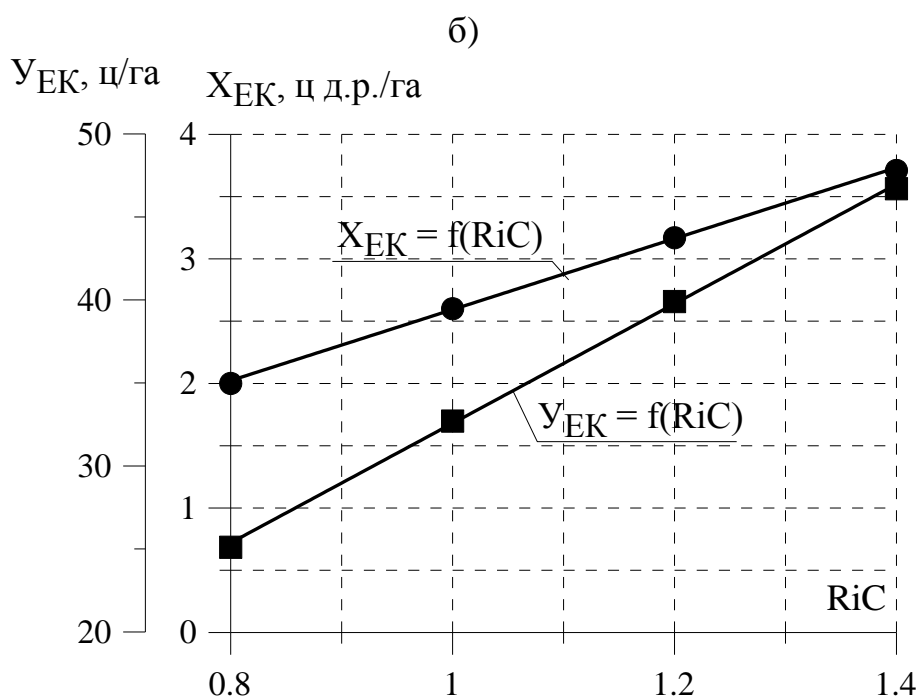
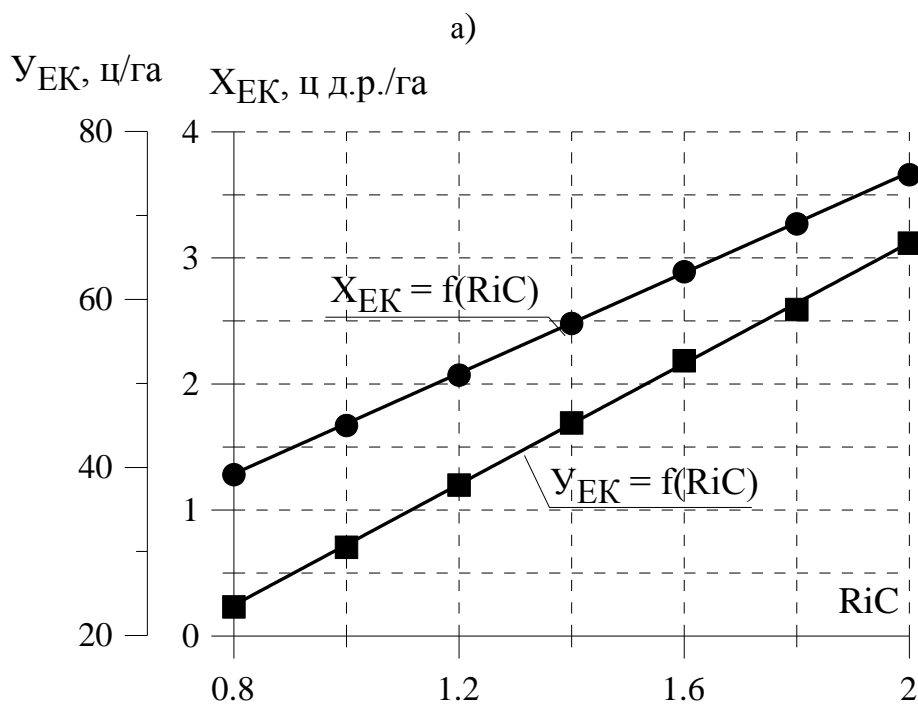
Додаток Б. Рис.20. Залежність еквівалентної норми добрив та відповідної урожайності буряку цукрового від рівня інтенсивності сорту для чорноземів типових реградованих та вилугуваних середньо- і важко суглинкових: а). при загортанні гички в ґрунт; б). при відчуженні гички



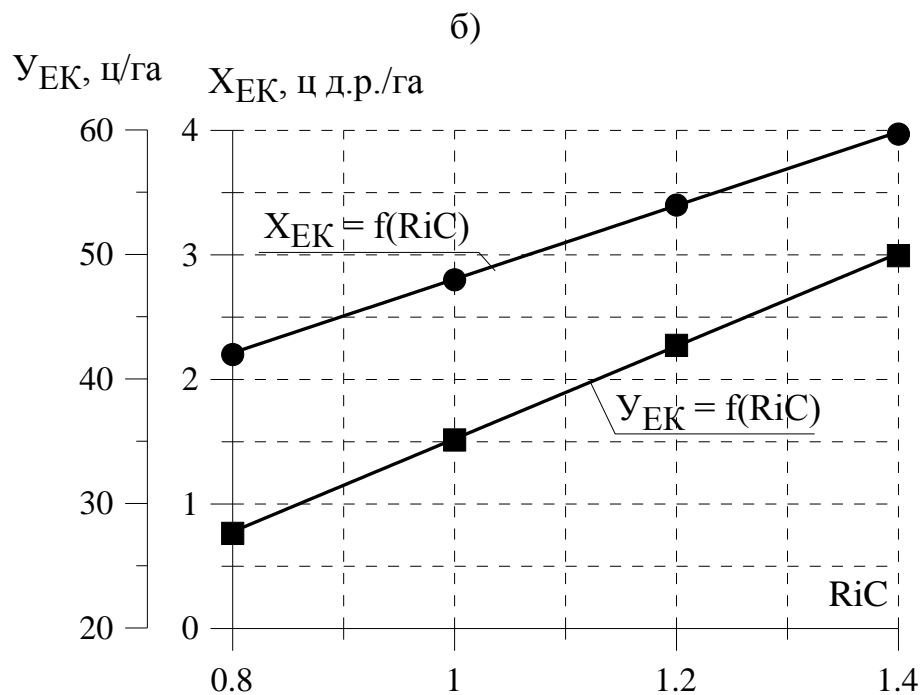
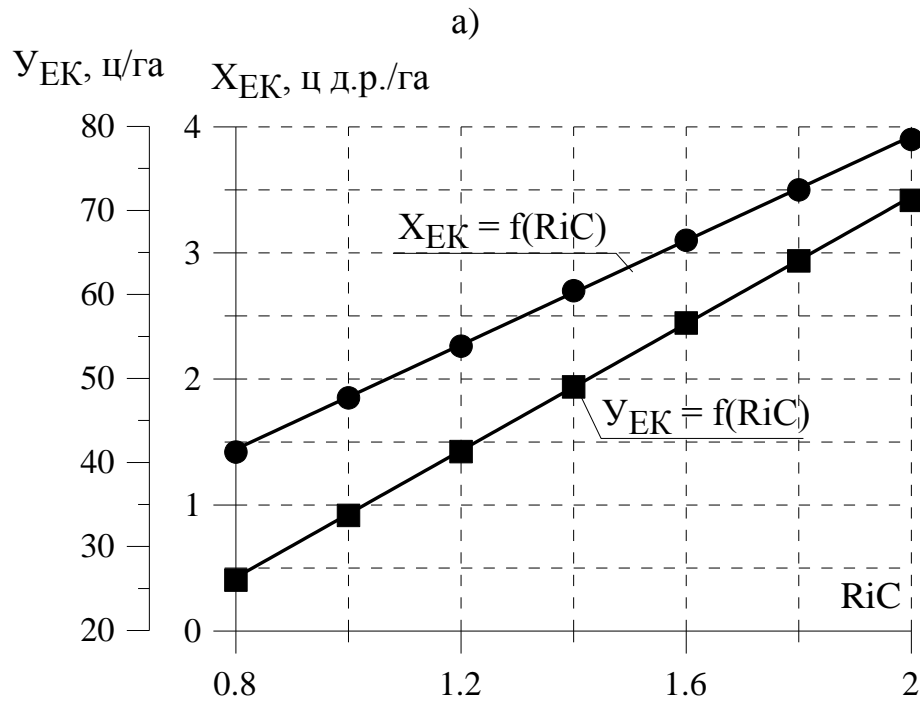
Додаток Б. Рис.21. Залежність еквівалентної норми добрив та відповідної урожайності гороху від рівня інтенсивності сорту для темно-сірих опідзолених ґрунтів та чорноземів опідзолених: а). при загортанні соломи в ґрунт; б). при відчуженні соломи



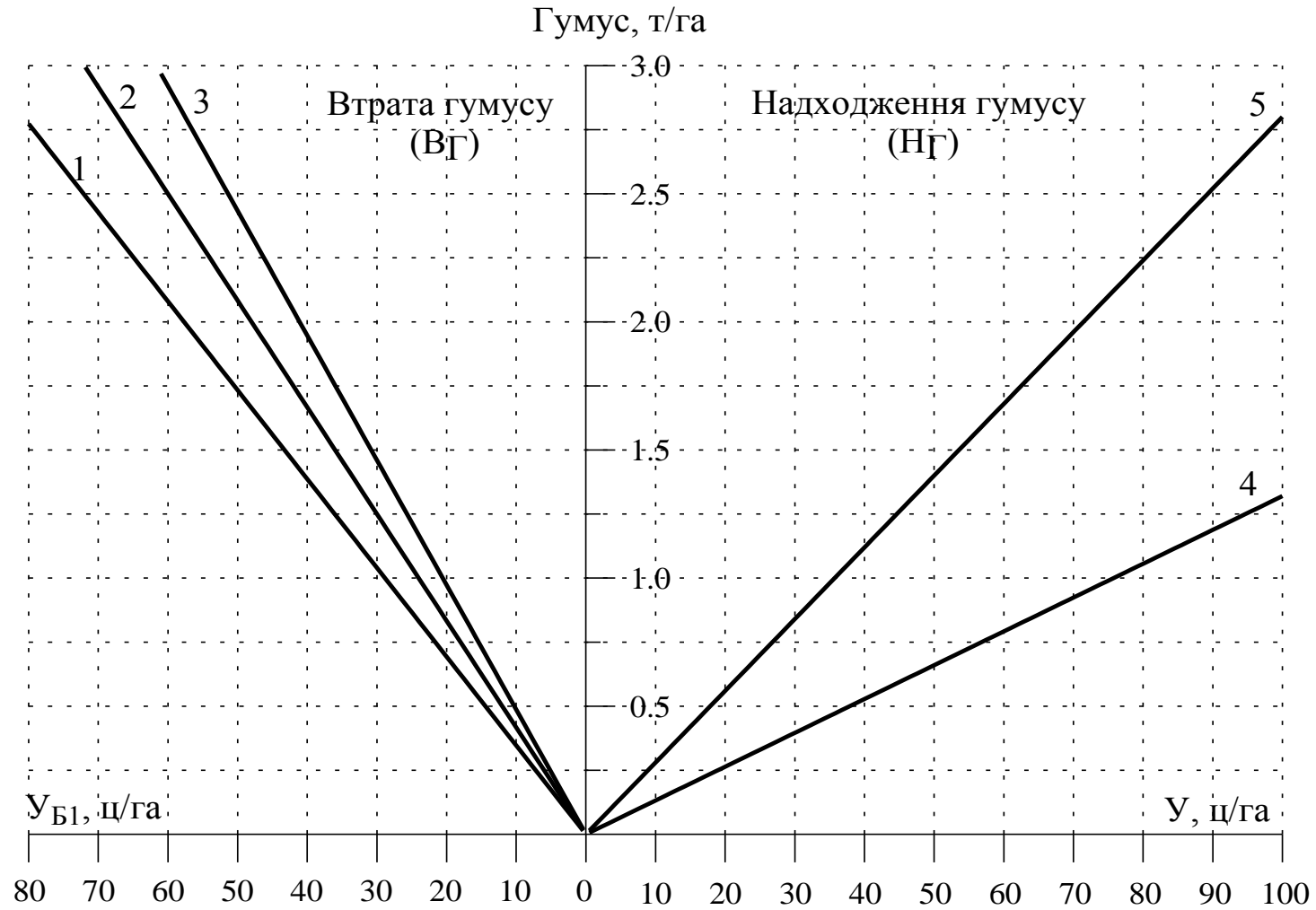
Додаток Б. Рис. 22. Залежність еквівалентної норми добрив та відповідної урожайності гороху від рівня інтенсивності сорту для темно-сірих опідзолених ґрунтів та чорноземів опідзолених глейових : а). при загортанні соломи в ґрунт; б). при відчуженні соломи



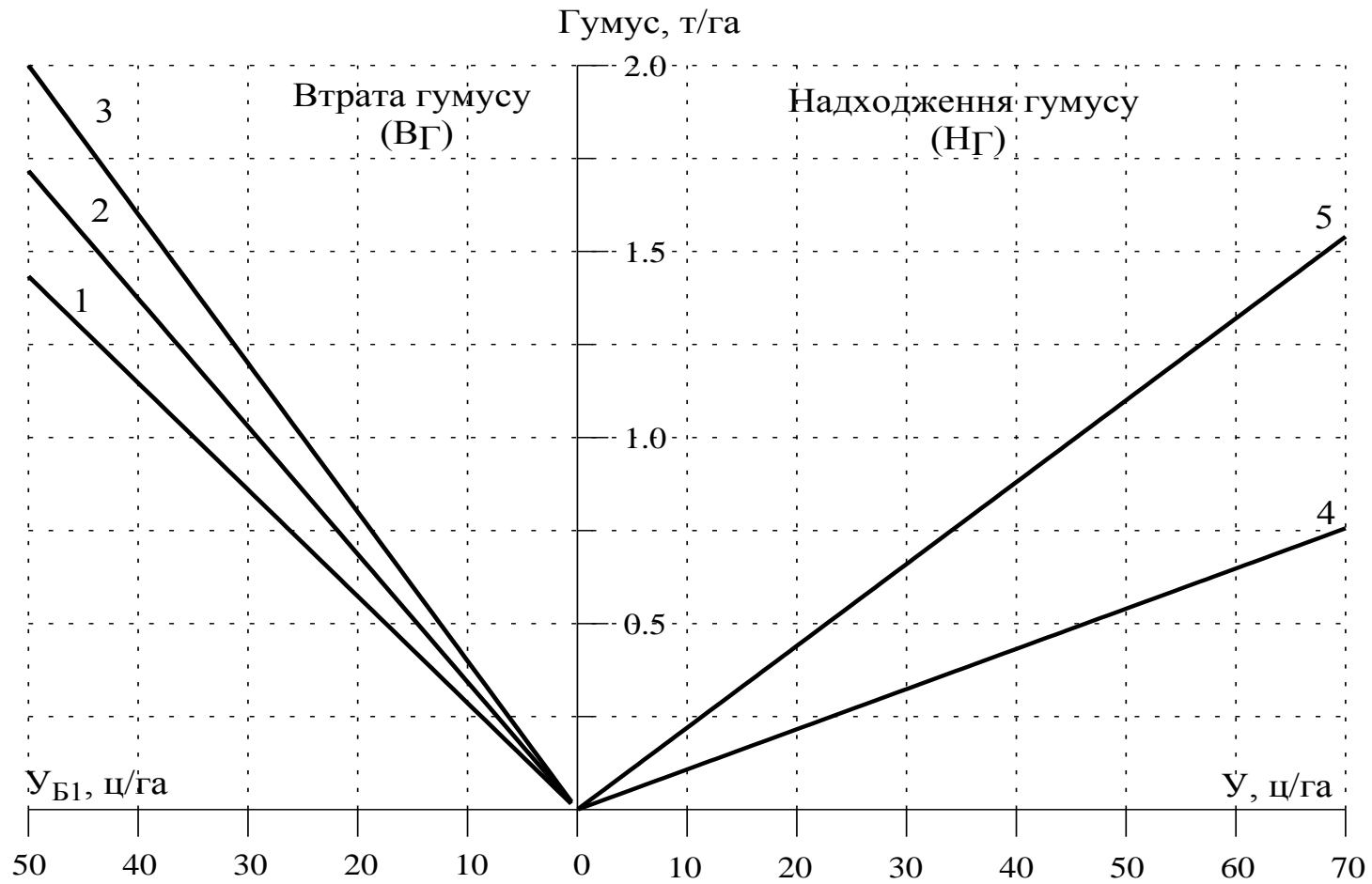
Додаток Б. Рис. 23. Залежність еквівалентної норми добрив та відповідної урожайності гороху від рівня інтенсивності сорту для чорноземів типових реградованих та вилугуваних супіщаних й легкосуглинкових: а). при загортанні соломи в ґрунт; б). при відчуженні соломи



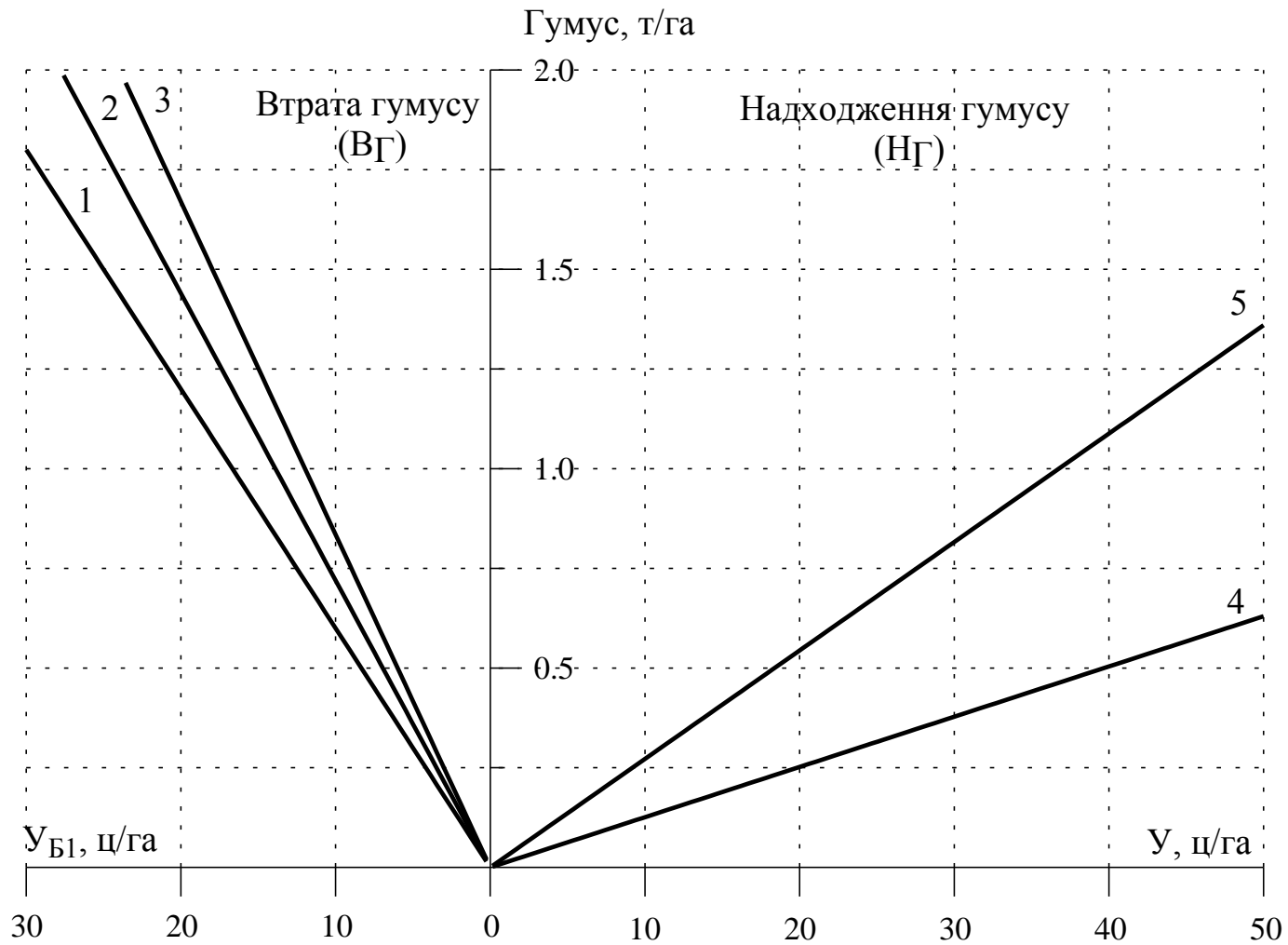
Додаток Б. Рис.24. Залежність еквівалентної норми добрив та відповідної урожайності гороху від рівня інтенсивності сорту для чорноземів типових реградованих та вилугуваних середньо- і важко суглинкових: а).при загортанні соломи в ґрунт; б). при відчуженні соломи



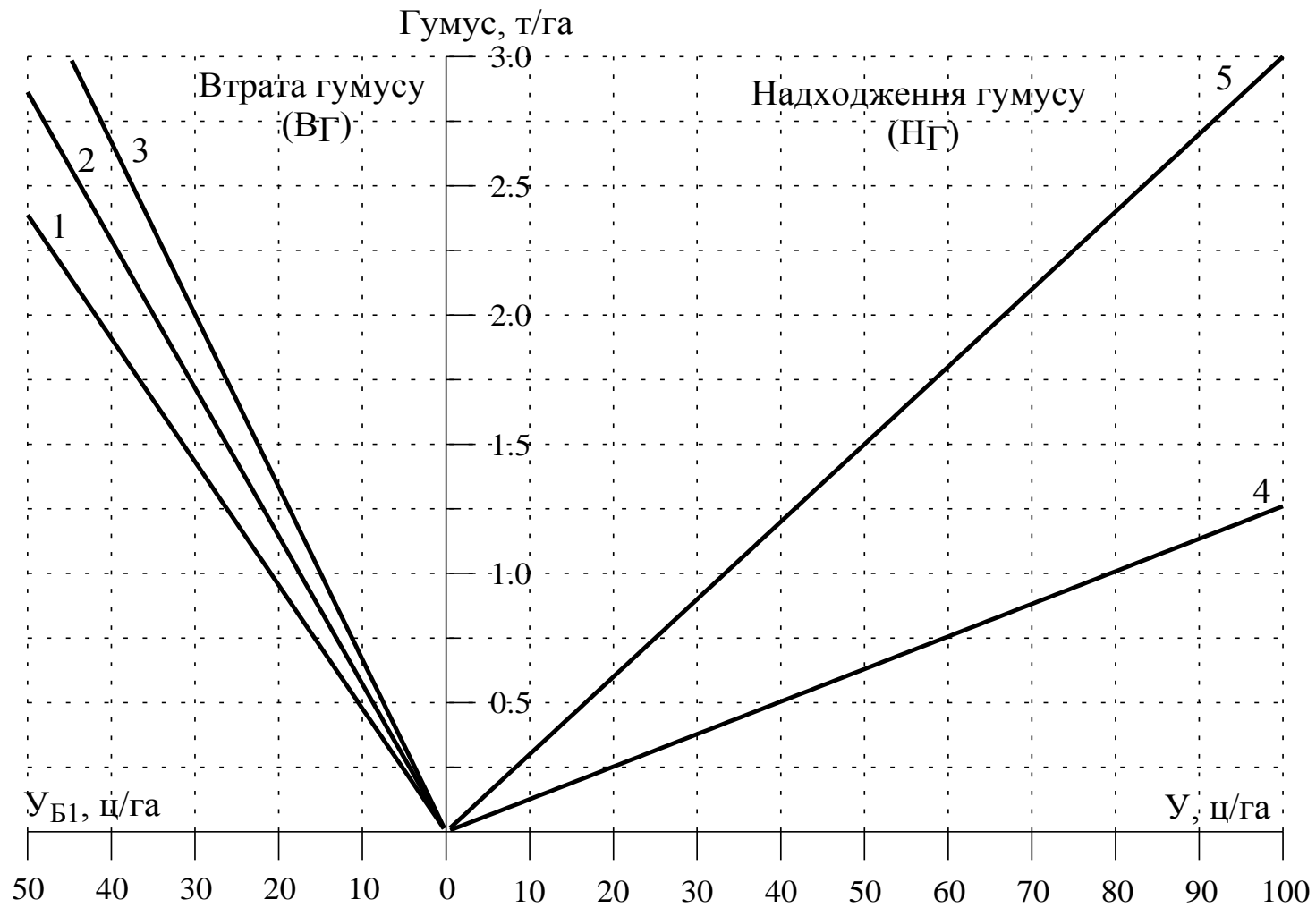
Додаток В. Рис.1. Схема до балансових розрахунків по гумусу під пшеницею озимою: 1 – середні суглинки; 2 – легкі суглинки; 3 – супісок; 4 – при відчуженні соломи; 5 – при загортанні соломи.



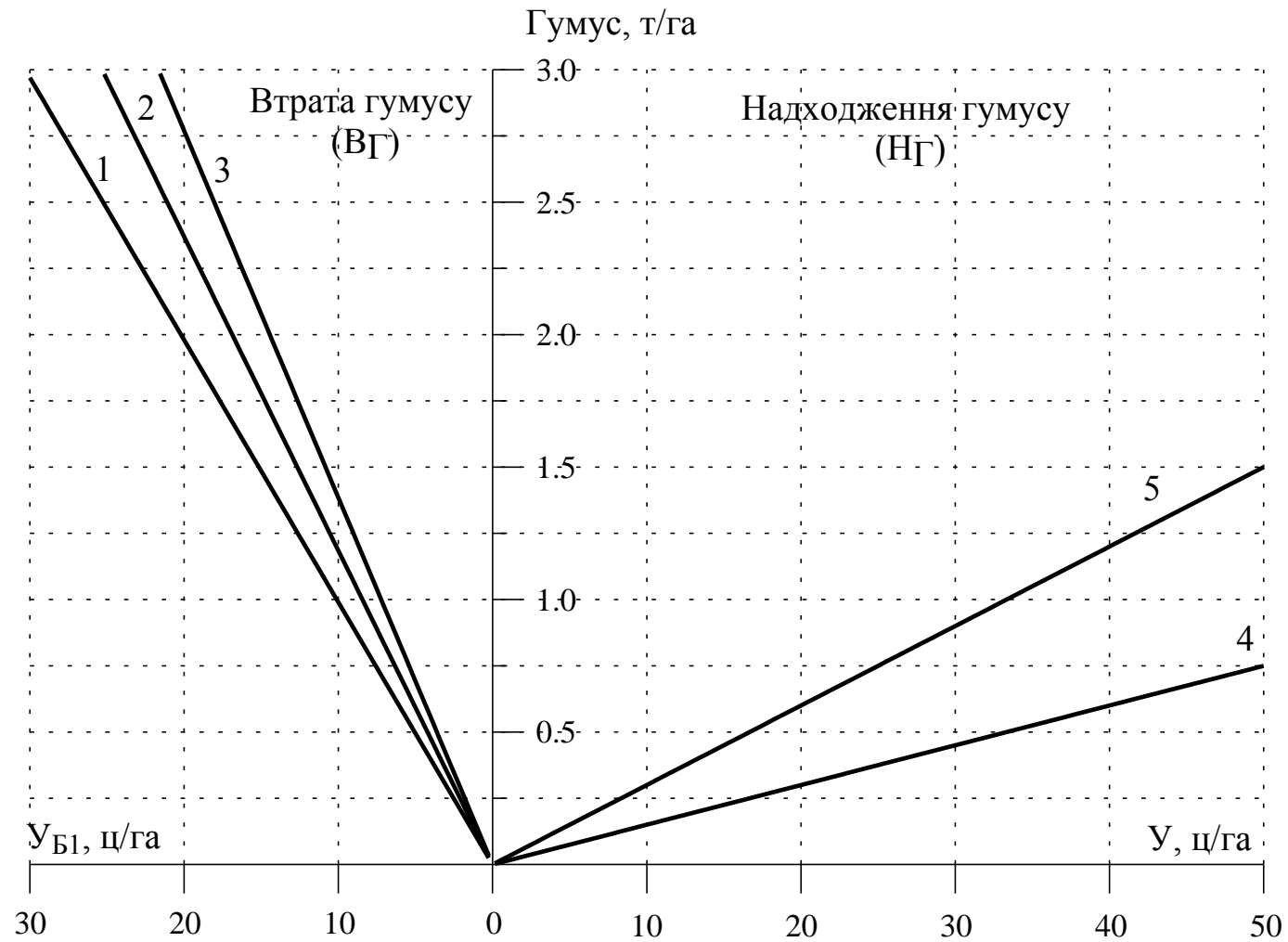
Додаток В. Рис.2. Схема до балансових розрахунків по гумусу під ячменем ярим: 1 – середні суглинки; 2 – легкі суглинки; 3 – супісок; 4 – при відчуженні соломи; 5 – при загортанні соломи.



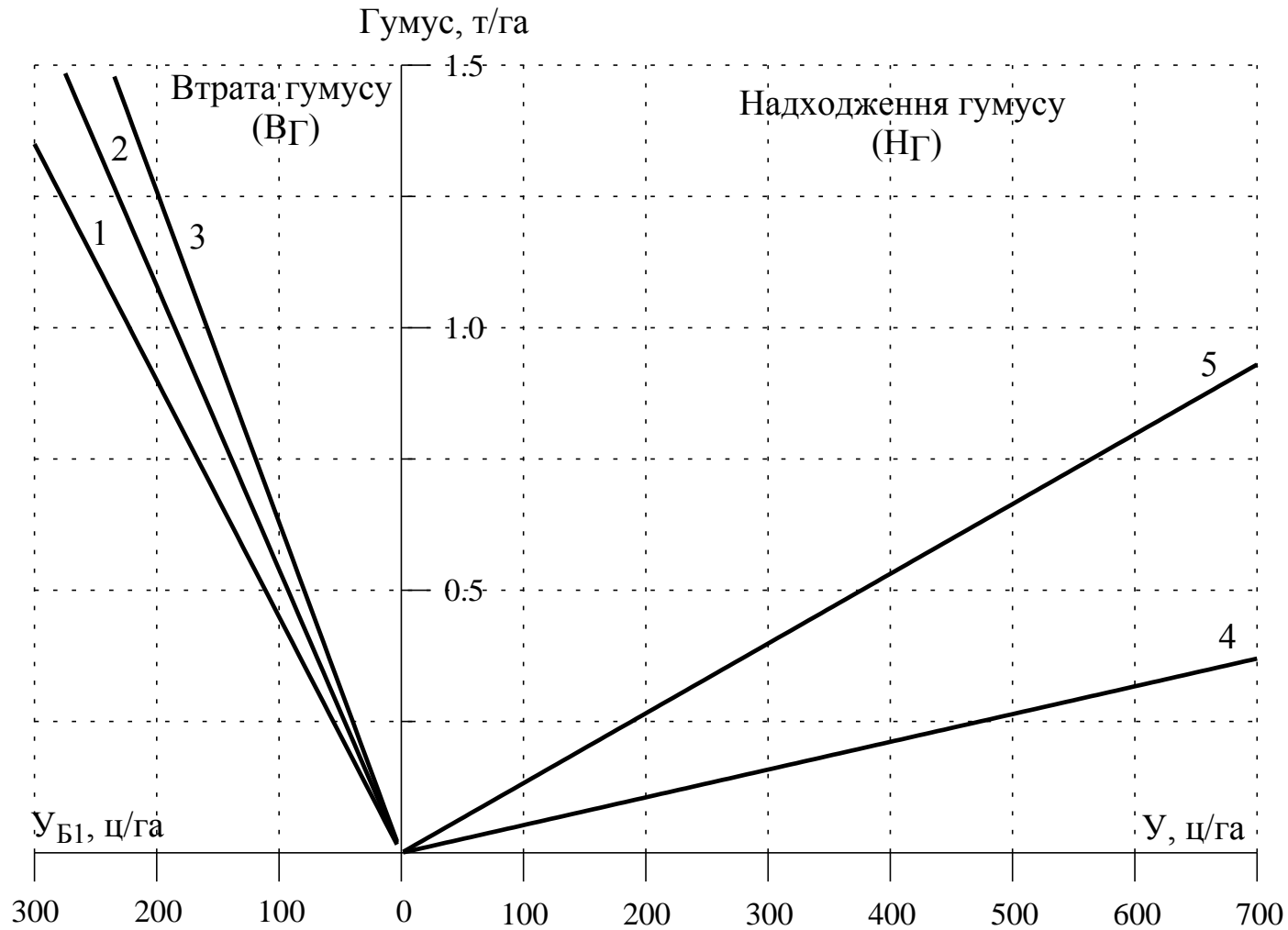
Додаток В. Рис.3. Схема до балансових розрахунків по гумусу під горохом: 1 – середні суглинки; 2 – легкі суглинки; 3 – супісок; 4 – при відчуженні соломи; 5 – при загортанні соломи.



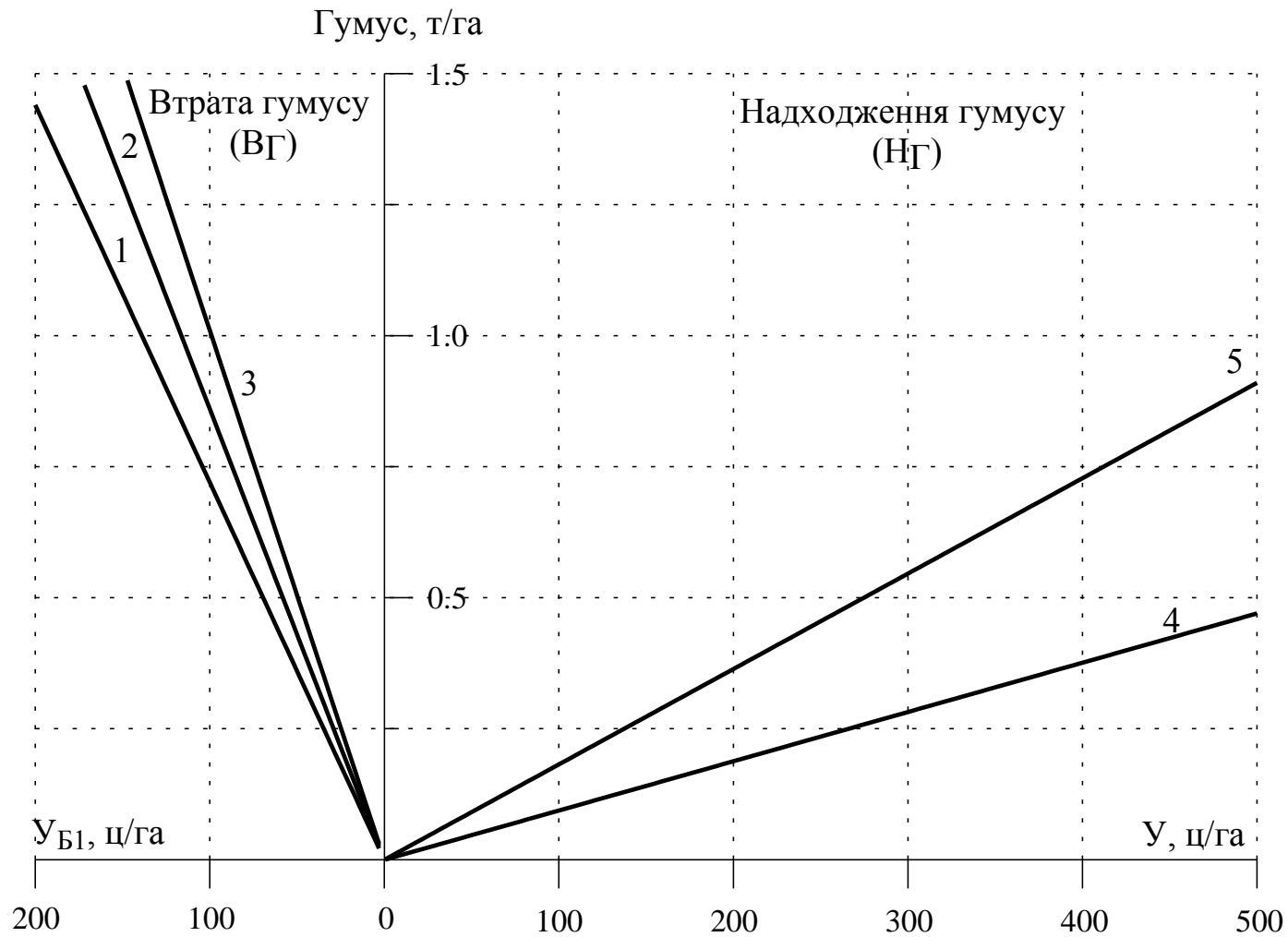
Додаток В. Рис.4 Схема до балансових розрахунків по гумусу під кукурудзою на зерно; 2 – легкі суглинки; 3 – супісок; 4 – при відчуженні соломи; 5 – при загортанні соломи.



Додаток В. Рис.5. Схема до балансових розрахунків по гумусу під соняшником: 1 – середні суглинки; 2 – легкі суглинки; 3 – супісок; 4 – при відчуженні соломи; 5 – при загортанні соломи.



Додаток В. Рис.6. Схема до балансових розрахунків по гумусу під буряком цукровим: 1 – середні суглинки; 2 – легкі суглинки; 3 – супісок; 4 – при відчуженні соломи; 5 – при загортанні соломи.



Додаток В. Рис.7. Схема до балансових розрахунків по гумусу під картоплею: 1 – середні суглинки; 2 – легкі суглинки; 3 – супісок; 4 – при відчуженні соломи; 5 – при загортанні соломи.

Додаток Г. Таблиця 1

Оцінка впливу температури повітря (Т) на врожайність соняшника
в Лісостепу [16]

Температура повітря по місяцях, Т°С					Коефіцієнт корисності з десятими частками ($\eta(\bar{O})_s$)									
XII-III	IV	V-VI	VII	VIII	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
	2	11	14	14	0,75	0,76	0,77	0,78	0,79	0,80	0,81	0,82	0,83	0,84
	3	12	15	15	0,85	0,86	0,87	0,87	0,88	0,88	0,89	0,90	0,90	0,91
	4	13	16	16	0,91	0,92	0,92	0,93	0,93	0,94	0,94	0,95	0,95	0,96
	5	14	17	17	0,96	0,96	0,97	0,97	0,97	0,98	0,98	0,98	0,99	0,99
	6	15	18	18	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	7	16	19	19	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,99	0,99	0,98
	8	17	20	20	0,98	0,98	0,97	0,97	0,96	0,96	0,95	0,94	0,94	0,93
	9	18	21	21	0,92	0,92	0,91	0,90	0,89	0,88	0,87	0,86	0,85	0,85
	10	19	22	22	0,84	0,83	0,81	0,80	0,79	0,78	0,77	0,76	0,75	0,74
	11	20	23	23	0,73	0,71	0,70	0,69	0,68	0,67	0,65	0,64	0,63	0,52
0	12	21	24	24	0,61	0,59	0,58	0,57	0,56	0,55	0,53	0,52	0,51	0,50
2	13	22	25	25	0,49	0,48	0,46	0,45	0,44	0,43	0,42	0,41	0,40	0,39
3	14	23	26	26	0,38	0,36	0,35	0,34	0,33	0,32	0,31	0,31	0,30	0,29
Мінусові температури														
-1					0,73	0,74	0,75	0,76	0,77	0,78	0,79	0,80	0,81	0,83
-2					0,84	0,85	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89	0,90	0,91	0,92
-3					0,92	0,93	0,94	0,94	0,95	0,96	0,96	0,97	0,97	0,98
-4					0,98	0,98	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
-5					1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,99
-6					0,99	0,99	0,99	0,98	0,98	0,98	0,97	0,97	0,97	0,96
-7					0,96	0,96	0,95	0,95	0,94	0,94	0,93	0,93	0,92	0,92
-8					0,91	0,91	0,90	0,90	0,89	0,88	0,88	0,87	0,87	0,86
-9					0,85	0,84	0,84	0,83	0,81	0,80	0,79	0,78	0,77	0,76
-10					0,75	0,74	0,73	0,71	0,70	0,69	0,68	0,67	0,65	0,64
-11					0,63	0,62	0,61	0,59	0,59	0,57	0,56	0,55	0,53	0,52

Додаток Г .Таблиця 2

Оцінка впливу опадів (А) на врожайність соняшника
в Лісостепу [16]

Кількість опадів (А), мм	Коефіцієнт корисності при опадах ($\eta(\dot{O})_s$)									
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
Передпосівний період (XII-III)										
0	0	0,57	0,68	0,75	0,80	0,84	0,87	0,90	0,92	0,94
100	0,95	0,97	0,98	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
200	1,00	0,99	0,99	0,99	0,98	0,98	0,97	0,96	0,95	0,94
300	0,93	0,92	0,91	0,90	0,89	0,87	0,86	0,85	0,83	0,81
400	0,80	0,78	0,75	0,75	0,73	0,71	0,69	0,67	0,64	0,62
500	0,59	0,58	0,55	0,53	0,50	0,47	0,44	0,42	0,38	0,36
Сівба – сходи (IV)										
0	0	0,85	0,95	0,99	1,00	0,99	0,97	0,94	0,89	0,84
100	0,79	0,72	0,64	0,56	0,47	0,37	0,25	0,11	0	
Формування вегетативних органів (V-VI)										
0	0	0,71	0,81	0,87	0,91	0,94	0,96	0,98	0,99	1,00
100	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,98	0,98	0,97	0,95	0,94
Формування генеративних органів (VII)										
0	0	0,74	0,85	0,91	0,95	0,97	0,99	1,00	1,00	1,00
100	0,99	0,98	0,97	0,95	0,93	0,92	0,89	0,87	0,84	0,81
Дозрівання (VIII)										
0	0	0,77	0,89	0,95	0,98	1,00	1,00	1,00	0,98	0,96
100	0,94	0,91	0,87	0,84	0,78	0,74	0,68	0,62	0,56	0,49

Додаток Г. Таблиця 3

Оцінка впливу температури повітря (Т) на врожайність кукурудзи
середньостиглої в Лісостепу [16]

Температура повітря по місяцях, T ⁰ C)η(0), Коефіцієнт корисності з десятими частками (
XII- III	IV- V	VI- VII	VIII	IX	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	
	2	9	9	3	0,21	0,21	0,21	0,22	0,23	0,23	0,24	0,25	0,26	0,27	
	3	10	10	4	0,28	0,29	0,30	0,31	0,31	0,32	0,33	0,34	0,35	0,36	
	4	11	11	5	0,38	0,39	0,40	0,41	0,42	0,43	0,44	0,45	0,46	0,48	
	5	12	12	6	0,49	0,50	0,51	0,52	0,53	0,54	0,56	0,57	0,58	0,59	
	6	13	13	7	0,61	0,62	0,63	0,64	0,65	0,66	0,68	0,69	0,70	0,71	
	7	14	14	8	0,73	0,74	0,75	0,76	0,77	0,78	0,79	0,80	0,82	0,83	
	8	15	15	9	0,84	0,84	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89	0,90	0,90	0,91	
	9	16	16	10	0,92	0,93	0,94	0,94	0,95	0,95	0,96	0,97	0,97	0,98	
	10	17	17	11	0,98	0,98	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
	11	18	18	12	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,99	0,99	0,98	0,97	0,97	
0	12	19	19	13	0,96	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91	0,90	0,89	0,88	0,86	
1	13	20	20	14	0,85	0,84	0,83	0,81	0,79	0,78	0,76	0,75	0,73	0,71	
2	14	21	21	15	0,70	0,68	0,66	0,64	0,63	0,61	0,59	0,58	0,56	0,54	
3	15	22	22	16	0,53	0,51	0,50	0,48	0,46	0,44	0,43	0,41	0,40	0,38	
4	16	23	23	17	0,37	0,35	0,34	0,33	0,31	0,30	0,28	0,27	0,26	0,25	
Мінусові температури															
-1					1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,99	0,98	
-2					0,98	0,98	0,97	0,97	0,96	0,95	0,95	0,94	0,94	0,93	
-3					0,92	0,91	0,90	0,90	0,89	0,88	0,87	0,86	0,85	0,84	
-4					0,84	0,83	0,82	0,80	0,79	0,78	0,77	0,76	0,75	0,74	
-5					0,73	0,71	0,70	0,69	0,68	0,67	0,66	0,64	0,63	0,62	
-6					0,61	0,59	0,58	0,57	0,56	0,54	0,53	0,52	0,51	0,50	
-7					0,49	0,48	0,46	0,45	0,44	0,43	0,42	0,41	0,40	0,39	
-8					0,38	0,36	0,35	0,34	0,33	0,32	0,31	0,31	0,30	0,29	

Додаток Г Таблиця 4

Оцінка впливу опадів (А) на врожайність кукурудзи
середньостиглої
в Лісостепу [16]

Кількість опадів (А), мм	Коефіцієнт корисності при опадах ($\eta(\dot{O})_s$)									
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
Передпосівний період (XII-III)										
0	0	0,11	0,22	0,32	0,41	0,48	0,55	0,62	0,69	0,75
100	0,80	0,85	0,89	0,91	0,94	0,96	0,98	1,00	1,00	1,00
200	1,00	1,00	0,99	0,98	0,995	0,94	0,92	0,89	0,86	0,82
300	0,79	0,75	0,70	0,64	0,60	0,56	0,51	0,44	0,38	0,34
Сівба – укорінення (IV - V)										
0	0	0,19	0,35	0,50	0,62	0,73	0,82	0,90	0,94	0,97
100	1,00	1,00	1,00	0,99	0,97	0,92	0,90	0,85	0,81	0,72
200	0,68	0,61	0,55	0,48	0,43	0,35	0,29	0,22	0,17	0,12
Формування вегетативних органів (VI - VII)										
0	0	0,12	0,21	0,31	0,39	0,48	0,55	0,63	0,67	0,74
100	0,80	0,83	0,88	0,91	0,94	0,95	0,97	0,98	1,00	1,00
200	1,00	0,99	0,98	0,97	0,94	0,93	0,89	0,87	0,86	0,81
Формування генеративних органів (VIII)										
0	0	0,59	0,83	0,90	0,97	1,00	1,00	1,00	0,98	0,95
100	0,91	0,86	0,80	0,75	0,69	0,61	0,56	0,50	0,43	0,36
Дозрівання (IX)										
0	0	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,98	0,96
100	0,94	0,91	0,87	0,84	0,78	0,74	0,68	0,62	0,56	0,49

Додаток Г. Таблиця 5

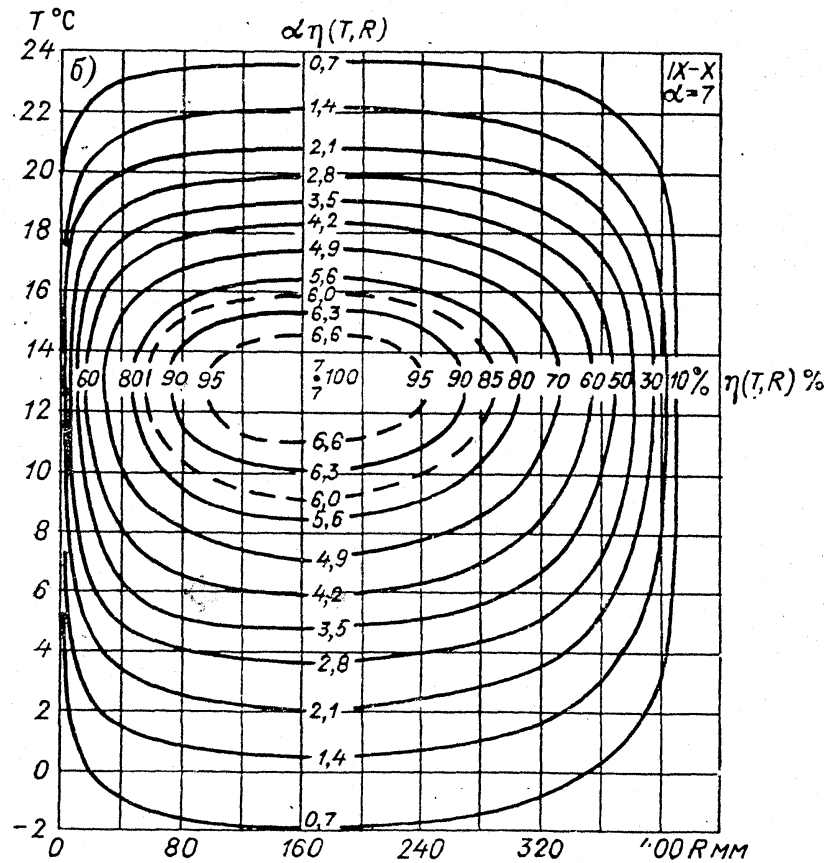
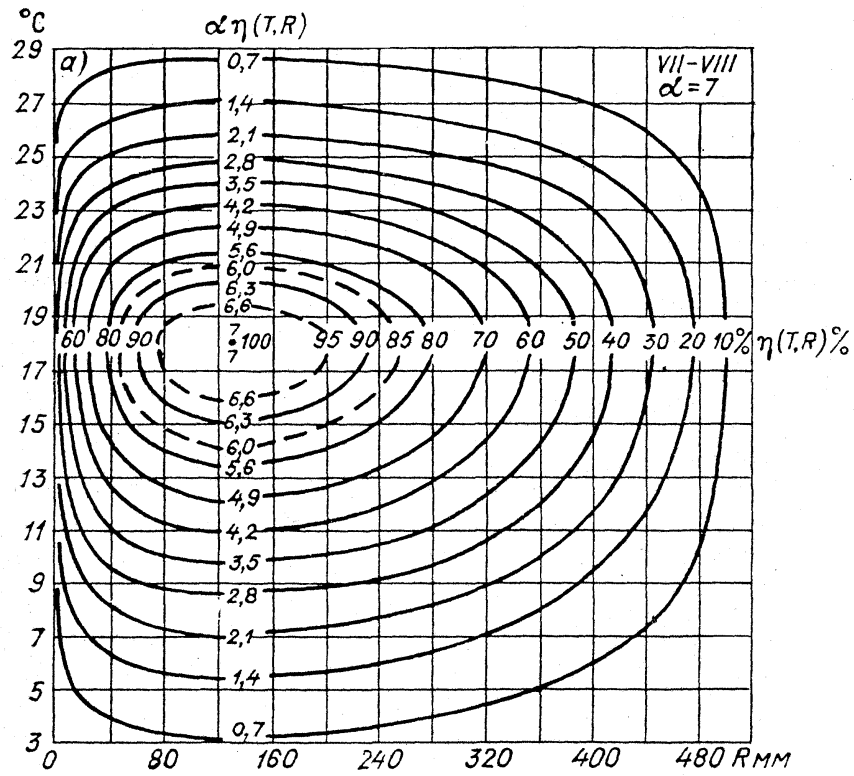
Оцінка впливу температури повітря (Т) на врожайність картоплі
в Лісостепу [16]

Температура повітря (Т, °С) по періодах					Коефіцієнт корисності з десятими частками $\eta(\dot{\theta})$				
V	VI	VII	VIII	IX	0	0,2	0,4	0,6	0,8
9	11	12	11		0,65	0,67	0,69	0,71	0,72
10	12	13	12		0,74	0,76	0,77	0,79	0,80
11	13	14	13		0,82	0,83	0,84	0,85	0,87
12	14	15	14	9	0,89	0,90	0,92	0,93	0,94
13	15	16	15	10	0,95	0,96	0,96	0,97	0,97
14	16	17	16	11	0,98	0,98	0,99	0,99	1,00
15	17	18	17	12	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
16	18	19	18	13	0,99	0,99	0,98	0,97	0,96
17	19	20	19	14	0,95	0,94	0,93	0,91	0,90
18	20	21	20	15	0,88	0,86	0,85	0,83	0,81
19	21	22	21	16	0,79	0,77	0,74	0,72	0,69
20	22	23	22	17	0,67	0,65	0,63	0,60	0,57
21	23	24	23	18	0,55	0,53	0,50	0,48	0,45
22	24	25	24	19	0,43	0,41	0,39	0,37	0,35

Додаток Г . Таблица 6

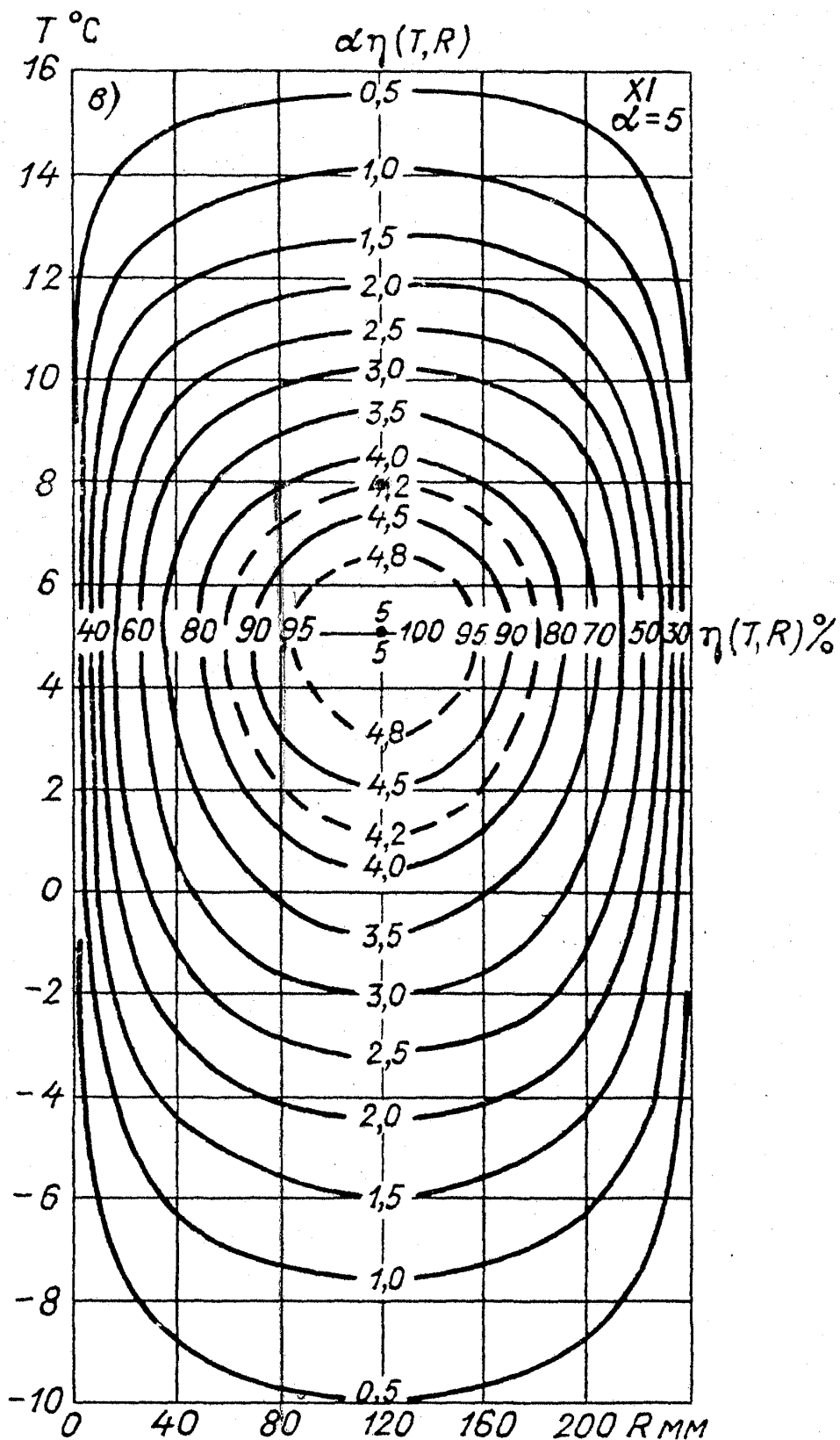
Оцінка впливу опадів (А) на врожайність картоплі
в Лісостепу [16]

Кількість опадів (А), мм	Коефіцієнт корисності при опадах ($\eta(\dot{A})_s$)									
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
Травень										
0	0,40	0,60	0,77	0,85	0,92	0,96	0,98	1,00	1,00	1,00
100	0,99	0,96	0,91	0,85	0,79	0,72	0,63	0,54	0,43	0,32
Червень										
0	0,20	0,45	0,62	0,74	0,83	0,90	0,95	0,98	0,99	1,00
100	1,00	0,99	0,97	0,93	0,87	0,79	0,69	0,55	0,36	
Липень										
0	0,13	0,37	0,50	0,61	0,69	0,76	0,82	0,87	0,90	0,94
100	0,96	0,98	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,98	0,96	0,94
Серпень										
0	–	0,40	0,56	0,67	0,76	0,83	0,88	0,92	0,95	0,98
100	0,99	1,00	0,99	0,98	0,97	0,95	0,92	0,88	0,83	0,76
Вересень										
0	–	0,75	0,88	0,96	0,99	1,00	1,00	0,98	0,95	0,90
100	0,85	0,79	0,72	0,64	0,56	0,48	0,39			

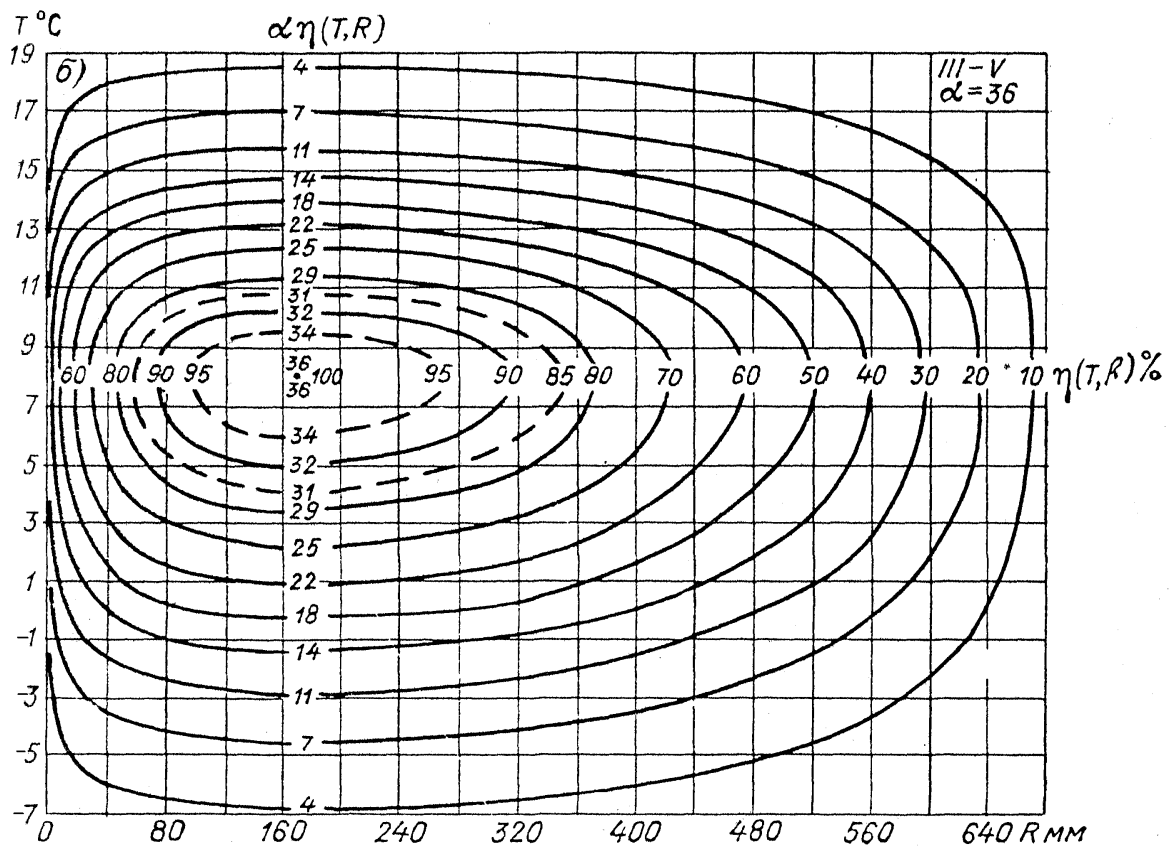
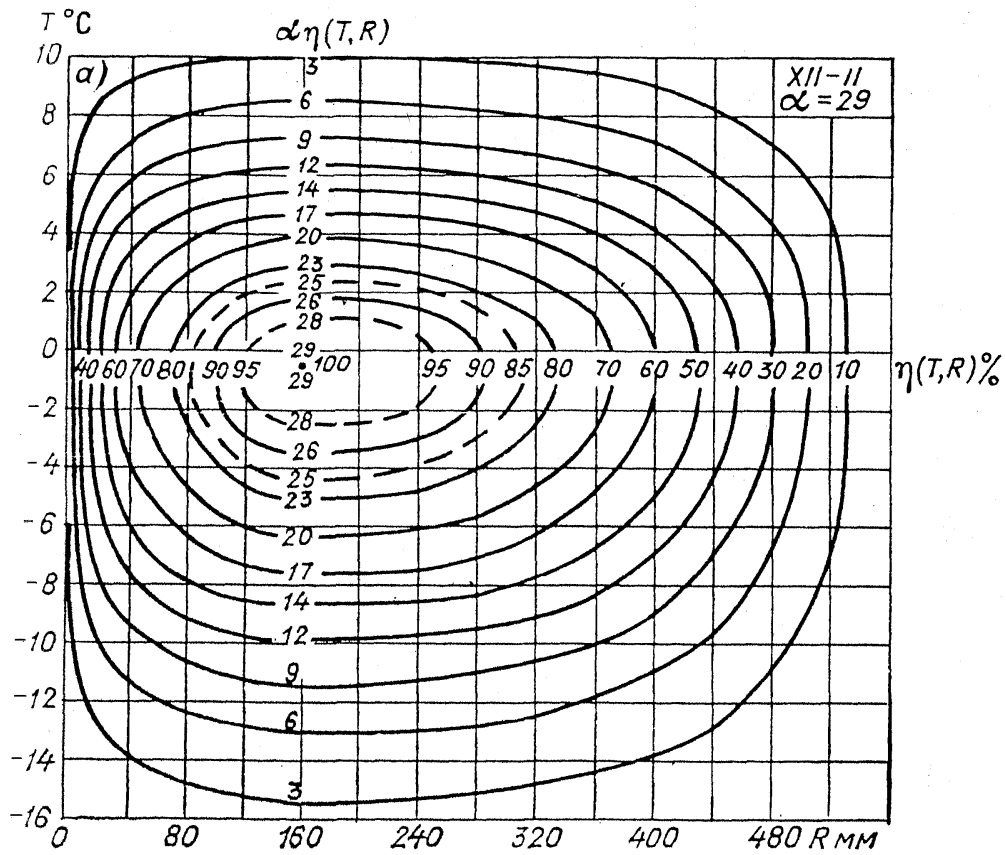


Додаток Г. Рис. 1. Оцінка впливу температури повітря (T) і опадів (R) на урожайність пшениці озимої [10, 22]

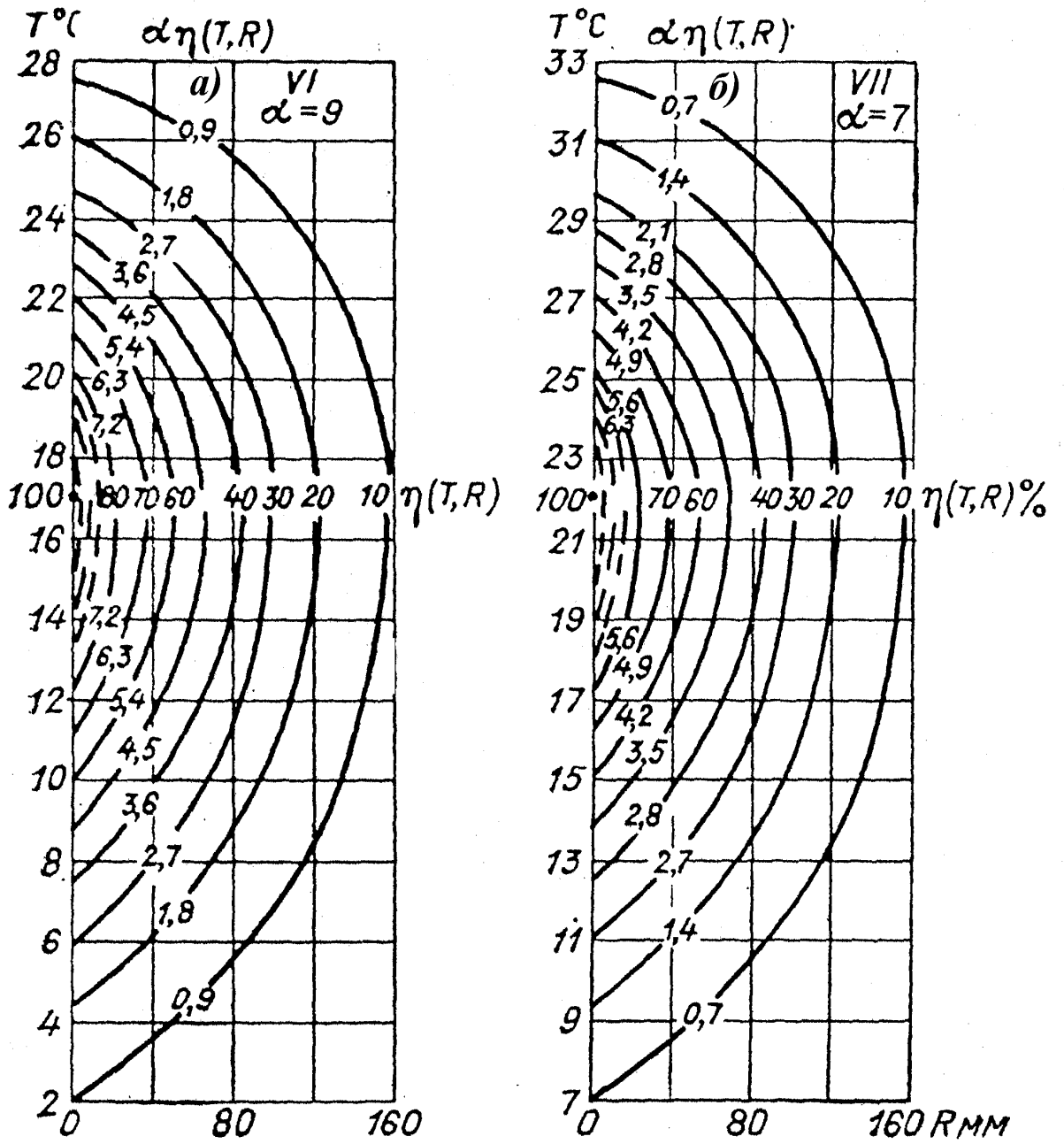
- а) передпосівний період пшениці озимої (липень – серпень)
- б) період сівба-укорінення пшениці озимої (вересень – жовтень)



Продовження додаток Г, рис.1. Період ріст – кущення пшениці озимої (листопад)



Продовження додаток Г, рис. 1 а) період зимового спокою пшениці озимої (грудень – лютий); б) період відновлення вегетації - цвітіння пшениці озимої (березень – травень)



Продовження додаток Г, рис.1. а) період утворення зерна пшениці озимої (червень); б) період дозрівання пшениці озимої (липень)

