

УДК 581.132.1:633.854.79:631.82/.85
DOI:10.37128/2707-5826-2024-2-16

**ВІТАЛІТЕТ АГРОЦЕНОЗУ
РІПАКУ ОЗИМОГО ЗА РІЗНИХ
ВАРІАНТІВ УДОБРЕННЯ В
УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ
ПРАВОБЕРЕЖНОГО УКРАЇНИ**

О.М. ТОМЧУК, аспірант

Вінницький національний аграрний
університет

Представлено результати двохрічного циклу вивчення віталітетної структури агрофітоценозу ріпаку озимого інтенсивного високоврожайного гібриду Абсолют за різних систем удобрення, які передбачали різні варіанти з позиції фонового мінерального живлення, застосування препаратів рістрегулюючого характеру й різних варіантів позакореневих підживлень. Досліджено морфологічні показники рослин ріпаку озимого з формуванням чотирьох основних блоків показників (корінь, стебло, асиміляційна поверхня, генеративна частина) і сформовано вихідний масив даних, який дозволив визначити такі показники віталітету агроценозу як коефіцієнт віталітету, модуль морфологічної мінливості, модифікований індекс морфологічної інтеграції, показник індексу якості, індекс процвітання агрофітоценозу, індекс розмірної пластичності.

Аналіз визначених параметрів віталітету в статистичній інтерпретації із калькуляцією розмаху й середнього значення, варіації та частки кожного фактора за схемою досліду в розрізі багатфакторної схеми дисперсійного аналізу дозволив виділити факторні компоненти впливу на віталітет агроценозу ріпаку озимого з огляду на варіант фонового удобрення, застосування рістрегуляції та системи позакореневих підживлень для пошуку оптимального варіанта комбінованого удобрення ріпаку озимого. Оцінено приріст показників оптимізації віталітетної структури ріпаку озимого у співставленні до контрольного варіанту з оцінкою додаткового зростання показників за одинарного градаційного зростання інтенсивності удобрення.

Зроблено висновки щодо оптимальної морфоструктури агроценозу ріпаку озимого у варіантах максимальної інтенсифікації застосування мінеральних добрив. Водночас встановлено максимальні показники віталітетної оцінки агроценозу ріпаку озимого у варіанті поєднання комплексного фонового удобрення із застосуванням різних форм добрив у поєднанні з внесенням сірки на фоні застосування рістрегулюючих препаратів і комплексного застосування багатократних позакореневих підживлень, що забезпечило наступні параметри віталітетної тактики рослин: коефіцієнт віталітету (IVC) 1,312, модуль морфологічної мінливості (Mod_c) 0,98–1,00, модифікований індекс морфологічної інтеграції (I_{mmi}) 0,711–1,335, показник індексу якості (Q) 43,00, індекс процвітання агрофітоценозу (I_Q) 3,07, індекс розмірної пластичності (ISP) 1,427.

Ключові слова: ріпак озимий, віталітети, індекс віталітету, показники віталітетних тактик, система удобрення.

Табл. 2. Рис. 2. Літ. 15.

Постановка проблеми. Конструювання агроценозу будь-якої сільськогосподарської культури ставить за мету створення оптимальних умов для забезпечення ростових процесів на рівні достатньому для максимальної реалізації генетичного продуктивного потенціалу рослин [1]. Водночас основними регулюючими чинниками, які визначають можливість ефективного регулювання цього процесу виступають строки сівби, норми висіву, система удобрення [2]. З перелічених агротехнологічних важелів регулювання саме система удобрення забезпечує можливість нормалізації усіх інших чинників, сприяючи прискоренню

чи навпаки сповільненню всіх ростових і фізіологічних перетворень [3]. За цих умов важливим залишається оцінка оптимальності конструювання агроценозу з огляду на застосовану систему удобрення, а зокрема у строках й етапності її реалізації за вирощування відповідної сільськогосподарської культури [1, 4]. Аграрна наука у цьому плані напрацювала ряд показників, які застосовуються для оцінки адекватності сформованої штучної популяції рослин на полі у формі агроценозу [5]. Проте підходи до вирішення цієї проблеми мають часто суперечливий характер, а застосовані показники не завжди узгоджуються саме з фактором удобрення у застосованій дослідній схемі [6]. З огляду на це, завданням наших досліджень було практичне застосування в оцінці оптимальності системи удобрення ріпаку озимого на підставі використання такого показника як коефіцієнт індексу віталітету, який у міжнародній практиці має індексацію IVC і рекомендований насамперед для віталітетної структури популяції чи ценозу з позиції морфометрії рослин, структури ідіотипів рослин і загального стану ростових процесів. На озимому ріпаку в оцінці ефективності варіантів удобрення, що вивчаються, така методологія використовується вперше.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Оцінка агрофітоценозу будь-якої сільськогосподарської культури має два типологічно різні підходи. Перший з них ґрунтується на використанні середнього значення ценозу за певним показником до прикладу висота рослин, індивідуальна маса рослини тощо. Такий підхід передбачає використання певної вибірки, з якої статистично визначається середнє значення величини показника. Другий – ґрунтується на фітоценологічному підході до структури агрофітоценозу в різних форматах – вертикальна й горизонтальна архітектура просторової орієнтації рослин ценозу, оцінка рівня ценотичної напруги з огляду на щільність ценозу, рівні удобрення, гідротермічні чинники вегетації. Другий підхід, на думку багатьох дослідників, є на сьогодні більш раціональним і необхідним у агротехнологічній науковій практиці, оскільки дає відповідь на нагальні питання оптимальності конструювання ценозу, який проводять вже на технологічній стадії посіву, і який у майбутньому є визначальним у ростових і фізіологічних процесах рослин, які є визначальними у реалізації їхнього генотипового потенціалу [7].

Непотрібно також забувати, що сучасні підходи до мінерального живлення основних сільськогосподарських культур мають носити адаптивний характер і відповідати як гідротермічному забезпеченню території, так і конкретним біологічним особливостям власне культури з огляду на сортову архітектоніку рослин. В останні роки формат оцінки ефективності дії добрив зміщується у фітоценологічному напрямку. Фітоценологічні підходи вкладаються технологічно у стратегію точного землеробства, оскільки трансформують поняття від загального до індивідуального і дають можливість підійти до агрофітоценозу певної культури з позиції індивідуального розвитку, а також з огляду на стресові фактори, які виникають під час дотримання певних технологічних регламентів вирощування [8].

Мінеральні добрива у фітоценологічному підході оцінок розглядаються як стресорегулюючий чинник й оцінюються у форматі стимулятора гарантування

отримання рослин різного життєвого класу віталітету, різного ідіотипу [9–11]. Системність вивчення питання віталітетної стратегії ценозів з огляду на їхнє конструювання та застосування відповідних регуляторів, до яких можна віднести й мінеральні добрива, висвітлено у багаточисельних наукових працях Ю.А. Злобіна [12, 13].

Автором на основі узагальнення різних наукових гіпотез і проведених багаточисельних досліджень цілої низки науковців було сформульовано основні закономірності ценопопуляційних стосунків різного рівня, особливості формування морфотипів рослин, описано основні складові віталітетної стратегії рослин і намічено головні тактики загальної методології оцінки життєздатності ценопопуляцій та агрофітоценозів рослин [12–14].

Потрібно зауважити, що не дивлячись на багатогранність висвітлених і опрацьованих проблемних питань, роль густоти стояння рослин та відповідної їй індивідуальній площі живлення у взаємодії з додатковим мінеральним живленням – є визначальною факторною моделлю у регулюванні та вираженості внутрішньовидової мінливості, послаблення чи посилення одновидової конкуренції, забезпечення бажаної віталітетної стратегії у формуванні ознак продуктивної морфології як за показниками урожайності листостеблової маси, так і за показниками урожайності насіння є питанням, що потребує подальшого наукового вивчення та узагальнення з розробкою рекомендацій щодо оптимізації мінерального живлення сільськогосподарських рослин (на прикладі редьки олійної) на основі фітоценологічного підходу. Це ще раз акцентує увагу на актуальності досліджень у цьому напрямку з позиції оцінки системи удобрення сільськогосподарських культур і озимого ріпаку зокрема.

Умови і методика досліджень. Дослідження проводились впродовж 2022–2023 років на базі ТОВ «ВІН-АГРО ГРУП» у співпраці з ТОВ «ФІРМА ЕРІДОН» на сірих лісових ґрунтах. Агрохімічний потенціал дослідного поля оцінено як середній із вмістом гумусу – 2,00 %, лужногідролізованого азоту (за Корнфілдом) – 81 мг/кг ґрунту, підвищеним вміст рухомого фосфору (за Мачигінім) – 171,9 мг/кг ґрунту й підвищеним вмістом обмінного калію (за Чиріковим) – 129 мг/кг ґрунту. Емність катіонного обміну – 19,5 мг.-екв. на 100 г ґрунту, рН 6,3. Погодні умови за вегетаційний період сезонів 2021–2022 і 2022–2023 року характеризувались задовільно-оптимальними режимами для ростових процесів й органогенезних перетворень рослин ріпаку озимого з певною пролонгацією міжфазних вегетаційних періодів у весняно-літній період вегетації культури й певних ефектів прискореного дозрівання завдяки підвищеного режиму середньодобових температур у період дозрівання насіння в умовах сезону 2022–2023 року (рис. 1).

У дослідженнях використано два високоінтенсивних гібриди ріпаку озимого – середньостиглий Абсолют (компанії Limagrain) і середньоранній Домінатор (компанії DSV) (відповідно до чинників A_1 і A_2).

Схема досліджень передбачала вивчення чотирьох варіантів фонового удобрення: I (B_1) – без удобрення (контроль); II (B_2) – $N_{100}P_{60}K_{60}$ (з розподілом

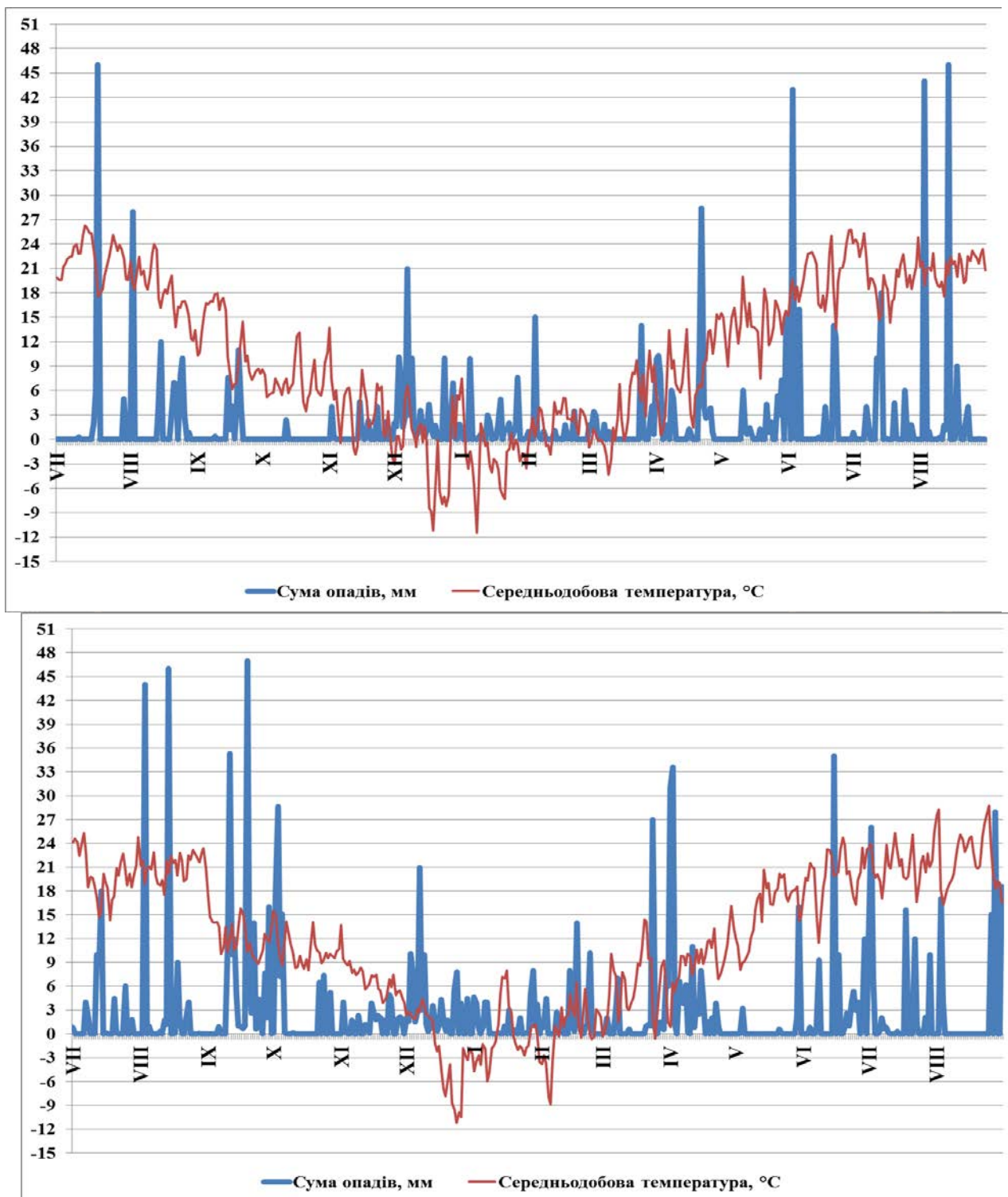


Рис.1. Гідротермічний режим періоду вегетації ріпаку озимого (верхня позиція сезон 2021–2022 рр., нижня позиція – сезон 2022–2023 рр.).

Джерело: сформовано за результатами власних досліджень

ВВСН 00 $N_{30}P_{60}K_{60}$ – під культивування (суміш добрив) + ВВСН 20–25 N_{40} (після відновлення вегетації) + ВВСН 50 N_{30} (фаза стеблуння); ІІ (B_3) – $N_{100}P_{60}K_{60}$ (з розподілом ВВСН 00: Діамофоска $N-10\% P-26\% K-26\%$ 231 кг/га (131 кг/га під оранку + 100 кг/га при посіві);

ВВСН 19-20 (по мерзлоталому ґрунту): карбамід (167 кг/га); IV (В₄) – N₁₀₀P₆₀K₆₀S₃₀ (з розподілом ВВСН 00: Діамофоска N-10% P-26% K-26% +1S (144 кг/га під оранку) + Росаферт 15-15-15 (150 кг/га при посіві); ВВСН 19-20 (по мерзлоталому ґрунту): КАС-32 (189 л/га) + Тіосульфат амонію (22 л/га)).

Додатково було застосовано ВВСН 14-18: Карамба Турбо 0,65 л/га + Букат 0,35 л/га + ВВСН 35-39: Карамба Турбо 0,65 л/га + Букат 0,35 л/га (С₂) з контрольним варіантом без застосування даного регулятора (С₁). До системи входило також використання варіантів підживлень: 1 (D₁) – Без підживлення; 2 (D₂) – Розалік (В, Мо, S) (1 л/га) + ад'ювант Спрей-Ейд (0,08 л/га) (ВВСН 31–34)); 3 (D₃) – Розасоль 18-18-18+МЕ (3 кг/га) + ад'ювант Спрей-Ейд (0,08 л/га) (ВВСН 51–53); 4 (D₄) – Розалік (В, Мо, S) (1 л/га) + ад'ювант Спрей-Ейд (0,08 л/га) (ВВСН 31–34) + Розасоль 18-18-18+МЕ (3 кг/га) + ад'ювант Спрей-Ейд (0,08 л/га) (ВВСН 51–53).

Для захисту проти шкочинних організмів на обох сортах застосовувались такі варіанти хімічного захисту: у фазі 2 листочки – гербіцид Бутізан Авант (2,5 л/га) + через 5 днів – кіллітоп (1,5 л/га) (циперметрин 50 гр/л + хлор пірифос 500 г/л) проти підгризаючих совок + інсектицид інстрайкер (0,2 л/га); у фазі 7–8 листочків + після відновлення вегетації проти комплексу хвороб і шкідників Дерозал (карбендазим 500 г/л, 1 л/га) і Еванс (0,15 л/га) + у фазу бутонізації Кларк (0,4 кг/га), Вето (0,5 л/га), Інстрайкер (0,2 л/га) + на фазу середини цвітіння проти ріпакового квіткоїда Піктор (0,4 л/га) і Біская (0,5 л/га).

Попередник у всіх варіантах досліду – озима пшениця. Після збирання попередника проводився основний обробіток ґрунту, який передбачав дискування на глибину 6–8 см й оранку на глибину 23–25 см.

Основні спостереження та обліки проводили відповідно до рекомендацій для хрестоцвітих культур [15]. Для визначення показників віталітету було застосовано систему показників використану в низці досліджень щодо оцінки віталітетної структури агрофітоценозу окремих видів хрестоцвітих культур [7, 9]. Цей порядок відповідно до [9] передбачав визначення:

– коефіцієнту віталітету за формулою 1:

$$IVC = \frac{1}{N} \times \sum_{i=1}^N \frac{x_i}{X_i}, (1),$$

де: IVC – індекс віталітету агрофітоценозу;

N – загальна кількість ознак, що визначається в агрофітоценозі;

x_i – значення і-тої ознаки в агрофітоценозі з певними параметрами технології вирощування; X_i – середнє значення і-тої ознаки для всіх агрофітоценозів в інтервалі параметрів технологій вирощування, що вивчаються;

– модуль морфологічної мінливості за формулою 2:

$$Mod_x = \frac{CV}{CV_{St}} \quad (3),$$

де Mod_x – модуль морфологічної мінливості відповідного параметра рослин, CV – коефіцієнт варіації ознаки з досліджуваного варіанту, CV_{st} – коефіцієнт варіації у варіанті максимального морфо розвитку;

– модифікований індекс морфологічної інтеграції (I_{mmi}) за формулою 3:

$$I_{mmi} = \frac{1B \leq 0.5 + 2B > 0.5 \dots < 0.8 + 3B \geq 0.8}{(n^2 - n) / 2} \quad (3),$$

де I_{mmi} – модифікований індекс морфологічної інтеграції; $B \leq 0,5$ – кількість у матриці статистично достовірних (на рівні ймовірності 0,95) коефіцієнтів кореляції, значення яких за модулем перебувають у діапазоні від 0 до 0,5 включно; $B > 0,5 \dots < 0,8$ – кількість у матриці статистично достовірних (на рівні ймовірності 0,95) коефіцієнтів кореляції, значення яких за модулем є більшими за 0,5 і меншими за 0,8; $B \geq 0,8$ – кількість у матриці статистично достовірних (на рівні ймовірності 0,95) коефіцієнтів кореляції, значення яких за модулем дорівнюють або є більшими за 0,8; n – загальна кількість оцінених морфометричних параметрів;

– показник індексу якості (Q) визначали за формулою 4:

$$Q = \frac{(A + B)}{2} \quad (4),$$

де A і B – кількість особин першого й другого ідеотипів, тобто верхнього і середнього домінуючого ярусу. Усереднений показник між першим і другим ідіотипом рослин співставляли з третім ідеотипом рослин (нижній ярус) (C) з використанням таких співвідношень: $Q > C$, ценоз має сприятливу до росту й розвитку структуру особин, $Q < C$ – регресуюча, $Q = C$ – рівноважно-динамічна.

Індекс процвітання агрофітоценозу (I_Q) визначали за формулою 5:

$$I_Q = \frac{(A + B)}{2C} \quad (5).$$

Екологічну амплітуду технологічного варіанту визначали за індексом розмірної пластичності, який розраховували за формулою 6:

$$ISP = \frac{IVC_{max}}{IVC_{min}} \quad (6),$$

де IVC_{max} – індекс віталітету для рослин з ознаками найбільш вираженого морфотипу; IVC_{min} – індекс віталітету для рослин з ознаками найменш вираженого морфотипу.

Морфологічні ознаки рослин ріпаку озимого, які було відібрано для віталітетного аналізу було відібрано й згруповано відповідно до типологічної таблиці, вказаної у дослідженнях Я.Г. Цицюри [9] і представленій у формі адаптованої та тотожної таблиці 1. Відбір й облік вказаних морфопоказників було проведено на фазу бутонізації, цвітіння, формування стручків (рис. 2).

Таблиця 1

**Модульні блоки морфологічно-продуктивного аналізу рослин ріпаку
озимого (групування за [9])**

Модульний морфологічний блок	Ознака й розмірність її оцінки	Тривіальне позначення
Блок стебла і кореня	Висота стебла, см	H
	Діаметр стебла в основі, мм	D
	Висота стебла до першого галузнення, см	H ₁
	Індекс морфології стебла, см/мм	HDR
	Вага стеблової частини рослини, г	w ₁
	Вага кореня, г	WR
Блок листової частини	Число листків на стеблі, шт.	n
	Довжина листка, см	l
	Ширина листка, см	a
	Площа листків рослини, см ²	S
	Середня площа листка, см ²	S/n
	Товщина 10 листків, мм	h
	Вага листків з рослини, г	w ₂
	Елонгація листової пластинки	l/a
	Площа листя на одиницю фітомаси листя, см ² /г	SLA
Блок генеративної частини	Кількість квіток на рослині, шт.	N ₁
	Загальна вага суцвіття, г	w ₃
	Кількість репродуктивних галузень стебла, шт.	R
	Кількість стручків на рослині, шт.	N ₂
	Кількість насінин у стручку, шт.	g
	Загальна вага стручків з рослини на фазу зеленого стручка, г	w ₄
Продуктивний блок	Загальна вага рослини, г	W (WR + w ₁ + w ₂ + w ₃ + w ₄)
	Фотосинтетичне зусилля (вага листя на одиницю фітомаси)	LWR
	Репродуктивне зусилля RE (квітка), %	w ₃ / w ₁
	Репродуктивне зусилля RE (плід), %	w ₄ / w ₂
	Репродуктивне зусилля RE асиміляційне, %	w ₃ (w ₄)/S
	Співвідношення між площею листової поверхні й масою рослин, см ² /г	LAR
	Співвідношення між площею листової поверхні й діаметром стебла, см ² /см	ADR
	Відносний приріст за висотою, см/г (H/(w ₁ +w ₂ +w ₃ +w ₄))	HWR
	Маса 1000 насінин, г	m
	Площа проєкційної поверхні насіння, мм ²	s
	Вихід насіння з рослини, г	Y

Джерело: сформовано за результатами власних досліджень

Виклад основного матеріалу досліджень. Отримані й усереднені дослідження представлено у таблиці 2. З огляду на певну подібність формування показників у межах досліджуваних варіантів удобрення для обох гібридів ріпаку озимого, які перебували у вивченні, результати представлено лише для гібриду Абсолют.



Рис. 2. Польова оцінка блоку морфоознак ріпаку озимого гібриду Абсолют (компанії Limagrain), 2023 рік.

Джерело: сформовано за результатами власних досліджень

Статистична оцінка представлених даних показує, що чинники досліду, поставлені на вивчення, мають істотний вплив на формування структурованих показників віталітету агроценозу ріпаку озимого гібриду Абсолют. Встановлено зростання модуля морфологічної мінливості за поступової технологічної оптимізації удобрення, порівнюючи з контрольним варіантом. Водночас характер показника має варіюючий характер у межах варіантів із застосуванням додаткового живлення як завдяки застосуванню позакоренових підживлень, так і завдяки рістрегулюючих компонентів. На це вказує показник комбінативної варіації на рівні 13,82 % для варіантів із відсутнім фоновим удобренням і 20,27 % – для варіантів із застосуванням оптимізованого фонового удобрення з додатковим внесенням сірки (комбінаторика варіантів $B_4C_{1-2}D_{1-4}$). Тобто додаткове мінеральне живлення сприяє зростанню варіювання морфометрії рослин ріпаку озимого й загальній модульній мінливості у розрізі окремих частин рослини, що узгоджується із загальними висновками у низці досліджень [5, 7].

Таблиця 2

Модульно-морфологічна та ідеотипічна оцінка рослин ріпаку озимого гібриду Абсолют з обліком кінцевих морфоознак рослин на фазу жовтого стручка (ВВСН 85–87) (середнє за 2022–2023 рр.) (для N ознакових груп = 22 у несуміжних повтореннях)

Комбінаційний шифр варіанту	Розмах значень середніх показників у розрізі років (R)		Q	Середня частка рослин класу життєвості, %			I _Q	IVC	ISP
	Mod _x	I _{mmi}		A (верхній ярус)	B (середній ярус)	C (нижній ярус)			
A ₁ B ₁ C ₁ D ₁	0,44-0,62	0,425-0,872	30,80	10,80	50,80	38,40	0,80	0,586	1,125
A ₁ B ₁ C ₁ D ₂	0,45-0,61	0,459-0,905	31,50	11,90	51,10	37,00	0,85	0,598	1,174
A ₁ B ₁ C ₁ D ₃	0,47-0,64	0,517-0,967	32,35	12,50	52,20	35,30	0,92	0,606	1,168
A ₁ B ₁ C ₁ D ₄	0,49-0,67	0,525-0,998	33,27	13,40	53,14	33,46	0,99	0,627	1,187
A ₁ B ₁ C ₂ D ₁	0,48-0,69	0,512-0,929	32,66	11,20	54,12	34,68	0,94	0,631	1,150
A ₁ B ₁ C ₂ D ₂	0,44-0,72	0,535-0,978	33,60	11,50	55,69	32,81	1,02	0,675	1,194
A ₁ B ₁ C ₂ D ₃	0,42-0,75	0,593-0,997	36,45	12,20	60,70	27,10	1,35	0,715	1,208
A ₁ B ₁ C ₂ D ₄	0,50-0,77	0,578-1,037	39,10	12,50	65,70	21,80	1,79	0,782	1,234
A ₁ B ₂ C ₁ D ₁	0,52-0,68	0,509-1,002	34,55	13,20	55,90	30,90	1,12	0,671	1,221
A ₁ B ₂ C ₁ D ₂	0,55-0,82	0,523-1,024	36,15	13,80	58,50	27,70	1,31	0,702	1,242
A ₁ B ₂ C ₁ D ₃	0,57-0,85	0,554-1,077	36,90	14,10	59,70	26,20	1,41	0,774	1,282
A ₁ B ₂ C ₁ D ₄	0,55-0,87	0,576-1,102	37,55	14,90	60,20	24,90	1,51	0,819	1,299
A ₁ B ₂ C ₂ D ₁	0,59-0,72	0,590-1,125	38,60	15,30	61,90	22,80	1,69	0,751	1,242
A ₁ B ₂ C ₂ D ₂	0,60-0,74	0,596-1,184	39,05	15,90	62,20	21,90	1,78	0,850	1,271
A ₁ B ₂ C ₂ D ₃	0,62-0,80	0,615-1,218	39,40	16,70	62,10	21,20	1,86	0,879	1,296
A ₁ B ₂ C ₂ D ₄	0,63-0,82	0,622-1,273	40,15	17,40	62,90	19,70	2,04	0,908	1,311
A ₁ B ₃ C ₁ D ₁	0,55-0,77	0,685-1,004	37,30	17,50	57,10	25,40	1,47	0,712	1,239
A ₁ B ₃ C ₁ D ₂	0,58-0,80	0,691-1,057	38,30	17,40	59,20	23,40	1,64	0,758	1,251
A ₁ B ₃ C ₁ D ₃	0,63-0,87	0,715-1,099	39,45	18,10	60,80	21,10	1,87	0,823	1,272
A ₁ B ₃ C ₁ D ₄	0,64-0,90	0,739-1,123	40,45	18,70	62,20	19,10	2,12	0,921	1,309
A ₁ B ₃ C ₂ D ₁	0,68-0,85	0,704-1,088	39,25	18,20	60,30	21,50	1,83	0,857	1,281
A ₁ B ₃ C ₂ D ₂	0,72-0,86	0,740-1,102	39,65	18,50	60,80	20,70	1,92	0,919	1,299
A ₁ B ₃ C ₂ D ₃	0,73-0,91	0,769-1,135	40,25	18,80	61,70	19,50	2,06	0,987	1,317
A ₁ B ₃ C ₂ D ₄	0,75-0,93	0,797-1,218	40,80	19,10	62,50	18,40	2,22	1,005	1,325
A ₁ B ₄ C ₁ D ₁	0,66-0,87	0,665-1,061	41,10	19,30	62,90	17,80	2,31	0,888	1,254
A ₁ B ₄ C ₁ D ₂	0,71-0,92	0,579-1,112	41,35	19,60	63,10	17,30	2,39	0,923	1,287
A ₁ B ₄ C ₁ D ₃	0,82-0,93	0,591-1,174	41,60	19,80	63,40	16,80	2,48	1,120	1,309
A ₁ B ₄ C ₁ D ₄	0,83-0,96	0,623-1,212	41,45	18,70	64,20	17,10	2,42	1,215	1,347
A ₁ B ₄ C ₂ D ₁	0,85-0,95	0,643-1,233	42,05	19,20	64,90	15,90	2,64	1,067	1,379
A ₁ B ₄ C ₂ D ₂	0,85-0,97	0,696-1,271	42,30	19,50	65,10	15,40	2,75	1,203	1,387
A ₁ B ₄ C ₂ D ₃	0,86-0,98	0,702-1,307	42,70	19,90	65,50	14,60	2,92	1,269	1,402
A ₁ B ₄ C ₂ D ₄	0,89-1,00	0,711-1,335	43,00	20,10	65,90	14,00	3,07	1,312	1,427
НІР ₀₅	(F)F _φ = 92,14879; F _m = 1,78690			НІР ₀₅ (частка впливу %)			Fvalue Pr(>F) (55,6 < 2e-16 C p 0,0001)		
A (критерій умов року) %			0,0012 (43,00)	0,0035 (29,99)	0,0039 (21,66)		0,025 (25,87)		
B			0,009 (24,99)	0,0025 (13,58)	0,0023 (52,11)		0,015 (35,52)		
C			0,0014 (7,33)	0,0034 (3,89)	0,0047 (6,24)		0,0021 (10,31)		
D			0,0014 (9,78)	0,0034 (2,15)	0,0047 (11,22)		0,0021 (21,86)		
AB			0,0017 (0,28)	0,0056 (14,52)	0,0055 (1,18)		0,0036 (0,45)		
AC			0,0032 (0,54)	0,0070 (14,34)	0,0063 (0,82)		0,0050 (0,76)		
AD			0,0032 (0,31)	0,0070 (0,71)	0,0063 (0,29)		0,0050 (0,39)		
BC			0,0019 (9,18)	0,0060 (1,25)	0,0051 (4,15)		0,0029 (0,32)		
BD			0,0019 (0,74)	0,0060 (0,21)	0,0051 (0,11)		0,0029 (1,15)		
BC			0,0025 (1,32)	0,0074 (0,24)	0,0058 (0,41)		0,0041 (2,07)		
ABC			0,0052 (0,41)	0,0099 (13,47)	0,0075 (0,18)		0,0071 (0,55)		
ABD			0,0052 (0,18)	0,0099 (0,65)	0,0075 (0,14)		0,0071 (0,12)		
ACD			0,0057 (0,32)	0,0125 (2,05)	0,0091 (0,20)		0,0101 (0,21)		
BCD			0,0059 (1,41)	0,0089 (0,92)	0,0068 (1,05)		0,0058 (0,23)		
ABCD			0,0083 (0,21)	0,0167 (2,03)	0,0115 (0,24)		0,0142 (0,19)		

Джерело: власні дослідження автора

Водночас нами встановлено, що найбільш чутлива морфометрична реакція відзначена для показників асиміляційної поверхні й морфометрії стебла (висота, діаметр, компенсаторне галуження), а найменша – для показників морфометрії стручків і вагових характеристик насіння. Такий характер формування комплексу морфоознак закономірно відобразився на модифікованому індексі морфологічної інтеграції (I_{mmi}), який визначає рівень кореляційної детермінації ознак рослини у комплексних кореляційних плеядах показників представлених у табл. 1. Розмах значень цього показника закономірно зростає за інтенсифікації застосування мінеральних добрив із мінімального 0,447 за відсутності удобрення до 0,624 у варіанті поєднання фонового удобрення із внесенням сірки й повної комбінації застосування рістрегуляторів і системи позакоренових підживлень. З одного боку, це вказує на збереження закономірностей формування розмірів окремих частин рослини навіть на фоні істотної оптимізації мінерального живлення, що узгоджується з [12, 13], а з іншого боку – це вказує на зміну тісноти зв'язку між морфологічними ознаками з огляду на певну стимуляцію активного росту, що порушує вже відзначені закономірності у спряженому розвитку [8].

Система удобрення забезпечила також різномірний вплив на формування ярусності агроценозу з формуванням трьох основних ідіотипів описаних у низці досліджень на хрестоцвітих культурах [7, 8]. Формування вказаних морфотипів рослин прийнято називати «ярусністю посіву». Ю.А. Злобін [9] відзначав у своїх дослідженнях, що агрофітоценози культурних рослин характеризуються певним типом ярусності, що є співвідношенням груп рослин різної висоти й ступеня розвиненості. У посівах одних культур така ярусність чітко невизначена, а в посівах інших – вона чітко прослідковується. Він наголошував, що різноякісність рослин у структурі посіву знижує їхню продуктивність до 25 %. Технології, за автором, мають відповідати конкретному ідіотипу рослин, а не загальному їхньому масиву на одиниці площі. Водночас вивчення закономірностей формування вегетативних органів рослин має враховувати характер архітекτονіки посіву, просторове розміщення його елементів. Це особливо важливо, коли вивчається площа живлення рослин і мінеральні добрива.

Вказується [8], що головним завданням агротехнологій є формування домінуючої частки рослин середнього ярусу, яке дозволяє формувати агроценоз вирівняний як за морфологічним розвитком, так і за фізіологічним процесами: досяганням, вологовіддачею, фенорозвитком. За цих умов мінеральні добрива мають корегувати процес формування частки відповідних ідіотипів рослин, а оптимальні варіанти удобрення забезпечують формування насамперед рослин середнього ярусу за суттєвого зниження рослин нижнього ярусу в агроценозі. Інтенсивне зростання частки рослин верхнього ярусу також є небажаним, оскільки зумовлює процеси різкої висотної диференціації посіву, створює умови до відхилень у рівномірності дозрівання та утруднює процеси збирання, що для ріпаку є надзвичайно важливим для запобігання втрат. З огляду на ці твердження та результати оцінки ідіотипів рослин у агроценозі дослідних варіантів підтверджено позитивний вплив інтенсифікації удобрення завдяки як фоновому, так і

позакореневого живлення за вирощування озимого ріпаку. Так, відмічено зростання частки рослин середнього ярусу на 23,1 % у співставленні контрольного варіанту і варіанту з комплексним фоновим живлення за додаткового внесення сірки й комплексу з повного спектру позакореневих підживлень (варіант D₄). Водночас частка рослин нижнього ярусу для цих же варіантів знизилась у 2,6 рази – з 36,4 % до 14,0 %. У підсумку це беззаперечно позитивно відобразиться на урожайності рослин у межах досліджуваних варіантів. Встановлено також позитивний вплив поступової оптимізації живлення рослин завдяки позакореневих підживлень з усередненої часткою зростання відсотку рослин середнього і верхнього ярусу на 1,85 % у низці варіантів досліду D₁–D₄.

Позитивний вплив на ідіотипову структуру агроценозу ріпаку підтверджено сталим зростанням показника індексу якості (Q) й індексу процвітання агрофітоценозу (I_Q). Для першого показника встановлено поступове поліпшення віталітету агроценозу ріпаку озимого з регресуючого типу ($Q < C$ – регресуюча) у варіанті повної відсутності фонового удобрення за мінімуму додаткових варіантів рістрегулюючого й позакореневого живлення до $Q > C$ сприятливого росту й розвитку структури особин.

У результуючому підсумку за індексом віталітету (IVC) й індексом розмірної пластичності (ISP) досліджувані варіанти мали істотний різномірний вплив на результуючі показники віталітету агроценозу з мінімальним значенням на контрольному варіанті 0,586 і 1,125, а також максимальними значеннями у варіанті поєднання комплексного із сіркою фонового удобрення, застосування рістрегулюючих речовин і повного варіанту застосування позакореневих підживлень на рівні 1,312 і 1,427 відповідно. Водночас усереднений приріст за застосування рістрегулюючих препаратів (чинник C) склав приріст у 6,95 %, а завдяки позакореневим підживленням усереднений інтервал приросту в ряду варіантів D₁–D₄ був на рівні 8,37 %.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Отже, мінеральні добрива є надійним чинником регулювання віталітетної структури агроценозу ріпаку озимого з максимальним позитивним ефектом за поєднання комплексного фонового живлення із застосуванням різних форм азоту й сірки, рістрегуляторів і системи позакореневих підживлень. Водночас частка чинника гідротермічних умов періоду вегетації щодо показника індексу віталітету (IVC) у системі багатофакторного дисперсійного аналізу склала 25,87 %, частка фонового удобрення –35,52 %, частка рістрегулюючого компонента –10,30 %, частка впливу позакореневих підживлень – 21,86 %. На підставі вищеподаного, оптимізація системи удобрення озимого ріпаку за вирощування високоінтенсивних гібридів дозволяє істотно поліпшити віталітет агроценозу цієї культури й підвищити рівень реалізації продуктивного їхнього потенціалу.

Перспектива подальших досліджень, на нашу думку, полягатиме у дослідженні зв'язку визначеної віталітетної структури агроценозу з показниками урожайності та його якості для відповідних генотипів ріпаку озимого.

Список використаної літератури

1. Поляков О.І. Особливості росту, розвитку та формування врожайності ріпаку озимого залежно від норми висіву за різних строків сівби. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2022. № 33. С. 99–110. DOI: 10.36710/ІОС-2022-33-10.
2. Лихочвор В.В., Петриченко В.Ф. Ріпак. Львів: Українські технології, 2010. 124 с.
3. Волошук І.С. Агротехнологічні основи вирощування насіння ріпаку озимого в умовах Західного Лісостепу України. Львів: Сполом, 2017. 212 с.
4. Beres J., Becka D., Tomasek J., Vasak J. Effect of autumn nitrogen fertilization on winter oilseed rape growth and yield parameters. *Plant Soil Environment*. 2019. Vol. 65. P. 435–441. DOI: 10.17221/444/2019-PSE.
5. Зубцова І.В., Скляр В.Г., Мельничук С.Д., Бондарєва Л.М. Віталітетна структура ценопопуляцій *Melilotus officinalis* (L.) Pall. в умовах заплавних лук Крелевецько-Глухівського геоботанічного району. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Агрономія і біологія*. 2019. № 1–2 (35–36). С. 10–15. DOI: <https://doi.org/10.32845/agrobio.2019.1-2.2>.
6. Мельник А.В., Присяжнюк О.І., Бондарчук І.Л. Оцінка стабільності та пластичності показників урожайності сортів та гібридів ріпаку озимого в різних агрокліматичних зонах України. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Агрономія і біологія*. 2016. № 9 (36). С. 145–149.
7. Хмелянчишин Ю.В. Оптиміальне поєднання сорту, способу сівби і удобрення в енергозаощаджуваній технології вирощування насіння ріпаку ярого в південно-західній частині Лісостепу України: автореф. дис. ... канд с.-г. наук: 06.01.09. Подільський аграрно-технічний університет. Кам'янець-Подільський. 2005. 20 с.
8. Цицюра Я.Г. Особливості формування ярусності агрофітоценозів редьки олійної в умовах Лісостепу правобережного України. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Агрономія*. 2018. Вип. 286. С. 205–215.
9. Цицюра Я.Г. Оцінка ефективності конструювання агрофітоценозів та удобрення редьки олійної на основі модульно-віталітетного методу. *Сільське господарство та лісівництво*. 2019. № 3 (14). С. 57–78. DOI: 10.37128/2476626-2019-3-5.
10. Matsera O.O. Comparative evaluation of quality properties of winter rapeseed depending on the level of fertilizers and sowing date. *Сільське господарство та лісівництво*. 2020. № 1 (16). С. 108–118. DOI: 10.37128/2707-5826-2020-1-8.
11. Забарний О.С. Вплив норм висіву на формування продуктивності агроценозів ріпаку озимого (*Brassica napus* L. *oleifera*). *Агроекологічний журнал*. 2023. № 3. С. 128–135. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2023.287771>.

12. Злобін Ю.А. Популяційна екологія рослин: сучасний стан, пункти росту. Суми: Університет. Книга. 2009. 263 с.
13. Злобін Ю.А. Алгоритм оцінки віталітету особин рослин і віталітетної структури фітопопуляцій. *Чорноморський ботанічний журнал*. 2018. Том 14 (3). С. 213–226.
14. Рогач В.В. Накопичення і перерозподіл вуглеводів і азотовмісних сполук між органами рослин ріпаку в онтогенезі за дії хлормекватхлориду. *Агробіологія*. 2010. Вип. 4 (80). С.45–50.
15. Сайко В.Ф. Особливості проведення досліджень з хрестоцвітими олійними культурами. К.: «Інститут землеробства НААН», 2011. 76 с.

Список використаної літератури у транслітерації / References

1. Poliakov O.I. (2022). Osoblyvosti rostu, rozvytku ta formuvannia vrozhaivosti ripaku ozymoho zalezno vid normy vysivu za riznykh strokiv sivby [*Features of growth, development and yield formation of winter rape depending on the sowing rate at different sowing dates*]. *Naukovotekhnichniy biuleten Instytutu oliinykh kultur NAAN – Scientific and technical bulletin of the Institute of Oilseeds of NAAS*. № 33. 99–110. DOI: 10.36710/IOC-2022-33-10. [in Ukrainian].
2. Lykhochvor V.V., Petrychenko V.F. (2010). Ripak [*Oilseed rape*]. Lviv: Ukrainski tekhnolohii. [in Ukrainian].
3. Voloshuk I.S. (2017). Ahrotekhnolohichni osnovy vyroshchuvannia nasinnia ripaku ozymoho v umovakh Zakhidnoho Lisostepu Ukrainy. [*Agrotechnological bases of growing winter rape seeds in the conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraine*]. Lviv : Spolom. [in Ukrainian].
4. Beres J., Becka D., Tomasek J., Vasak J. (2019). Effect of autumn nitrogen fertilization on winter oilseed rape growth and yield parameters. *Plant Soil Environment*. Vol. 65. P. 435–441. DOI: 10.17221/444/2019-PSE. [in English].
5. Zubtsova I.V., Skliar V.H., Melnychuk C.D., Bondarieva L.M. (2019). Vitalitetna struktura tsenopopulatsii *Melilotus officinalis* (L.) Pall. v umovakh zaplavnykh luk Krolevetsko-Hlukhivskoho heobotanichnoho raionu [*Vitality structure of Melilotus officinalis* (L.) Pall. cenopopulations in the conditions of floodplain meadows of Krolevets-Glukhiv geobotanical region]. *Visnyk Sumskogo nacionalnogo agrarnogo universytetu. Seriya: Agronomiya i biologiya – Bulletin of the Sumy National Agrarian University. Series: Agronomy and biology*. № 1–2 (35–36). 10–15. DOI: <https://doi.org/10.32845/agrobio.2019.1-2.2>. [in Ukrainian].
6. Melnyk A.V., Prysiazhniuk O.I., Bondarchuk I.L. (2016). Otsinka stabilnosti ta plastychnosti pokaznykiv urozhainosti sortiv ta hibrydiv ripaku ozymoho v riznykh ahroklimatychnykh zonakh Ukrainy [*Evaluation of stability and plasticity of yield parameters of winter rape varieties and hybrids in different agroclimatic zones of Ukraine*]. *Visnyk Sumskogo nacionalnogo agrarnogo universytetu. Seriya: Agronomiya i biologiya – Bulletin of the Sumy National Agrarian University. Series: Agronomy and biology*. № 9 (36). 145–149. [in Ukrainian].

7. Khmelianchyshyn Yu.V. (2005). Optymalne poiednannia sortu, sposobu sivby i udobrennia v enerhozaoshchadzhuvanii tekhnolohii vyroshchuvannia nasinnia ripaku yarocho v pivdenno-zakhidnii chastyni Lisostepu Ukrainy [*Optimal combination of variety, sowing method and fertilizer in energy-saving technology of spring rape seed cultivation in the southwestern part of the Forest-Steppe of Ukraine*]: avtoref. dys. ... kand s.-h. nauk: 06.01.09. Podilskyi ahrarno-tekhnichnyi universytet. Kamianets-Podilskyi. [in Ukrainian].
8. Tsytsiura Ya.H. (2018). Osoblyvosti formuvannia yarusnosti ahrofitotsenoziv redky oliinoi v umovakh Lisostepu pravoberezhnoho Ukrainy [*Peculiarities of formation of tiering of oilseed radish agrophytocenoses in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine*]. *Naukovyj visnyk Nacionalnogo universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannya Ukrayiny. Seriya: Agronomiya – Scientific Bulletin of the National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine. Series: Agronomy*. Issue 286. 205–215. [in Ukrainian].
9. Tsytsiura Ya.H. (2019). Otsinka efektyvnosti konstruiuvannia ahrofitotsenoziv ta udobrennia redky oliinoi na osnovi modulno-vitalitetnoho metodu [*Evaluation of the effectiveness of agrophytocenosis design and fertilization of oil radish based on the modular-vital rate method*]. *Silke hospodarstvo ta lisivnytstvo – Agriculture and forestry*. № 3 (14). 57–78. DOI: 10.37128/2476626-2019-3-5. [in Ukrainian].
10. Matsera O.O. (2020). Comparative evaluation of quality properties of winter rapeseed depending on the level of fertilizers and sowing date. *Silke hospodarstvo ta lisivnytstvo – Agriculture and forestry*. № 1 (16). 108–118. DOI: 10.37128/2707-5826-2020-1-8. [in English].
11. Zabarnyi O.S. (2023). Vplyv norm vysivu na formuvannia produktyvnosti ahrotsenoziv ripaku ozymoho (*Brassica napus* L. *oleifera*) [*Influence of seeding rates on the formation of productivity of winter rape agrocenoses*]. *Ahroekolohichniy zhurnal – Agroecological journal*. № 3. 128–135. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2023.287771>. [in Ukrainian].
12. Zlobin Yu.A. (2009). Populiatsiina ekolohiia roslyn: suchasnyi stan, punkty rostu. Sumy [*Population ecology of plants: current state, growth points*]: Universytet. Knyha. [in Ukrainian].
13. Zlobin Yu.A. (2018). Alhorytm otsinky vitalitetu osobyn roslyn i vitalitetnoi struktury fitopopuliatsii [*Algorithm for estimating the vitality of plant individuals and the vitality structure of phytopopulations*]. *Chornomorskyi botanichniy zhurnal – Black Sea Botanical Journal*. Vol. 14 (3). 213–226. [in Ukrainian].
14. Rogach V.V. (2010). Nakopychennya i pererozpodil vuglevodiv i azotovmisnyx spoluk mizh organamy roslyn ripaku v ontogenezi za diyi xlormekvatxlorydu [*Accumulation and redistribution of carbohydrates and nitrogen-containing compounds between the organs of rapeseed plants in ontogenesis under the action of chlormequat chloride*]. *Agrobiologiya – Agrobiology*. Issue. 4 (80). 45-50. [in Ukrainian].
15. Saiko V.F. (2011). Osoblyvosti provedennia doslidzhen z khrestotsvitymy oliinymy kulturamy [*Features of research with cruciferous oilseeds*]. K.: «Instytut zemlerobstva NAAN». [in Ukrainian].

ANNOTATION
**VITALITY OF WINTER RAPE AGROCENOSIS UNDER DIFFERENT
FERTILIZATION OPTIONS IN THE CONDITIONS OF THE RIGHT-BANK
FOREST-STEPPE OF UKRAINE**

The results of a two-year cycle of studying the vitality structure of the agrophytocenosis of winter rape intensive high-yielding hybrid Absolute under different fertilization systems, which provided different options in terms of background mineral nutrition, the use of growth-regulating drugs and different options for foliar feeding, are presented. The morphological parameters of winter rape plants were studied with the formation of four main blocks of indicators (root, stem, assimilation surface, generative part) and the initial data set was formed, which allowed to determine such indicators of agrocenosis vitality as the vitality coefficient, the module of morphological variability, the modified index of morphological integration, the quality index, the index of agrophytocenosis prosperity, the index of dimensional plasticity. The analysis of the determined parameters of vitality in statistical integration with the calculation of the range and mean value, variation and share of each factor according to the experimental scheme in the context of a multivariate analysis of variance scheme allowed to identify the factor components of influence on the vitality of winter rape agrocenosis, taking into account the variant of background fertilization, the use of growth regulation and foliar fertilization system in order to find the optimal variant of combined fertilization of winter rape.

The increase in the optimization of winter rape vital structure in comparison with the control variant was estimated, with an additional increase in the indicators for a single graded increase in fertilization intensity.

Conclusions were made about the optimal morphostructure of winter rape agrocenosis in variants of maximum intensification of mineral fertilizers application. At the same time, the maximum indicators of vitality assessment of winter rape agrocenosis in the variant of combining complex background fertilization with the use of various forms of fertilizers in combination with sulfur application against the background of growth-regulating drugs and complex application of multiple foliar fertilization were established, which provided the following parameters of plant vitality tactics: vitality coefficient (IVC) 1,312, module of morphological variability (Mod_x) 0.98–1.00, modified index of morphological integration (I_{mmi}) 0,711–1,335, quality index (Q) 43.00, index of agrophytocenosis prosperity (I_Q) 3,07, index of dimensional plasticity (ISP) 1,427.

Keywords: winter rape, vitality, vitality index, indicators of vitality tactics, fertilization system.

Table 2. Fig. 2. Lit. 15.

Інформація про автора

Томчук Олександр Миколайович – аспірант кафедри землеробства, ґрунтознавства та агрохімії ВНАУ (21008, м. Вінниця, вул. Сонячна 3; e-mail: tomchuk.oleksandr@eridon.ua, 0952860640).

Tomchuk Oleksandr Mykolaiovych – postgraduate student of the of Soil Management, Soil Science and Agrochemistry, Vinnytsia National Agrarian University (21008, Vinnytsia, Soniachna Str. 3; e-mail: tomchuk.oleksandr@eridon.ua, 0952860640).