

УДК 581.132.1:633.854.79

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.143.2.14>

ФОРМУВАННЯ АСИМІЛЯЦІЙНОЇ ПОВЕРХНІ РІПАКУ ОЗИМОГО ЗАЛЕЖНО ВІД ВАРІАНТІВ ПОЄДНАННЯ РІСТРЕГУЛЮЮЧИХ КОМПОНЕНТІВ ТА УДОБРЕННЯ В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ ПРАВОБЕРЕЖНОГО

Томчук О.М. – аспірант кафедри землеробства, ґрунтознавства та агрохімії,
Вінницький національний аграрний університет
orcid.org/0000-0002-9167-833X

Сучасні підходи до комбінованих систем живлення озимого ріпаку вимагають формування цілісного адаптивного підходу, який враховує відповідні рівні технологічної ємності сучасних генотипів даної культури та носить інтегрований характер як з позиції впливу на морфогенез рослин, так і з позиції забезпечення його оптимізації, формуючи передумови для максимальної реалізації урожайного потенціалу сортів та гібридів. Такий підхід стосується і базової складової, яка є по суті індикатором продуктивності агроценозу – аналізу формування та функціонування асиміляційної поверхні рослин.

Враховуючи ці аспекти за багаторічний цикл вивчення було досліджено динаміку формування та продуктивної ефективності листкового апарату рослин озимого ріпаку за комбінованої системи удобрення озимого ріпаку при застосуванні системи рістрегулюючих компонентів бінарної фунгіцидно-регулятивного характеру у поєднанні із варіантами позакореневого підживлення. Для системи було підібрано варіанти, які пропонуються на ринку агрохімікатів та по окремоті довели свою виробничу ефективність та доцільність застосування.

Застосування у дослідженнях апробованих методів оцінки та узагальнення дозволили виділити найбільш ефективний варіант вирощування озимого ріпаку на сірих лісових ґрунтах в умовах нестійкого зволоження, який передбачає поліпшений варіант основного удобрення (ВВСН 00: Діамофоска N-9% P-25% K-25% (100 кг/га) + Росаферт 5-10-25+10S (120 кг/га); ВВСН 19–20 (по мерзлоталому ґрунту): Росаферт NPK 16-14-07 (100 кг/га) + КАС-32 (200 л/га) + Гіосульфат амонію (ATS) (30 л/га)) у поєднанні із застосуванням рістрегулюючих компонентів (ВВСН 14–18: Регулятор Букат ((тебеконазол 500 гр/л) (0,35 л/га)); ВВСН 35–39: Карамба Турбо 0,65 л/га + Букат 0,35 л/га) за додаткового застосування системи позакореневих підживлень (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)). Застосування такої системи дозволяє на найбільш критичну з позиції реалізації урожайного потенціалу гібридів кукурудзи – цвітіння – досягнути показника площі асиміляційної поверхні на рівні до 49 тис. м²/га за рівня фотосинтетичного потенціалу до 2,700 млн. м² діб/га та чистої продуктивності фотосинтезу в інтервалі 7,89–8,65 г/м² за доби.

Ключові слова: удобрення, рістрегулятори, позакореневі підживлення, площа листя, фотосинтетичний потенціал, чиста продуктивність фотосинтезу.

Tomchuk O.M. Formation of the assimilation surface of winter rape depending on the variants of combination of regulating components and fertilization in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe

Modern approaches to combined nutrition systems for winter rape require the development of a holistic adaptive approach that takes into account the appropriate levels of technological capacity of modern genotypes of this crop and is integrated both in terms of influencing plant morphogenesis and ensuring its optimization, creating the prerequisites for maximizing the yield potential of varieties and hybrids. This approach also applies to the basic component, which is essentially an indicator of agroecosystem productivity – the analysis of the formation and functioning of the assimilation surface of plants.

Taking into account these aspects, the dynamics of formation and productive efficiency of the leaf apparatus of winter rape plants under the combined fertilization system of winter rape using

a system of growth-regulating components of binary fungicide-regulatory nature in combination with foliar feeding options was studied over a multi-year cycle of research. For the system, we selected options that are offered on the agrochemical market and have individually proven their production efficiency and feasibility.

The use of widely tested methods of evaluation and generalization in the research allowed us to identify the most effective option for growing winter rape on gray forest soils under conditions of unstable moisture, which provides an improved version of the main fertilizer (BBCH 00: Diammophoska N-9% P-25% K-25% (100 kg/ha) + Rosafert 5-10-25+10S (120 kg/ha); BBCH 19–20 (on permafrost soil): Rosafert NPK 16-14-07 (100 kg/ha) + UAN-32 (200 l/ha) + Ammonium Thiosulfate (ATS) (30 l/ha)) in combination with the use of growth regulating components (BBCH 14–18: Regulator Bukat ((thiconazole 500 g/l) (0.35 l/ha)); BBCH 35–39: Karamba Turbo 0.65 l/ha + Bukat 0.35 l/ha) with the additional use of foliar fertilization system (Rosalik (B, Mo, S) (1 l/ha) + adjuvant Spray-Aid (0.08 l/ha) (BBCH 31–34)) + Rosasol 18-18-18 + ME (3 kg/ha) + adjuvant Spray-Aid (0.08 l/ha) (BBCH 51–53)). The use of such a system allows to achieve the assimilation surface area of up to 49 thousand m²/ha at the most critical stage of corn hybrids' yield potential realization – flowering – with the photosynthetic potential of up to 2.700 million m² days/ha and net photosynthetic productivity in the range of 7.89–8.65 g/m² per day.

Key words: fertilizers, growth regulators, foliar fertilization, leaf area, photosynthetic potential, net photosynthetic productivity.

Постановка проблеми. Сучасні сорти та гібриди ріпаку озимого володіють комплексом адаптивних властивостей, що дозволяє досягати урожайності насіння на рівні до 6–7 т/га [1, с. 2–3]. Звичайно, що реалізація такого урожайного потенціалу не можлива без відповідної системи удобрення та системи догляду за посівами з огляду на вимогливість ріпаку озимого до забезпечення як основними макро-, так і мікроелементами [2, с. 180–181]. Важливим є також контроль шкідників генеративної частини, який може за нефективної системи захисту знизити урожайність ріпаку озимого майже на половину [3, с. 31–33].

Разом із тим, слід розуміти, що урожайні властивості будь-якого виду рослин реалізуються за рахунок формування відповідного типу продуктивної архітектури, яка забезпечує як достатні збалансовані темпи ростових процесів, так і формує відповідні величини індексів вегетативного та репродуктивного зусилля, що у підсумку реалізується у значеннях індивідуальної структури насіннєвої продуктивності та самих показників якості сформованого врожаю [4, с. 477–478].

Слід зауважити, що серед окреслених параметрів такої бажаної продуктивної архітектоніки показник індивідуальної площі листя або ж значення сформованої площі асиміляційної поверхні відповідного агроценозу ріпаку озимого відіграють одну із базових значень, формуючи фізіологічну потребу в фотосинтетично отриманих асимілянтах необхідних для реалізації генетичного програмного компоненту продуктивності самих рослин [5, с. 2–3].

Для ріпаку озимого формування оптимального значення площі асиміляційної поверхні є одним із головних компонент формування високоврожайних посівів [6, с. 2–3; 7, с. 143–144]. Відмічається при цьому, що для ріпаку, як і для більшості інших культур оптимальні розміри асиміляційної поверхні мають сягати показника 40–50 тис. м²/га та мати відповідну тривалість функціонування на такому рівні облистяності [1, с. 2–3]. З огляду на це важливим аспектом сучасних технологій вирощування ріпаку, з огляду на тенденції до зниження кількісної норми висіву, є пошук оптимальних агротехнологічних важелів направлених на формування високих продуктивних значень площі листків на одній рослині з метою реалізації продуктивності агроценозів ріпаку озимого за норми висіву в інтервалі 300–500 тис. рослин/га [8, с. 160; 9, с. 109–110]. При цьому складністю такого

регулювання є наявність двох фаз у фенологічному розвитку ріпаку озимого. Це осінній період до входу у зиму та відновлення вегетації навесні, що формує необхідність у пошуку збалансованої тактики покликантої як забезпечити збереження відповідної площі листків до входження рослин у зиму та забезпечення достатнього рівня накопичення необхідних компонентів асимілянтів, які визначатимуть зимостійкість та морозостійкість, а з іншого боку сформувати передумови для активного відновлення вегетації із формуванням оптимальної площі листа на 1 га не створюючи перешкод для формування відповідної продуктивної архітекτονіки самих рослин [10, с. 232–233; 11, с. 129].

Слід враховувати, що фізіологічно формування листків на рослин в осінній період має суттєво нижчі темпи, ніж темпи цього процесу у період відновлення вегетації особливо у міжфазний період від початку формування стебла до початку цвітіння [12, с. 54]. Такий характер формування показника створює реальні агро-технологічні ризики, враховуючи природні процеси різкого зниження площі листа після перезимівлі в силу природних процесів відмирання листків в силу різних причин [13, с. 272–273]. З огляду на це по своїй суті стан асиміляційної поверхні рослин озимого ріпаку як перед входом у зиму, так і після повного відновлення вегетації і едикацією ефективності застосованої системи удобрення та відповідного рівня забезпеченості рослин відповідними елементами живлення [14, с. 2–3].

Свого максимуму асиміляційна поверхня на ріпаку озимого переважно досягає на фазу початку цвітіння з інтенсивним зниженням у послідовуючі фенологічні фази в міру формування плодоеlementів та дозрівання насіння [15, с. 854]. Зокрема, відмічено, що максимальна площа листової поверхні у рослин спостерігається у фазі цвітіння і плодоношення, та коливається залежно від генотипу сорту чи гібриду на рівні 20,6–48,2 тис. м²/га. Разом із тим відзначається, що даний показник має певну генотипічну детермінацію та може залежати від морфотипу рослин відповідного сорту чи гібриду, групи його стиглості, системи реалізації генотипового коду з огляду на ґрунтово-кліматичні особливості періоду активної вегетації рослин [16, с. 2450–2451]. При цьому рівень адаптивності самого гібриду чи сорту буде значною мірою визначатись показником площі листа на рослині при істотному погіршенні вказаних гідротермічних умов [17, с. 2218–2220].

За рахунок такої періодики у формуванні асиміляційної поверхні рослин важливою запорукою формування оптимальної фотосинтетичної структури посівів буде планування раціонального удобрення у осінній період та застосування комбінованих варіантів удобрення на початку відновлення весняної вегетації рослинами [18, с. 4–5].

Слід зауважити, що не дивлячись на досить ґрунтовне дослідження питання формування площі листового апарату ріпаку озимого питання формування даного показника з огляду на комбіновані варіанти удобрення із застосуванням фонового мінерального живлення, системи рістрегулюючих прерпаратів та варіантів позакореневого підживлення є питанням, яке потребує додаткового наукового узагальнення, особливо враховуючи великий варіативний розмах пропозицій для умов Лісостепу правобережного України на сірих лісових ґрунтах.

Матеріали та методи дослідження. Дослідження було закладено та проведено впродовж 2022–2024 років на базі ТОВ «ВІН-АГРО ГРУП» на сірих лісових ґрунтах з такими середніми агрохімічними показниками: вміст гумусу 2,00%, лужногідролізованого азоту (за Корнфілдом) 81 мг/кг ґрунту, рухомого фосфору (за Мачигінім) 171,9 мг/кг ґрунту, обмінного калію (за Чиріковим) 129 мг/кг ґрунту та рН 6,3. Загальна схема досліду представлена в табл. 1. У організації

варіантів дослідів було застосовано систему з чотирьохразової повторності з ярусним розміщенням при обліковій площі ділянки 50 м². Строк сівби вказаних варіантів дослідів був одно типовий та календарно відповідав третій декаді серпня за кількісної норми висіву 500 тис. насінин/га при ширині міжрядь 35 см.

Таблиця 1

Схема дослідів з вивчення впливу комбінованої системи удобрення ріпаку озимого на формування та реалізацію показників біопродуктивності

Гібрид (чинник А)	Основне удобрення (чинник В)	Застосування регуляторів росту (чинник С)	Позакореневе підживлення мікродобривами (чинник D)
Домінатор (DSV) (A ₁)	Базовий (В ₁) (ВВСН 00: Діамофоска N-9% P-25% K-25% (100 кг/га) + Росаферт 5-10-25 (120 кг/га); ВВСН 19-20 (по мерзлоталому ґрунту): Росаферт НРК 16-14-07 (100 кг/га) + карбамід (150 кг/га) Норма внесення для варіанту – N ₁₀₀ P ₅₁ K ₆₂	Контроль (без обробки) (С ₁)	(D ₁) Без підживлення
			(D ₂) Розалік (В, Мо, S) (1 л/га) + ад'ювант Спрей-Ейд (0,08 л/га) (ВВСН 31-34))
			(D ₃) Розасоль 18-18-18+МЕ (3 кг/га) + ад'ювант Спрей-Ейд (0,08 л/га) (ВВСН 51-53))
			(D ₄) 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))
		ВВСН 14-18: Регулятор Букат ((тебеконазол 500 гр/л) (0,35 л/га)); ВВСН 35-39: Карамба Турбо 0,65 л/га + Букат 0,35 л/га (С ₂)	(D ₁) Без підживлення
			(D ₂) Розалік (В, Мо, S) (1 л/га) + ад'ювант Спрей-Ейд (0,08 л/га) (ВВСН 31-34))
			(D ₃) Розасоль 18-18-18+МЕ (3 кг/га) + ад'ювант Спрей-Ейд (0,08 л/га) (ВВСН 51-53))
			(D ₄) 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))
Абсолют (Limagrain) (A ₂)	Поліпшений (В ₂) (ВВСН 00: Діамофоска N-9% P-25% K-25% (100кг/га)+Росаферт 5-10-25+10S (120 кг/га); ВВСН 19-20 (по мерзлоталому ґрунту): Росаферт НРК 16-14-07 (100 кг/га) + КАС-32 (200 л/га) + Тіосульфат амонію (ATS) (30 л/га)) Норма внесення для варіанту – N ₁₀₀ P ₅₁ K ₆₂ S ₂₂	Контроль (без обробки) (С ₁)	(D ₁) Без підживлення
			(D ₂) Розалік (В, Мо, S) (1 л/га) + ад'ювант Спрей-Ейд (0,08 л/га) (ВВСН 31-34))
			(D ₃) Розасоль 18-18-18+МЕ (3 кг/га) + ад'ювант Спрей-Ейд (0,08 л/га) (ВВСН 51-53))
			(D ₄) 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))
		ВВСН 14-18: Регулятор Букат ((тебеконазол 500 гр/л) (0,5 л/га)); ВВСН 35-39: Карамба Турбо 0,65 л/га + Букат 0,35 л/га (С ₂)	(D ₁) Без підживлення
			(D ₂) Розалік (В, Мо, S) (1 л/га) + ад'ювант Спрей-Ейд (0,08 л/га) (ВВСН 31-34))
			(D ₃) Розасоль 18-18-18+МЕ (3 кг/га) + ад'ювант Спрей-Ейд (0,08 л/га) (ВВСН 51-53))
			(D ₄) 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))

* – фаза розвитку озимого ріпаку за шкалою ВВСН.

Попередником за схемою чергування культур у сівозміні господарства була озима пшениця. Система обробітку ґрунту після збору попередника передбачала дискування у два сліди на глибину 6–8 см та послідовую оранку на глибину 23–25 см. Система передпосівного обробітку передбачала застосування комплексного ґрунтообробного агрегату з передпосівною культивациєю та вирівнюванням. Після посіву застосовувалось післяпосівне коткування.

У дослідженнях використано два гібриди ріпаку озимого: середньоранній Домінатор (DSV) та середньостиглий Абсолют (Limagrain).

Система фіто захисту застосована на всіх варіантах дослідів включала: у фазі 2 листочків гербіцид Бутізан Авант (2,5 л/га) + через 5 днів кіллітоп (1,5 л/га) (циперметрин 50 г/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 та шкідників Дерозал (карбендазим 500 гр/л, 1 л/га) та 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) та Біская (0,5 л/га).

Аналіз погодних умов за період досліджень було проведено за використання таких параметрів як: середньодобова температура ($^{\circ}\text{C}$), сума опадів (мм), відносна вологість повітря (%), гідротермічний коефіцієнт (ГТК) (формула 1), індекс посушливості Де Мартона (I_{DM}) (формула 2), коефіцієнт зволоження Іванова (K_z) (формула 3).

$$ГТК = \frac{\sum R}{0.1 \times \sum t_{>10}} \quad (1)$$

де: $\sum R$ – сума опадів (мм) за період з температурою вище 10°C , $\sum t_{>10}$ – сума ефективних температур за той самий період.

$$I_{DM} = \frac{12P_m}{T_m + 10} \quad (2)$$

де P_m і T_m – кількість опадів і середня температура повітря у відповідному місяці відповідно

$$K_z = \frac{P}{E} \quad (3)$$

де: K_z – коефіцієнт зволоження; P – сума опадів за аналізований період, мм; E – випаровуваність за аналізований період, мм (формула 4)

$$E = 0,0018 \times (25 + t)^2 \times (100 - a) \quad (4)$$

де за аналізований період: t – середня температура повітря $^{\circ}\text{C}$; a – середня вологість повітря, %.

Зведені результати оцінки гідротермічних умов представлено в табл. 2, а графік динаміки змін середньодобової температури та суми опадів на рис. 1.

Погодні умови за період досліджень мали відповідні відмінності з позиції біологічних властивостей ріпаку озимого. Так умови вегетаційного сезону 2021/2022 років відмічено із вираженим дефіцитом зволоження в осінній період вегетації ріпаку озимого на фоні інтенсивного зниження середньодобових температур, що зумовило подовження тривалості сходів та формування ризиків до перезимівлі. Весняний період вегетації 2021/2022 рр. також характеризувався як прохолодний впродовж травня з послідовним інтенсивним наростанням температур

на фоні помірного вологозабезпечення. У підсумку даний вегетаційний сезон 2021/2022 рр. був найпрохолоднішим за весь період оцінки та за значеннями відповідних коефіцієнтів зволоження та посушливості мав у середньому на 18,9% нижчу забезпеченість вологою за рахунок атмосферного зволоження.

Веgetаційний сезон 2022/2023 рр. характеризувався надмірним вологозабезпеченням (+64,5% до середньо багаторічної норми) період осіннього розвитку ріпаку озимого на фоні підвищених на 11,5% рівня багаторічного режиму середньодобових температур. Навпаки період відновлення вегетації та активного росту на весні відбувався на фоні повільного наростання середньодобових температур з нерівномірним зволоженням на рівні середньо багаторічних показників.

Умови сезону вегетації ріпаку 2023/2024 рр. характеризувались сприятливими умовами осіннього періоду вегетації за відносно посушливого періоду квітня–травня у період її відновлення за інтенсивної динаміки наростання середньодобових температур.

Таблиця 2

**Основні параметри та індекси гідротермічних умов періоду вегетації
ріпаку озимого, 2021–2024 рр.**

Рік	Сума опадів, мм (IV–VI)	$t_{\text{сеп.}}, ^\circ\text{C}$ (IV–VI)	Місяці								
			IV			V			VI		
			ГТК	I_n	K_z	ГТК	I_n	K_z	ГТК	I_n	K_z
2021	282,8	13,26	0,23	38,8	0,96	3,13	66,7	1,64	1,68	39,8	1,00
2022	242,1	14,30	0,56	57,4	2,33	1,43	31,3	0,79	1,50	36,1	0,85
2023	239,8	14,18	1,54	91,5	3,33	0,08	1,9	0,04	1,64	38,9	0,87
2024	262,1	16,27	3,26	47,5	3,18	0,58	13,2	0,24	1,66	40,4	0,98

Рік	Сума опадів, мм (VII–X)	$t_{\text{сеп.}}, ^\circ\text{C}$ (VII–X)	Місяці											
			VII			VIII			IX			X		
			ГТК	I_n	K_z	ГТК	I_n	K_z	ГТК	I_n	K_z	ГТК	I_n	K_z
2021	176,9	15,4	0,78	20,1	0,45	1,46	35,7	0,91	0,71	17,6	0,51	0,00	1,7	0,04
2022	436,6	16,0	0,90	22,4	0,58	1,71	43,1	1,06	4,96	98,1	2,60	3,17	51,4	1,50
2023	247,1	18,3	1,41	35,8	0,82	0,65	16,9	0,36	1,01	23,4	0,63	1,03	29,9	0,93
2024	219,8	19,6	1,19	31,1	0,66	0,77	19,8	0,41	0,45	10,6	0,22	1,17	30,5	1,06

Рік	$t_{\text{сеп.}}, ^\circ\text{C}$	**Сума опадів, мм	Рік	$t_{\text{сеп.}}, ^\circ\text{C}$	Сума опадів, мм	Рік	$t_{\text{сеп.}}, ^\circ\text{C}$	Сума опадів, мм	Рік	$t_{\text{сеп.}}, ^\circ\text{C}$	Сума опадів, мм
2021	-0,3	356,1	2022	1,2	216,9	2023	2,2	278,0	2024	2,9	371,2

* – середня середньодобова температура ($^\circ\text{C}$): ** – сума опадів (мм) за період листопад попереднього року – березень наступного року.

При цьому зимовий період був відносно теплий з фіксованими мінімальними температурами січня на рівні -10 – -12 $^\circ\text{C}$. Проте слід відмітити малосніжність для всіх трьох сезонів, що створювала загрози для перезимівлі та сформувала вищі рівні зниження густоти стояння рослин.

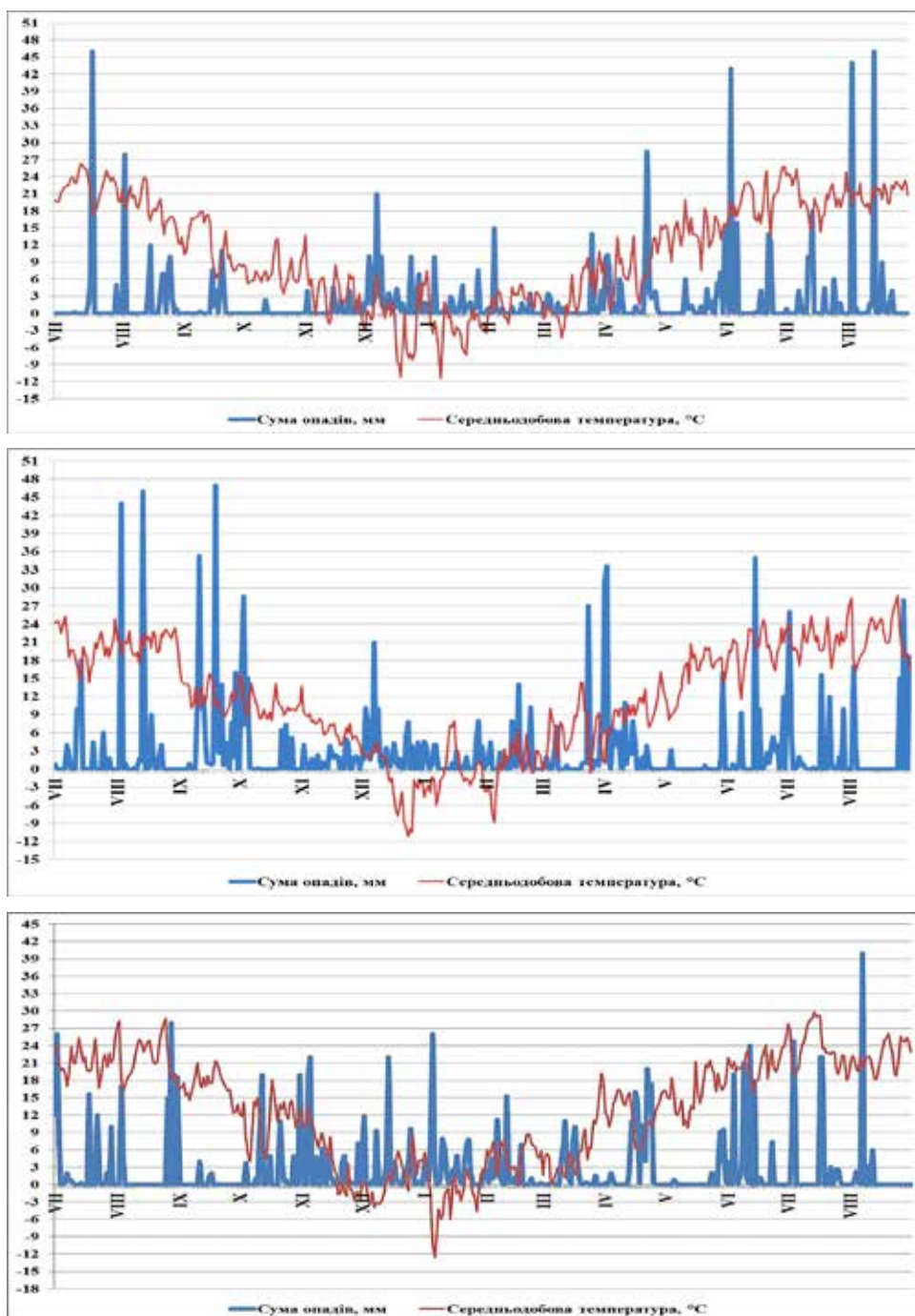


Рис. 1. Гідротермічний режим періоду вегетації ріпаку озимого
(попередньо: верхня позиція 2021–2022 рр., середня позиція – 2022–2023 рр.,
нижня позиція – 2023–2024 рр.)

У результаті підсумку динамічний ряд сезонів вегетації ріпаку озимого у дослідженнях у напрямку зростання оптимальності можна розмістити у наступному порядку: 2021/2022 – 2023/2024 – 2022/2023.

Закладення та супровід варіантів досліду проводили у відповідності до стандартних методичних рекомендацій досліджень з агрохімікатами [19, с. 5–12; 20, с. 8–30] та проведення оцінок генотипів у схемах державного сортовипробування [21, с. 7–52].

Детермінацію фенологічного розвитку гібридів ріпаку озимого у досліді проводили, застосовуючи стандартну шкалу ВВСН для даної культури.

Визначення параметрів асиміляційної поверхні рослин ріпаку озимого у варіантах досліду проводили за таким порядком:

- площу листя з використанням рекомендованої методики за вагою листя [22, с. 1287 з врахуванням [17, с. 2220–2222] з калькуляцією показника для 10 типових рослин на 1 м² та послідовним переведенням показника відповідно до значень фактичної густоти стояння рослин;

- величину фотосинтетичного потенціалу відповідно стандартної методики [21, с. 12–19], застосовуючи формулу 5:

$$\Phi П = \frac{(S_1 + S_2) \times T}{2} \quad (5)$$

де: Т – період тривалості між обліками показників від S₁ до S₂ у кількості, діб;
S₁ і S₂ – площа листової поверхні рослин у відповідні періоди, тис. м²/га;

- чисту продуктивність фотосинтезу (ЧПФ) визначали на підставі формули 6:

$$\text{ЧПФ} = \frac{(B_2 - B_1)}{\frac{(S_1 + S_2) \times T}{2}} \quad (6)$$

де: B₁ і B₂ – вага сухої маси рослин з 1 м² чи з 1 га посіву на початку і наприкінці врахованого проміжку часу Т, г; S₁ і S₂ – площа листя на початок і на кінець проміжку часу Т; Т – проміжок часу, діб;

- динаміку нагромадження сухої маси ріпаку озимого визначали шляхом висушування наважок до абсолютно сухого стану при температурі 105 °С.

Для статистичної оцінки результатів досліджень було застосовано стандартні схеми дисперсійного аналізу та прийоми статистичної обробки середніх дослідних величин для 5% рівня значимості [23, с. 85–170].

Виклад основного матеріалу дослідження. Проведеними дослідженнями встановлено, що формування величини асиміляційної поверхні гібридів ріпаку озимого за застосованих варіантів удобрення мало істотні відмінності як в досягнутому рівні показника, так і в динаміці його формування (табл. 3). При цьому характер динаміки формування площі листя у розрізі облікових фенологічних фаз. Так, застосований варіант поліпшений варіант основного удобрення забезпечив прирости площі асиміляційної поверхні обох гібридів ріпаку озимого у співставленні до базового варіанту у всі фенологічні стадії обліку показника.

Таблиця 3

**Фенологічна динаміка формування площі асиміляційної поверхні у гібридів
ріпаку озимого залежно від застосованих варіантів удобрення, тис. м²/га
(середнє за 2021–2024 рр.)**

Основне удобрення (чинник В)	Регу- лятора росту (чинник С)	Варіант піджив- лення (чинник D)	4 справжні листки	Розетка листя 8-9 лист- ків	Бутоніза- ція	Цвітіння	Дозрі- вання
Домінатор							
Базовий (В ₁)	C ₁	D ₁	3,65	14,57	23,54	31,69	2,17
		D ₂	3,63	14,88	25,39	35,22	4,51
		D ₃	3,71	14,84	24,44	34,08	3,59
		D ₄	3,64	15,11	26,15	36,25	6,11
	C ₂	D ₁	3,58	16,11	27,57	37,93	4,77
		D ₂	3,61	16,67	29,45	40,87	6,39
		D ₃	3,65	16,21	28,44	39,11	5,12
		D ₄	3,62	16,48	30,19	43,44	8,91
Поліпшений (В ₂)	C ₁	D ₁	3,79	16,71	27,52	36,08	3,11
		D ₂	3,74	17,02	28,85	38,88	5,28
		D ₃	3,71	17,19	26,33	38,17	4,14
		D ₄	3,69	17,24	29,09	41,56	7,23
	C ₂	D ₁	3,77	18,24	31,31	41,12	5,22
		D ₂	3,75	18,41	32,56	43,41	7,69
		D ₃	3,72	18,62	30,97	42,17	6,28
		D ₄	3,74	18,57	34,14	48,57	9,55
HIP ₀₅ BCD			0,24	0,37	0,72	1,14	1,39
Абсолют							
Базовий (В ₁)	C ₁	D ₁	3,98	15,58	26,32	37,11	6,52
		D ₂	3,09	16,02	25,29	36,29	5,14
		D ₃	3,05	15,39	26,87	39,08	8,12
		D ₄	3,98	16,56	28,54	39,41	5,92
	C ₂	D ₁	3,99	17,24	30,18	42,55	8,18
		D ₂	4,03	17,41	28,84	41,24	6,91
		D ₃	4,07	16,89	31,55	45,57	9,84
		D ₄	4,11	17,59	28,52	38,15	4,39
Поліпшений (В ₂)	C ₁	D ₁	4,14	18,14	29,27	41,14	7,55
		D ₂	4,18	18,23	28,05	40,03	6,05
		D ₃	4,09	17,92	30,74	43,88	8,27
		D ₄	4,12	18,81	32,69	42,27	6,44
	C ₂	D ₁	4,15	19,43	33,27	47,31	9,48
		D ₂	4,13	19,71	31,92	46,12	8,59
		D ₃	4,12	19,27	34,52	49,59	10,08
		D ₄	3,98	15,58	26,32	37,11	6,52
HIP ₀₅ BCD			0,17	0,42	0,83	1,47	1,48

Так для гібриду Домінатор, приріст цього варіанту основного удобрення усереднено по варіантах застосування рістрегулюючих речовин та системи позакоренових підживлень було на рівні 2,81% на фенологічну фазу 4 справжніх листків, 13,29% на фенологічну фазу розетки, 11,68% на фенологічну фазу бутонізації та 9,44% на фенологічну фазу цвітіння. Для гібриду Абсолют вказані значення були на рівні 9,62%, 13,84%, 11,61% та 11,12% відповідно. При цьому загальна збереженість асиміляційної поверхні на стадії дозрівання насіння, на яку відповідно до ряду досліджень [1, с. 2–3; 4, с. 476–477; 17, с. 2219–2220] у хрестоцвітних встановлено закономірності до інтенсивного зниження облистяності рослин – становила для гібриду Домінатор 16,67%, а для гібриду Абсолют 11,26% відповідно.

Отримані результати узгоджуються із висновками [9, с. 109–110; 12, с. 56–57], що оптимізація системи удобрення проведена у період до зимового спокою озимого ріпаку має характер коливальний: спочатку поступове наростання прирістного характеру на основні морфологічні ознаки рослин, в т.ч. і на площу листя, а в послідовному – поступове затухання позитивної дії за загального уповільнення відмирання листового апарату в ході досягнення рослинами стану технічної та фізіологічної стиглості.

Застосування комплексу рістрегуляторів у формі фунгіцидів-ретардантів (Букат та Карамба Турбо) за рахунок відміченого двоякого впливу ретардантів [24, с. 189–191] як з позиції зміни направленості морфогенезу на загальне вкорочення стебла, збільшення гілкування та посилення розвитку кореневої системи, так і з позиції оптимізації площі асиміляційної поверхні за рахунок оптимізації розміщення листків на рослині, підвищення коефіцієнту ФАР – також сприяв зростання показника площі асиміляційної поверхні розпочинаючи з фенологічної фази його дії, за датою застосування. При цьому ефект дії підсилювався фунгіцидною складовою дію обох рістрегуляторів, що формувало передумови до загальної збереженості листового апарату та запобіганню скороченню облистяності рослин за рахунок зниження показника внаслідок зростання потенційного ризику ураження збудниками хвороб та послідовною втратою функцій асиміляції. Такі висновки підтверджено як загальною збереженістю листового апарату рослин (за тим же критерієм кількості фізіологічно активного листя на фазу дозрівання рослин ріпаку озимого), який у відсотковому значенні у співставленні до варіанту без застосування рістрегуляторів становив 49,22% для гібриду Домінатор та 30,62% для гібриду Абсолют. Щодо позитивної дії рістрегуляторів у комбінованому поєднанні із системою удобрення то приріст площі листя усереднено до варіантів без рістрегулюючих речовин у гібриду Домінатор становив для фази розетки 9,21%, для фази бутонізації 15,77% та для фази цвітіння 13,45%. Аналогічні показники для гібриду Абсолют склали 8,16%, 14,25% та 14,46% відповідно.

Позитивним щодо впливу на формування асиміляційної поверхні було і застосування системи позакоренових підживлень, яке у всіх застосованих варіантах забезпечило позитивні прирости показника, який усереднено для варіантів підживлення на фазу цвітіння був для гібриду Домінатор на рівні 7,87% у варіанті підживлення D_2 , 4,57% у варіанті підживлення D_3 та 15,67% у варіанті підживлення D_4 . Аналогічна тенденція у формуванні показника визначена для гібриду Абсолют, де вказані показники були на рівні 8,92%, 6,05% та 15,40% відповідно. При цьому, спостерігається той же позитивний ефект щодо збереження високої частки облистяності за показником листя на фазу дозрівання рослин ріпаку озимого – від 25–29% за варіанту підживлення D_2 до 74% у варіанті підживлення D_4 . При цьому за порівняння ефектів приростів для варіантів D_2 та D_3 у результатуючому

значенні для варіанту D₄ відмічено синергічний ефект результуючої дії підживлення за поєднання другого та четвертого варіантів застосування позакореневих підживлень. Такий характер позитивно узгоджується із висновками щодо строків та чергування позакореневих підживлень у сучасних технологіях вирощування ріпаку озимого [25, с. 2–4; 26, с. 9–10].

Слід також відмітити і генотипові відмінності в реакції ріпаку озимого на застосовану систему удобрення та рістрегуляції. Так, усереднено для комбінаторики варіантів загальної схеми дослідів величина сформованої асиміляційної поверхні рослин була на 5,26% вищою, а прирости показників у межах проаналізованих факторів були вищими у гібрида Абсолют з усередненим індексом росту на рівні 1,107.

Зроблені вище висновки щодо формування результативної ознаки узгоджуються із результатами візуалізації частки факторів дисперсійної системи дослідів, відповідно до визначених факторів (рис. 2) де за впливом фактори розмістились для обох гібридів ріпаку озимого у такому ряду за порядком зростання впливу BCD–BC–BD–C–B–D.

Визначені особливості формування показника площі листкового апарату ріпаку озимого закономірно відобразились у формуванні показника фотосинтетичного потенціалу гібридів ріпаку озимого (табл. 4).

Звичайно, що певні відмінності у формуванні показників було отримано за результатами різної стиглості гібридів – середньоранній Домінатор та середньостиглий Абсолют та відповідні особливості тривалості міжфазних періодів міжрічна варіативність яких у межах років досліджень становила для сходів–розетки 11,56%, для стеблуння–бутонізації 14,58%, для бутонізації–цвітіння 9,74% та для цвітіння–дозрівання – 19,74%. Виходячи із оцінки адаптивності ріпаку озимого до зміни гідротермічних умов [27, с. 2–5] на підставі варіювання фенологічних дат – обидва гібриди слід віднести до генотипів з високою рівнем адаптивності. При цьому значення показників фотосинтетичного потенціалу у сумі за міжфазний період розетка – цвітіння понад 2,000 млн. м²діб/га а в окремих варіантах дослідів і понад 2,500 млн. м² діб/га (з огляду на [28, с. 8–11]) вказує на високий біопродуктивний потенціал вивчаємих сортів ріпаку озимого.

Формування показника фотосинтетичного потенціалу у розрізі чинників дослідів мало подібний характер, що й для формування показника площі асиміляційної поверхні. Так, застосування поліпшеного варіанту основного удобрення у середньому за період досліджень забезпечило прирости до базового варіанту основного удобрення у гібриду Домінатор для міжфазного періоду 4 листки–розетка 15,25%, для міжфазного періоду стеблуння–бутонізації 14,67% та для міжфазного періоду бутонізації–цвітіння 17,53%. Аналогічний показник для гібриду Абсолют становив 18,27%, 13,30% та 25,67% відповідно.

Застосування рістрегуляторів також позитивно впливало на показник. Проте це вплив був істотно відмінний для гібридів. Зокрема, для гібриду Домінатор у співставленні до варіанту без рістрегуляції приріст показника склав 11,20%, а для гібриду Абсолют 4,24%. Такі відмінності обумовлені перш за все групою стиглості гібридів і, зокрема, тим фактом, що для більш пізньостиглих форм ріпаку зростає варіативна складова тривалості міжфазних періодів та наявність пролонгованої позитивної реакції більше на зміну мінерального живлення ніж на дію рістрегулюючих компонентів. На це вказується в окремих аналітичних публікаціях [16, с. 2451–2452; 29, с. 3–5].

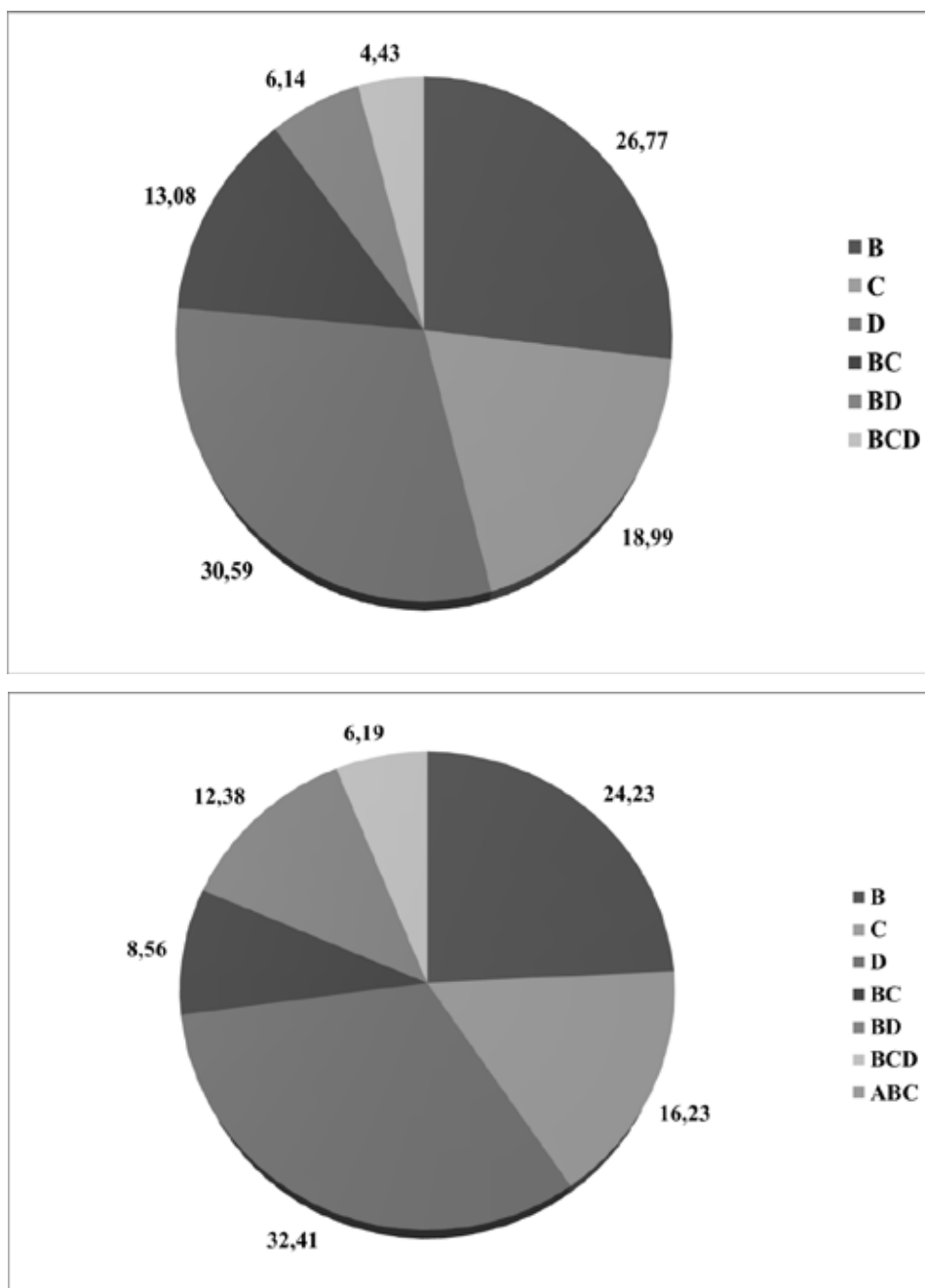


Рис. 2. Результати впливу факторів дослідів на формування показника площі асиміляційної поверхні гібриду ріпаку озимого Домінатор (верхня позиція) та гібриду Абсолют (нижня позиція), 2021–2024 рр.

Таблиця 4

Фотосинтетичний потенціал гібридів ріпаку озимого залежно від застосованих варіантів удобрення, млн. м² діб/га (середнє за 2021–2024 рр.)

Основне удобрення (чинник В)	Регулятора росту (чинник С)	Варіант підживлення (чинник D)	4 справжні листки – розетка	Стеблукання – бутонізація	Бутонізація – цвітіння	За період розетка -цвітіння	4 справжні листки – розетка	Стеблукання – бутонізація	Бутонізація – цвітіння	За період розетка -цвітіння
			гібрид Абсолют				гібрид Домінатор			
Базовий (В ₁)	C ₁	D ₁	0,023	0,018	0,012	0,350	1,013	0,536	0,023	0,018
		D ₂	0,026	0,022	0,014	0,342	1,098	0,634	0,026	0,022
		D ₃	0,026	0,021	0,013	0,344	1,054	0,554	0,026	0,021
		D ₄	0,031	0,025	0,016	0,341	1,150	0,692	0,031	0,025
	C ₂	D ₁	0,026	0,020	0,011	0,339	0,937	0,646	0,026	0,020
		D ₂	0,031	0,026	0,015	0,361	1,002	0,764	0,031	0,026
		D ₃	0,029	0,024	0,014	0,364	0,961	0,666	0,029	0,024
		D ₄	0,032	0,029	0,016	0,367	1,050	0,848	0,032	0,029
Поліпшений (В ₂)	C ₁	D ₁	0,029	0,023	0,015	0,401	1,182	0,667	0,029	0,023
		D ₂	0,033	0,029	0,018	0,423	1,234	0,810	0,033	0,029
		D ₃	0,031	0,026	0,017	0,426	1,179	0,715	0,031	0,026
		D ₄	0,035	0,030	0,019	0,407	1,285	0,895	0,035	0,030
	C ₂	D ₁	0,031	0,025	0,015	0,413	1,065	0,787	0,031	0,025
		D ₂	0,036	0,030	0,018	0,413	1,144	0,967	0,036	0,030
		D ₃	0,033	0,027	0,016	0,417	1,075	0,819	0,033	0,027
		D ₄	0,039	0,033	0,019	0,421	1,200	1,051	0,039	0,033
HIP ₀₅ BCD			0,081	0,112	0,142	0,153	0,072	0,108	0,129	0,131

Підтверджена також позитивна роль застосування системи позакоренових підживлень. Так для гібриду Домінатор за послідовних варіантів їх внесення (відповідно до схеми дослідів) послідовно D₂–D₃–D₄ у співставленні до контролю без їх застосування (D₁) усереднені прирістні значення показника визначено на рівні 12,55%, 6,55% та 19,29% відповідно. Аналогічні показники для гібриду Абсолют становили 9,85%, 3,13% та 15,36% – тобто із тим же характером синергічного поєднання за комбінованого застосування двох позакоренових підживлень передбачених у варіанті D₄. Такі результати узгоджуються з важливістю, для максимальної реалізації біопродуктивного потенціалу інтенсивних гібридів озимого ріпаку, застосування системи позакоренових підживлень, які забезпечують приріст основних продуктивних компонент рослин ріпаку озимого впродовж їх вегетації на рівні 9–25% [30, с. 4–7; 31, с. 2252–2254; 32, с. 110–111].

Показник чистої продуктивності фотосинтезу з огляду на методологію його калькуляції, у логічному порядку також формувався під впливом чинників дослідів (табл. 5). Зокрема, підтверджена доцільність за вирощування ріпаку озимого застосування поліпшеної системи основного удобрення. Для обох гібридів встановлено позитивні прирости показника чистої продуктивності фотосинтезу

(ЧПФ) у порівнянні з варіантом базового основного удобрення, яке становило у гібриду Домінатор величину 19,84% для міжфазного періоду 4 листки–розетка, 18,50%, для міжфазного періоду стеблуння–бутонізація та 18,63% та для міжфазного періоду бутонізація–цвітіння. Аналогічний ряд показника для гібриду Абсолют був наступним: 8,76%, 10,79% та 19,15% відповідно.

Усереднений приріст від застосування комплексу рістрегуляторів з фунгіцидним комбінованим ефектом була на рівні 6,57% для гібриду Домінатор та 10,08% для гібриду Абсолют.

Ефективність формування ЧПФ за дії підживлення по вегетації до контролю без їх застосування (D_1) становили для гібриду Домінатор у варіанті D_2 – 7,00%, у варіанті D_3 – 2,98%, а у варіанті D_4 – 12,79%. Для гібриду Абсолют аналогічні значення впливу у формі приростів до контрольного варіанту були на рівні 5,28%, 0,82% та 10,92% відповідно.

Таблиця 5

Чиста продуктивність фотосинтезу гібридів ріпаку озимого залежно від застосованих варіантів удобрення, г/м² за добу (середнє за 2021–2024 рр.)

Основне удобрення (чинник В)	Регулятора росту (чинник С)	Варіант підживлення (чинник D)	4 справжні листки – розетка	Стеблуння – бутонізація	Бутонізація – цвітіння	4 справжні листки – розетка	Стеблуння – бутонізація	Бутонізація – цвітіння
			гібрид Абсолют			гібрид Домінатор		
Базовий (В ₁)	C ₁	D ₁	2,41	4,08	5,46	2,77	4,52	6,12
		D ₂	2,52	4,32	5,88	2,91	4,77	6,51
		D ₃	2,48	4,11	5,62	2,84	4,21	6,34
		D ₄	2,55	4,49	6,59	3,03	4,96	6,91
	C ₂	D ₁	2,56	4,59	5,64	2,84	4,89	6,55
		D ₂	2,69	5,17	6,32	3,02	5,31	6,91
		D ₃	2,54	4,91	6,05	2,96	5,08	6,69
		D ₄	2,71	5,47	6,91	3,14	5,82	7,28
Полішений (В ₂)	C ₁	D ₁	2,89	5,07	6,55	3,05	4,71	7,41
		D ₂	3,05	5,41	7,12	3,19	4,89	7,77
		D ₃	3,02	5,15	6,79	3,09	4,43	7,61
		D ₄	3,07	5,78	7,74	3,27	5,19	8,13
	C ₂	D ₁	3,03	5,28	7,08	3,17	5,88	7,79
		D ₂	3,12	5,77	7,32	3,27	6,13	8,24
		D ₃	3,16	5,44	7,01	3,12	5,97	7,92
		D ₄	3,18	6,11	7,89	3,41	6,63	8,65
HIP ₀₅ BCD			0,10	0,17	0,19	0,11	0,15	0,17

Висновки і перспективи подальших досліджень. На підставі проведених багаторічних оцінок доведена, з позиції формування високопродуктивної,

за своїми параметрами, асиміляційної поверхні агроценозу високоінтенсивних гібридів ріпаку озимого, комбінована система удобрення у поєднанні із рістрегуляторами, яка передбачає застосування поліпшеної системи основного удобрення із внесенням рістрегулюючих речовин із фунгіцидним ефектом Бука та Карамба Турбо згідно схеми дослідів при застосуванні у форматі позакореневого внесення комбінації добрив, яка передбачає застосування 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)). Застосування такої системи дозволяє сформувати на ріпаку озимому за його вирощування на сірих лісових ґрунтах в умовах нестійкого зволоження площу асиміляційної поверхні на рівні 48–49 тис. м²/га за показників фотосинтетичного потенціалу на рівні 2,607–2,673 млн. м² діб/га та досягнути показника чистої продуктивності фотосинтезу у основний продуктивноформуєний міжфазний період вегетації ріпаку озимого у значенні 7,89–8,65 г/м² за добу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Zhang W., Li Z., Pu Y., Zhang Y., Tang Z.; Fu, J., Xu W., Xiang Y., Zhang F. Estimation of the Leaf Area Index of Winter Rapeseed Based on Hyperspectral and Machine Learning. *Sustainability*. 2023. Vol. 15. 12930.
2. Kappen L., Hammler A., Schultz G., Seasonal Changes in the Photosynthetic Capacity of Winter Rape Plants under Different Nitrogen Regimes Measured in the Field. *Journal of Agronomy & Crop Science*. 1998. Vol. 181. P. 179–187.
3. Pullens J.W.M., Sharif B., Trnka M., Balek J., Semenov M.A., Olesen J.E. Risk factors for European winter oilseed rape production under climate change. *Agricultural and Forest Meteorology*. 2019. № 272–273. P. 30–39.
4. Sharifi R. S., Zadeh M. Z., Seiedi M. N. Evaluation of yield and growth indices of canola (*Brassica napus* L.) cultivars in different nitrogen fertilization levels. *Journal of Phytology*. 2009. Vol. 6. P. 475–481.
5. Jarecki W. The Reaction of Winter Oilseed Rape to Different Foliar Fertilization with Macro- and Micronutrients. *Agriculture*. 2021. Vol. 11. 515.
6. Hunková E., Živčák M., Olšovská K. Leaf area duration of oilseed rape (*Brassica napus* subsp. *napus*) varieties and hybrids and its relationship to selected growth and productivity parameters. *Journal of Central European Agriculture*. 2011. Vol. 12(1). P. 1–15.
7. Поляков О.І., Вахненко С.В., Нікітенко О.В. Особливості росту, розвитку й формування врожайності ріпаку озимого сорту Стілуца в залежності від системи удобрення. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2016. № 23. С. 143–148.
8. Стельмах О.М., Кифорук І.М., Григорів Я.Я., Туць Л.І. Урожайність ріпаку озимого залежно від рівня удобрення та захисту від бур'янів. *Таврійський науковий вісник*. 2022. Вип. 127. С. 159–165.
9. 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. Вип. 16. С. 108–118.
10. Кононенко Л. М. Панфілова А. В. Манзій О. П. Вміст хімічних складових та продуктивність ріпаку озимого залежно від сортових особливостей у Правобережному Лісостепу України. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2022. Вип. 100. Част. 1. С. 231–241.
11. Забарний О. С. Вплив норм висіву на формування продуктивності агроценозів ріпаку озимого (*Brassica napus* L. *Oleifera*). *Агроекологічний журнал*. 2023. № 3. С. 128–135.

12. Домарацький Є. О., Базалій В. В., Домарацький О. О. Продуктивність ріпаку озимого залежно від азотного живлення та рістрегулюючих препаратів за умов кліматичних змін. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2019. Вип. 1. С. 53–62.
 13. Sieling K., Kage H. Efficient N management using winter oilseed rape. A review. *Agronomy for Sustainable Development*. 2010. Vol. 271–279.
 14. Dellero Y, Jossier M, Bouchereau A, Hodges M, Leport L. Leaf Phenological Stages of Winter Oilseed Rape (*Brassica napus* L.) Have Conserved Photosynthetic Efficiencies but Contrasted Intrinsic Water Use Efficiencies at High Light Intensities. *Frontiers in Plant Science*. 2021. Vol. 15. № 12. 659439.
 15. Malagoli P., Laine P., Rossato L., Ourry A. Dynamics of Nitrogen Uptake and Mobilization in Field-grown Winter Oilseed Rape (*Brassica napus*) from Stem Extension to Harvest: I. Global N Flows between Vegetative and Reproductive Tissues in Relation to Leaf Fall and their Residual N. *Annals of Botany*. 2005. Vol. 95. Issue 5. P. 853–861.
 16. Ahmadi S. A. K., Eyni-Nargeseh H. Foliar application of growth regulators mitigates harmful effects of drought stress and improves seed yield and oil quality of rapeseed (*Brassica napus* L.). *Gesunde Pflanzen*. 2023. Vol. 75. № 6. P. 2449–2462.
 17. Tsytsiura Y. Formation and determination of the individual area of oilseed radish leaves in agrophytocenoses of different technological construction. *Agronomy Research*. 2020. Vol. 18. № 3. P. 2217–2244.
 18. Bencze G., Futo Z. Comparative variety experiment of winter rapeseeds (*Brassica napus* L.) hybrids in 2020. *Research Journal of Agricultural Science*. 2020. Vol. 52. № 3. P. 3–11.
 19. Сайко В.Ф. Особливості проведення досліджень з хрестоцвітими олійними культурами. К.: «Інститут землеробства НААН». 2011. 76 с.
 20. Лісовал А. П. Методи агрохімічних досліджень. Київ: НАУ. 2021. 190 с.
 21. Методика проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Український інститут експертизи сортів рослин; ред. Ткачик С.О.; Києнко З.Б. Присяжнюк Л.М. та ін. Вінниця. 2016. 159 с.
 22. Kaushik P., Pati K.P., Khan M.L., Khare P.K. A quick and simple method for estimating leaf area by leaf weight. *International Journal of Botany Studies*. 2021. Vol. 6. Iss. 6. P. 1286–1288.
 23. Дисперсійний і кореляційний аналіз результатів польових дослідів : навч. посіб. / В. О. Ушкаренко та ін. Херсон : Айлант. 2009. 372 с.
 24. Bakhmat M. I., Sendetsky I. V., Kozina T. V., Sendetsky V. M. (2019). The influence of growth regulator and seeding rates on the formation of winter rape production in the conditions of the Western Forest-Steppe. *Agrology*. Vol. 2. Iss. 3. P. 189–193.
 25. Filipova M., Zheleva I., Sulejmenova N., Abildaev E. An Analysis of Growth Factors of Rapeseed at Modern Resource-saving Technology, *AIP Conference Proceedings*. 2017. 1895. 030001.
 26. Мацера О.О. Вплив елементів технології вирощування на розвиток рослин, врожайність та якість насіння озимого ріпаку. *Danish Scientific Journal*. 2020. Issue 36 (2). С. 7–15.
 27. Junk J., Torres A., El Jaroudi M., Eickermann, M. Impact of Climate Change on the Phenology of Winter Oilseed Rape (*Brassica napus* L.). *Agriculture*. 2024. Vol. 14. 1049.
 28. Jankovska-Bortkevič E., Jurkonienė S., Gavelienė V., Prakas P. Oilseed Rape: Biology, Use, Current Cultivation Issues and Agronomic Management. *IntechOpen*. 2023. URL: <https://www.intechopen.com/chapters/85363>
 29. Stahl A., Pfeifer M., Frisch M., Wittkop B., Snowdon R.J. Recent Genetic Gains in Nitrogen Use Efficiency in Oilseed Rape. *Frontiers in Plant Science*. 2017. Vol. 8. 963.
-

30. Gao, L., Wang, C., Wu, A. Chen H., Liao Q., Liao Y. Effect of layered fertilizer strategies on rapeseed (*Brassica napus* L.) productivity and soil macropore characteristics under mechanical direct-sowing. *Scientific Reports*. 2024. Vol. 14, 25457.
 31. Jankowski K.J., Sokólski M., Bogucka B., Dubis B. Micro-Granulated Starter Fertilizer Effects on Growth and Productivity of Winter Oilseed Rape. *Agronomy Journal*. 2018. Vol. 110, Iss. 6. P. 2250–2258.
 32. Цицюра Я.Г., Томчук О.М. Індикація системи живлення ріпаку озимого за показниками індукції флуоресценції хлорофілу. *Аграрні інновації*. 2023. № 21. С. 110–118.
-