

УДК 631.5: 633.85 (477.41)

Вплив норм висіву насіння на фотосинтетичну діяльність посівів ріпаку ярого

С. М. Каленська, А. В. Юник*

Національний університет біоресурсів і природокористування України, вул. Героїв Оборони, 15,
м. Київ, 03041, Україна, *e-mail: yunikav@bigmir.net

Мета. Встановити закономірності впливу норм висіву насіння та норм внесення мінеральних добрив на фотосинтетичну діяльність і продуктивність посівів ріпаку ярого (*Brassica napus oleifera* DC.) на чорноземах типових малогумусних Правобережного Лісостепу України. **Методи.** Під час проведення досліджень використовували загальноприйняті методики для наукових досліджень в рослинництві. **Результати.** Встановлено особливості фотосинтетичної діяльності та формування продуктивності посівами ріпаку ярого в умовах Правобережного Лісостепу. Досліджено динаміку формування площі листкової поверхні в основні періоди росту й розвитку культури. Максимальна площа листків у ВВСН 35–38 відмічена за норми висіву 1,6 млн схожих насінин/га, у ВВСН 55–58 – 1,4–1,6, ВВСН 65–68 – 1,0–1,2 млн схожих насінин/га. В період ВВСН 35–38 – ВВСН 65–68 (стеблуння–цвітіння) площа листкової поверхні на всіх варіантах досліду збільшується, досягаючи максимуму у ВВСН 65–68. Внесення мінеральних добрив сприяє наростанню листкової поверхні ріпаку ярого. В процесі досліджень нами було встановлено динаміку формування цього показника в різні стадії розвитку культури залежно від норм внесення мінеральних добрив: від сходів культури до ВВСН 55–58 максимальна площа листків формується за внесення $N_{120}P_{90}K_{150}$. Починаючи з ВВСН 65–68, найбільшу асиміляційну поверхню ріпак формує за внесення $N_{90}P_{60}K_{120}$. У результаті проведеного кореляційно-регресійного аналізу встановлено, що в період ВВСН 14–16 – ВВСН 35–38 відсутня кореляційна залежність між площею листків та врожайністю культури. Коефіцієнт кореляції (r) в період ВВСН 14–16 складає 0,207, а в період – ВВСН 35–38 $r = 0,329$. **Висновки.** Найбільшу площу листкової поверхні посіви гібриду 'Юра' формують у ВВСН 65–68 (фаза цвітіння) за внесення мінеральних добрив у нормі $N_{90}P_{60}K_{120}$ та нормі висіву насіння 1,0 млн схожих насінин/га. Найвищу врожайність насіння ріпак ярий формує за норми висіву насіння 1,0 млн схожих насінин/га й внесення $N_{90}P_{60}K_{120}$ (3,31 т/га) та $N_{90}P_{60}K_{105}$ (3,27 т/га). Кореляційний зв'язок між площею листків та врожайністю відмічений у ВВСН 55–58 ($r = 0,611$), ВВСН 65–68 ($r = 0,927$) та ВВСН 85–88 ($r = 0,943$).

Ключові слова: ріпак ярий; *Brassica napus oleifera* DC.; мінеральне живлення; мінеральні добрива; сівба, норми висіву насіння; фотосинтез; площа листкової поверхні; врожайність.

Вступ

Ріпак в Україні є однією з провідних олійних культур. Валове виробництво його насіння в країні останніми роками зросло до 3,5 млн тонн [1]. Зокрема, у 2019/2020 МР (маркетинговому році) наші ріпаківники посіли п'яте місце у світі серед виробників та другу позицію в рейтингу світових експортерів, реалізувавши на зовнішніх ринках біля 3,0 млн тонн. Щоправда, у 2020 році значна частина площ ріпаку озимого була зріджена або загинула через складні погодні умови у зимово-весняний період, особливо на Півдні України, що призвело до суттєвого зниження показників статистики. Для прикладу: у Франції ріпак ярий займає більше 50 % площі ріпаку озимого на відміну від України, де цей показник складає біля 10 % і рідко перевищує 15 %. Тому розширення площ вирощування ріпаку ярого дасть можливість стабілізувати валове виробництво насіння в галузі [2, 3].

Формування продуктивності агроценозів є дуже складним багатofакторним процесом, оскільки залежить від багатьох абіотичних (температура і вологість повітря, кількість атмосферних опадів та ін.) та біотичних чинників (сорт / гібриди), густина стояння рослин,

норми внесення мінеральних добрив тощо) [4]. Суттєвий вплив на формування продуктивності ріпаку ярого, як і всіх культур родини Brassicaceae, має густота стояння рослин, яку можна сформувати встановленням певної норми висіву насіння. Від щільності розміщення рослин залежить режим вологозабезпечення посівів, мінеральне живлення, світловий режим, якими вони будуть забезпечені протягом всього періоду вегетації [5]. Оптимальна норма висіву ріпаку дає змогу отримати не тільки високу врожайність, але й покращує якість насіння, так як розвиток рослин проходить рівномірно. Загущені посіви сприяють витягуванню центрального стебла, зменшення кількості бічних пагонів. Підвищена густота стояння рослин ріпаку ярого в процесі вегетації може призвести до вилягання рослин. Загущені посіви спричиняють як погіршення якості насіння, так і значний його недобір, в тому числі й через втрати. Окрім того, підвищена густота стояння рослин ріпаку створює ідеальні умови для розвитку хвороб. Ріпак потребує родючих, чистих від бур'янів ґрунтів – зріджені посіви підвищують небезпеку забур'янення, особливо в перший період вегетації, та недоотримання запланованого рівня врожайності. Тому при визначенні норм висіву враховують не тільки особливості сорту, а й агрофізичні показники ґрунту, його родючість, вологозабезпеченість, потенційну засміченість, строк сівби та інші фактори.

За твердженнями Д. Шпаара [6], за оптимально раннього строку сівби може бути достатньою норма висіву 80–100 схожих насінин на 1 м² (0,8–1,0 млн шт./га). При запізненні із сівбою рекомендується збільшувати цей показник до 130 шт. (1,3 млн шт./га). Інші дослідники не спостерігали істотного впливу норм висіву на продуктивність ріпаку. Це вони пов'язують з біологічною особливістю культури: за недостатньої густоти стояння рослини більше галузяться, а за переущільнення посівів – більша кількість стручків утворюється у верхній частині рослини.

Утеуш Ю. А., Лобас М. Т. [7] рекомендують висівати ріпак із таким розрахунком, щоб за вегетаційний період він зміг набрати необхідну суму активних температур, та рекомендують значно вищі норми висіву насіння. Оптимальну площу живлення рослин можна встановити лише на основі результатів наукових досліджень в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах з врахування біологічних особливостей культури та її агротехнічних вимог відповідно до цілей вирощування. Ці фактори є взаємопов'язаними і саме вони визначають продуктивність культури.

Ріпак є досить вимогливою культурою до умов мінерального живлення. В умовах центрального Лісостепу України найбільший приріст урожайності було отримано за норми висіву насіння 1,5 млн шт./га схожих насінин, широкорядного способу сівби з шириною міжрядь 45 см та внесенням мінеральних добрив у нормах N₉₀P₆₀K₆₀ та N₁₈₀P₆₀K₆₀, де прирости врожайності становили 0,83 та 0,78 т/га відповідно [8]. Із олійних культур родини Brassicaceae ця культура найбільш чутливо реагує на застосування добрив [9]. Численні результати досліджень свідчать, що врожайність ріпаку насамперед визначається рівнем азотного живлення [10]. Оптимальна норма залежно від зони досліджень становить 60–120 кг/га азоту. Надлишок азоту призводить до вилягання посівів, нерівномірного дозрівання насіння та зниження його якості. За іншими даними оптимальною нормою азотних добрив є 80–120 кг/га д.р., але вона не має перевищувати 120 кг/га д.р., так як це затримує дозрівання насіння та подовжує період вегетації культури [11]. В умовах Білорусі за рахунок внесення азотних добрив отримано таке підвищення врожайності: за норми 80 кг/га азоту врожайність склала 2,09–2,14 т/га, 120 кг/га – 2,3–2,74 т/га [9].

Показники фотосинтетичної діяльності посівів залежать як від біологічних особливостей культури, так і від впливу факторів навколишнього середовища. Зниження фотосинтетичної активності, як правило, призводить до зниження продуктивності культури, і навпаки – продуктивність фотосинтезу можна підвищити за рахунок оптимізації окремих елементів технології вирощування. Одним із показників для оцінки фотосинтетичної діяльності посівів є площа листків.

Мета досліджень – встановити закономірності впливу норм внесення мінеральних добрив та норм висіву насіння на фотосинтетичну діяльність й формування продуктивності посівами ріпаку ярого (*Brassica napus oleifera* DC.) на чорноземах типових малогумусних Правобережного Лісостепу України.

Матеріали та методика досліджень

Дослідження проводили у 8-пільній стаціонарній зерно-просапній сівозміні кафедри рослинництва на базі ВП НУБіП України «Агрономічна дослідна станція» та в лабораторії

аналітичних досліджень кафедри рослинництва протягом 2005–2008 рр. та 2010–2013 рр. Ґрунти дослідного поля – чорноземи типові малогумусні середньосуглинкові з вмістом гумусу в орному шарі ґрунту 4,38–4,53 %, рН сольової витяжки – 6,9–7,3.

Дослідна станція знаходиться на території помірно-теплого, помірно-зволоженого агрокліматичного підрайону Київської області. Кількість опадів за рік становить 543 мм, за період з температурами понад 5 °С – 372 мм. Розподіл їх за періодами вегетації та інтенсивністю нерівномірний.

Погодні умови 2005, 2006, 2010 та 2011 років були близькими до середніх багаторічних показників та сприятливими для росту та розвитку рослин ріпаку ярого. Коефіцієнти суттєвості відхилень (Кс) суми опадів та середніх температур по більшості місяців вегетаційного періоду в ці роки досліджень за градацією відносилися до першої групи – умови близькі до звичайних. Температурний режим та сума річних опадів у 2008 та 2012 роках були в межах середньобагаторічних даних. Проте помісячний та подекадний їх розподіл на початку вегетації не відповідав біологічним вимогам багатьох сільськогосподарських культур, особливо ярих олійних родини Brassicaceae, що призвело до суттєвого зниження врожайності. Менш сприятливим був 2012 рік: спостерігався дефіцит вологи у травні за підвищених температур у квітні–червні. Найменш сприятливими для розвитку культури були погодні умови в 2007 та 2013 роках, що призвело до найнижчої врожайності ріпаку ярого в польових дослідях.

Предметом досліджень був гібрид ріпаку ярого 'Юра'. Технологія вирощування загальноприйнята для зони Лісостепу за виключенням досліджуваних елементів. Попередник – ячмінь ярий.

Програмою досліджень було передбачено закладання двох польових дослідів у 2005–2008 рр. та 2010–2013 рр. Схемами дослідів передбачено вивчення таких факторів: *фактор А* – норми висіву: 0,8; 1,0; 1,2; 1,4 (контроль); 1,6 млн схожих насінин/га; *фактор В* – норми внесення мінеральних добрив. Норми внесення добрив розраховували балансовим методом на заплановану врожайність, враховуючи вміст в ґрунті основних елементів мінерального живлення. Варіанти норм внесення мінеральних добрив у польовому досліді № 1 (2005–2008 рр.): 1. без добрив (контроль), 2. N₃₀P₂₀K₄₅, 3. N₆₀P₄₅K₉₀, 4. N₉₀P₆₀K₁₂₀, 5. N₁₂₀P₉₀K₁₅₀; у польовому досліді № 2 (2010–2013 рр.): 1. без добрив (контроль), 2. N₃₀P₂₀K₃₅, 3. N₆₀P₄₀K₇₀, 4. N₉₀P₆₀K₁₀₅, 5. N₁₂₀P₈₀K₁₄₀.

Дослідження проводили за схемою двофакторного польового дослідів. Площа загальної ділянки – 30 м², облікової – 25 м², повторність – чотириразова, розміщення варіантів – послідовне.

Під час проведення досліджень використовували загальноприйняті для наукових досліджень в рослинництві методики [12–15].

Результати досліджень

Процес формування листкової поверхні може служити як показником ступеня забезпеченості посівів елементами мінерального живлення, так і показником ступеня відповідності густоти посівів, фізіологічних процесів, тривалості основних фаз росту й розвитку. Нами була встановлена динаміка площі листкової поверхні в основні періоди росту й розвитку культури (рис. 1, 2).

Результати проведених нами досліджень свідчать, що площа листків ріпаку ярого суттєво залежить від стадії росту та розвитку культури, норми внесення мінеральних добрив та норм висіву насіння, а також погодних умов вегетаційного періоду. В мікростадіях ВВСН 14–16 (фаза розетки) встановлено збільшення площі листків за збільшення норм висіву насіння: в середньому, по варіантах удобрення на 15–20 % з подвоєнням норми висіву насіння за рахунок більшої кількості рослин на одиниці площі. В той же час, різниці між варіантами із внесенням мінеральних добрив практично не було (рис. 1).

Наростання асиміляційної поверхні та її величина, насамперед, визначається темпом наростання та густотою посівів. Посіви з великою щільністю рослин швидше формують велику площу листків, але це може негативно відбиватися на закладенні, формуванні й розвитку репродуктивних органів. З цієї точки зору окремі рослини в розріджених посівах знаходяться в значно кращих умовах.

В період ВВСН 35–38 – ВВСН 65–68 (стеблування – цвітіння) площа листкової поверхні на всіх варіантах дослідів збільшується, досягаючи максимуму в ВВСН 65–68. Починаючи із ВВСН 35–38, спостерігається суттєвий вплив норм висіву насіння на наростання листкової поверхні та зміщення максимальних показників до варіантів із меншою нормою висіву. Максимальна площа у

ВВСН 35–38 відмічена за висіву 1,6 млн сх. насінин/га, у ВВСН 55–58 – 1,4–1,6, ВВСН 65–68 – 1,0–1,2 млн сх. насінин/га.

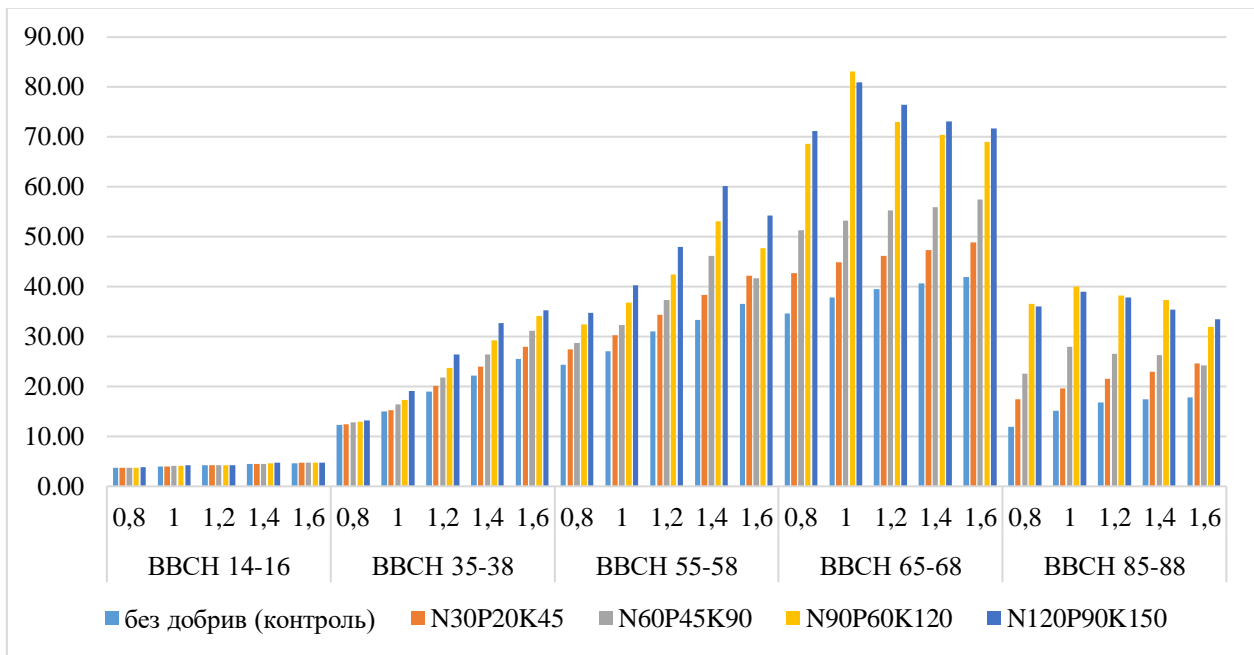


Рис. 1. Динаміка наростання площі листкової поверхні, тис. м²/га (середнє за 2005–2008 рр.)

Внесення мінеральних добрив сприяє розвитку листкової поверхні ріпаку ярого. В процесі досліджень нами було вивчено динаміку формування цього показника в різні стадії розвитку культури залежно від норм внесення мінеральних добрив: від сходів культури до ВВСН 55–58 максимальна площа листків формується за внесення N₁₂₀P₉₀K₁₅₀. Починаючи з ВВСН 65–68, найбільшу асиміляційну поверхню ріпак формує за внесення N₉₀P₆₀K₁₂₀. За подальшого збільшення норми внесення мінеральних добрив площа листкової поверхні в період ВВСН 65–68 – ВВСН 85–88 знижується. Максимальна площа асиміляційної поверхні листків у посівах гібриду 'Юра' нами відмічена у мікростадіях ВВСН 65–68 (фаза цвітіння) за внесення мінеральних добрив у нормі N₉₀P₆₀K₁₂₀: 83,16 тис. м²/га.

Подібна тенденція впливу різних норм внесення мінеральних добрив та норм висіву насіння на площу асиміляційної поверхні листків спостерігається і в польовому досліді № 2 (рис. 2). Найменшу площу на всіх стадіях розвитку ріпак ярий формує за мінімальної норми висіву у варіантах без внесення добрив. Максимальна площа асиміляційної поверхні листків у посівах ріпаку ярого нами відмічена у ВВСН 65–68 за внесення мінеральних добрив у нормі N₉₀P₆₀K₁₂₀ та N₁₂₀P₉₀K₁₅₀, відповідно 79,55 та 81,75 тис. м²/га. У подальшому ріст листків ріпаку припиняється, поступово вони втрачають свою фотосинтетичну активність, жовтіють, а потім опадають. Проте слід зазначити, що в період «цвітіння – досягання» листкова поверхня не перестає працювати, а всі легкорозчинні вуглеводи, азотисті речовини відходять у запасальні і репродуктивні органи. Для формування високої продуктивності саме цей період потребує подовження [16].

Таким чином, найбільшу площу листкової поверхні посіви гібрида 'Юра' формують у період ВВСН 65–68 (фаза цвітіння) за внесення N₉₀P₆₀K₁₂₀ та за норми висіву 1,0 млн схожих насінин/га.

Проведені нами експериментальні дослідження свідчать, що шляхом регулювання рівня мінерального живлення та встановлення оптимальної норми висіву можна суттєво впливати на формування врожайності ріпаку ярого. Досліджуваний гібрид 'Юра' позитивно реагував на внесення мінеральних добрив та спостерігалася реакція рослин на зміну норми висіву насіння (табл. 1 і 2).

У середньому за роки досліджень найпродуктивнішими були посіви із нормою висіву 1,0 млн шт./га схожих насінин. Зокрема, у варіанті без внесення добрив (контроль) за норми висіву 0,8 млн шт./га врожайність насіння була найнижчою – 1,29 т/га. Внесення мінеральних добрив у нормі N₃₀P₂₀K₄₅ забезпечує підвищення врожайності ріпаку ярого порівняно з контрольним варіантом на 0,52 т/га, або 40,3 %. Щодо решти варіантів норми висіву насіння приріст становить 0,65–0,76 т/га.

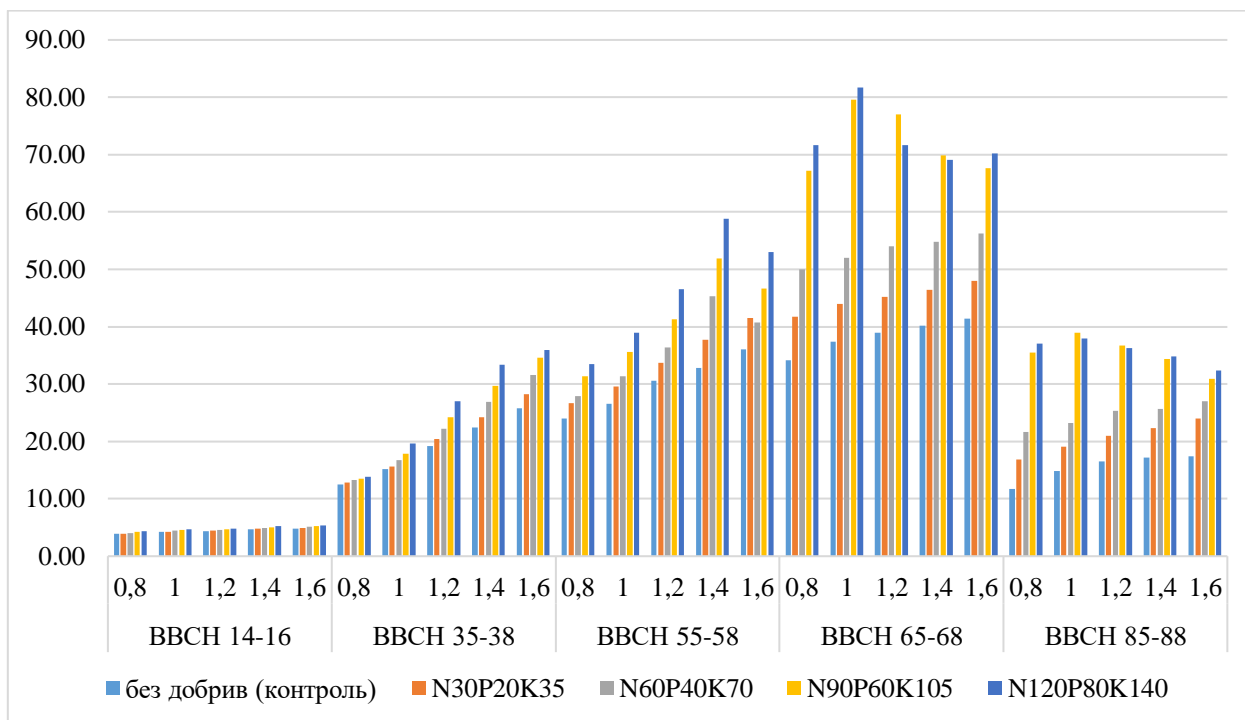


Рис. 2. Динаміка наростання площі листової поверхні, тис. м²/га (середнє за 2010–2013 рр.)

У разі збільшення норми висіву до 1,0 млн шт./га схожих насінин врожайність суттєво підвищується порівняно з варіантом 0,8 млн шт./га. Відомо, що від густоти стояння рослин залежить кількість вологи, CO₂ й світла, якими вони будуть забезпечені протягом усієї вегетації. Оптимальна норма висіву рослин дає змогу сформувати не тільки великий врожай з одиниці площі, але й поліпшує якість насіння, оскільки його формування та досягання відбувається здебільшого рівномірно.

Таблиця 1

Урожайність насіння ріпаку ярого, т/га (середнє за 2005–2008 рр.)

Норма висіву насіння, млн шт./га (А)	Варіанти удобрення (В)				
	без добрив (контроль)	N ₃₀ P ₂₀ K ₄₅	N ₆₀ P ₄₅ K ₉₀	N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₅₀
0,8	1,29	1,81	2,35	2,73	2,83
1,0	1,36	2,12	2,79	3,31	3,22
1,2	1,60	2,35	2,75	3,16	3,11
1,4	1,55	2,2	2,53	3,13	2,81
1,6	1,49	2,16	2,46	3,09	2,75
НІР _{0,05} (А)			0,04		
НІР _{0,05} (В)			0,06		

У разі внесення невисоких норм мінеральних добрив найвищу врожайність одержано за норми висіву 1,2 млн шт./га. У варіантах із внесенням N₉₀P₆₀K₁₂₀ і більше оптимальною нормою висіву для гібридів ріпаку ярого в умовах Правобережного Лісостепу є 1,0 млн сх. насінин/га.

Подібні закономірності впливу досліджуваних чинників на врожайність ріпаку ярого гібрида 'Юра' спостерігалися й у польовому досліді № 2: найпродуктивнішими були посіви із нормою висіву 1,0 млн шт./га схожих насінин (табл. 2). Підвищення норми висіву насіння до 1,2 млн шт./га доцільне лише у варіантах із внесенням невисоких норм мінеральних добрив – до N₃₀P₂₀K₃₅. Подальше підвищення кількісної норми висіву призводить до зниження врожайності культури через конкуренцію за фактори життя.

Отже, найвищу врожайність насіння ріпак ярий у досліді 1 формує за внесення N₉₀P₆₀K₁₂₀ та нормі висіву насіння 1,0 млн сх. насінин/га – 3,31 т/га (у досліді 2 – за внесення N₉₀P₆₀K₁₀₅ та нормі висіву насіння 1,0 млн сх. насінин/га – 3,27 т/га). Подальше збільшення норм внесення мінеральних добрив та підвищення норм висіву насіння не призводить до суттєвого підвищення рівня врожайності.

Урожайність насіння ріпаку ярого, т/га (середнє за 2005–2008 рр.)

Норма висіву насіння, млн шт./га (А)	Варіанти удобрення (В)				
	без добрив (контроль)	N ₃₀ P ₂₀ K ₄₅	N ₆₀ P ₄₅ K ₉₀	N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₅₀
0,8	1,31	1,63	2,47	3,10	3,17
1,0	1,48	1,88	2,90	3,27	3,26
1,2	1,84	2,31	2,87	3,15	3,12
1,4	1,91	2,28	2,75	3,04	2,98
1,6	1,89	2,19	2,45	2,48	2,61
НІР _{0,05} (А)			0,06		
НІР _{0,05} (В)			0,07		

Проведений нами кореляційно-регресійний аналіз отриманих результатів досліджень досліду 1 свідчить, що на початку вегетації культури (до ВВСН 35–38) відсутня кореляційна залежність між площею листків та врожайністю культури. Коефіцієнт кореляції (r) в період ВВСН 14–16 складає 0,207, а в ВВСН 35–38 – $r = 0,329$ (рис. 3).

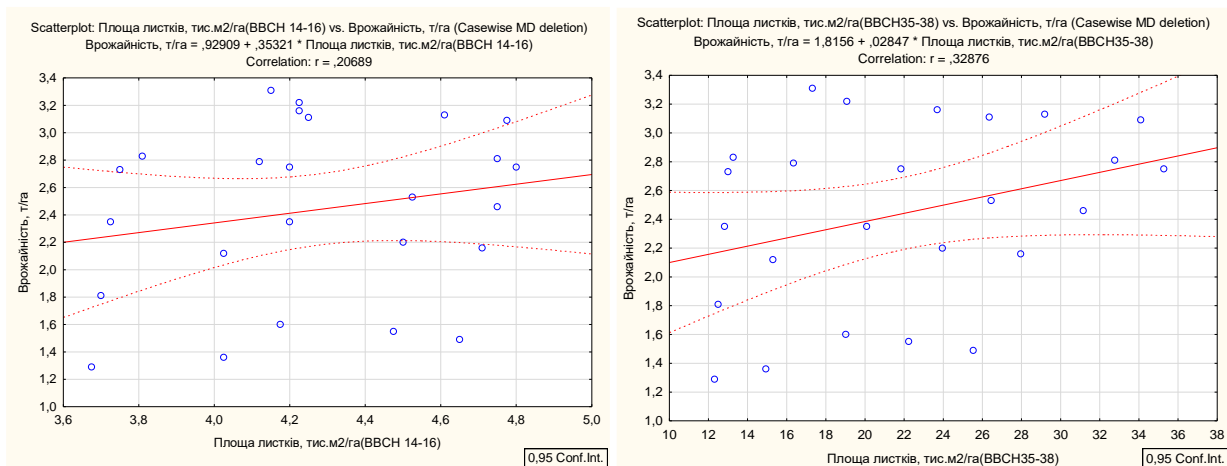


Рис. 3. Кореляційна залежність між врожайністю (у) та площею листової поверхні (х) ріпаку ярого в період ВВСН 14–16 – ВВСН 35–38

Результати наступного кореляційного аналізу підтверджують взаємозв'язок між площею листків у ВВСН 55–58 та рівнем урожайності (рис. 4). Чим більша площа листків, тим вища формується врожайність ріпаку ярого ($r = 0,611$). Досліджену залежність можна описати рівнянням лінійної регресії такого типу: Врожайність, т/га = $0,83111 + 0,04180 \times$ Площа листків, тис. м²/га (ВВСН 55–58).

Більш тісний кореляційний зв'язок між площею листків та врожайністю нами відмічений у ВВСН 65–68 ($r = 0,927$) та ВВСН 85–88 ($r = 0,943$). Отримані нами залежності можна описати рівняннями регресії: Врожайність, т/га = $0,23224 + 0,03832 \times$ Площа листків, тис. м²/га (ВВСН 65–68) та Врожайність, т/га = $0,60155 + 0,06766 \times$ Площа листків, тис. м²/га (ВВСН 85–88).

Проведений кореляційно-регресійний аналіз досліду 2 підтвердив результати аналізу досліду 1. У період ВВСН 14–16 – ВВСН 35–38 відсутня кореляційна залежність між площею листків та врожайністю культури (відповідно, $r = 0,399$ та $r = 0,251$), у ВВСН 55–58 $r = 0,538$. У ВВСН 65–68 та ВВСН 85–88 відмічений тісний кореляційний зв'язок між площею листків та врожайністю ($r = 0,905$ та $r = 0,929$).

Отже, визначивши асиміляційну площу листків ріпаку ярого у період ВВСН 55–58 – ВВСН 85–88 з високою часткою ймовірності можна спрогнозувати та за допомогою рівнянь регресії описати рівень врожайності культури.

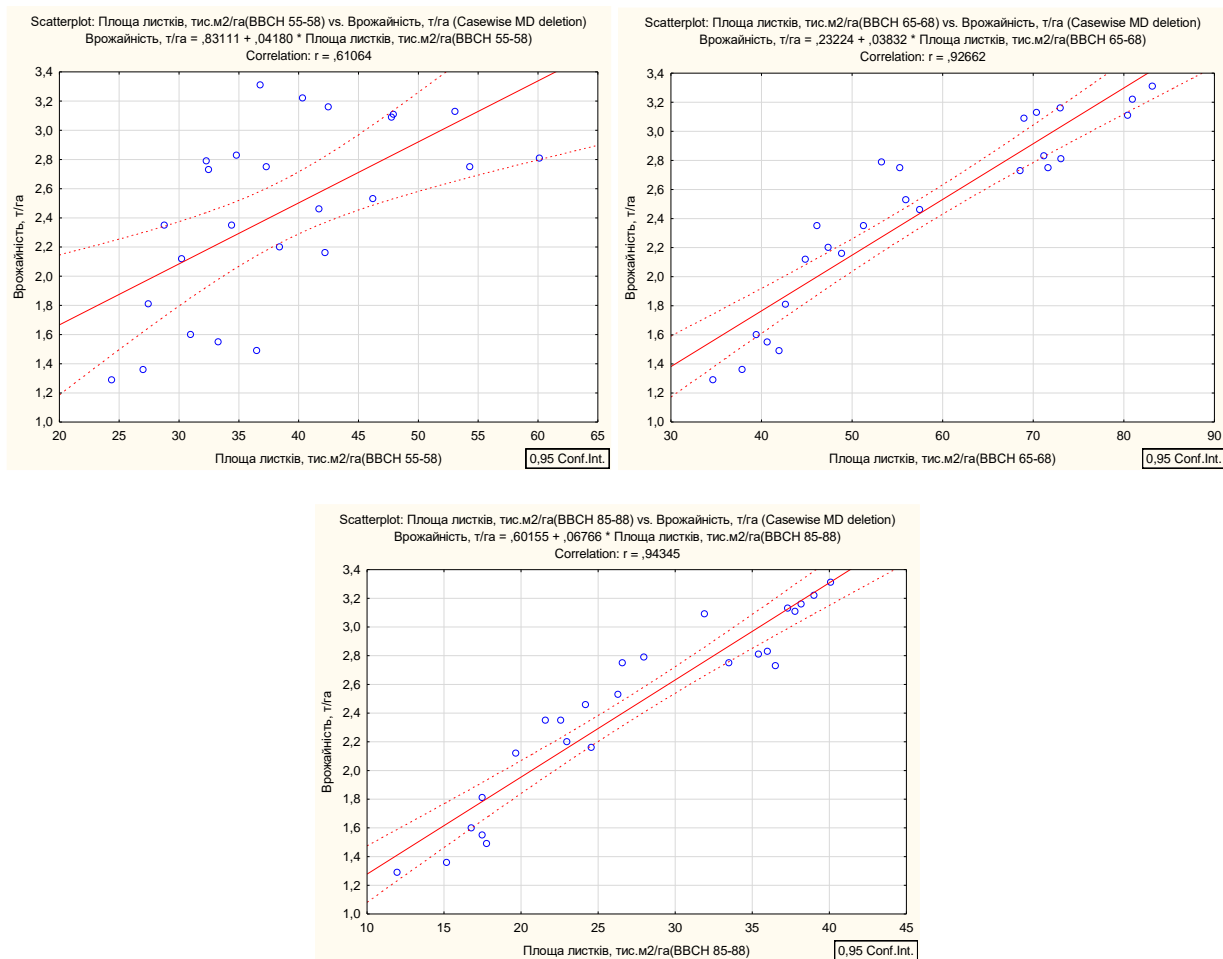


Рис. 4. Кореляційна залежність між врожайністю (y) та площею листової поверхні (x) ріпаку ярого в період BBCH 55–58 – BBCH 85–88

Висновки

Встановлено закономірності фотосинтетичної діяльності та формування продуктивності посівами ріпаку ярого в умовах Правобережного Лісостепу.

Найбільшу площу листової поверхні посіви гібрида 'Юра' формують у BBCH 65–68 (фаза цвітіння) за внесення мінеральних добрив у нормі $N_{90}P_{60}K_{120}$ та нормі висіву насіння 1,0 млн схожих насінин/га.

Найвищу врожайність насіння ріпак ярий формує за норми висіву насіння 1,0 млн схожих насінин/га та внесення $N_{90}P_{60}K_{120}$ (3,31 т/га) і $N_{90}P_{60}K_{105}$ (3,27 т/га). Подальше підвищення норм висіву насіння та збільшення норм внесення мінеральних добрив не призводить до суттєвого підвищення рівня врожайності.

У результаті проведеного кореляційно-регресійного аналізу встановлено, що в період BBCH 14–16 – BBCH 35–38 відсутня кореляційна залежність між площею листків та врожайністю культури. Коефіцієнт кореляції (r) в період BBCH 14–16 складає 0,207, а в період – BBCH 35–38 $r = 0,329$

Кореляційний зв'язок між площею листків та врожайністю відмічений у BBCH 55–58 ($r = 0,611$), BBCH 65–68 ($r = 0,927$) та BBCH 85–88 ($r = 0,943$).

Використана література

1. Прокопенко О. М. Рослинництво України 2019. Статистичний журнал України. Київ, 2020. 183 с. URL: http://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2020/zb/04/zb_rosl_2019.pdf
2. Каленська С. М., Юник А. В. Роль олійних культур у вирішенні енергетичної безпеки України. *Наукові праці ІБКіЦБ*. 2011. Вип. 12. С. 90–97.
3. Каленская С. М., Юник А. В., Каленский В. П. и др. Альтернативное растительное сырьё для производства биодизеля. *Известия ТСХА*. 2013. № 6. С. 31–39.
4. Шпаар Д., Драгер Д., Каленская С., Рахметов Д. Возобновляемые растительные ресурсы. Санкт-Петербург–Пушкин, 2006. Т. 1. 415 с.

5. Вишнівський П. С., Губенко Л. В., Ремез Г. Г., Лепеха В. Г. Вплив добрив та способів сівби на продуктивність ріпаку ярого. *Зб. наук. праць ННЦ «Ін-т землеробства УААН»*. 2009. Вип. 1–2. С. 99–104.
6. Шпаар Д., Адам Л., Гинапп Х. та ін. Яровые масличные культуры. Минск : ФУАинформ, 1999. 288 с.
7. Утеуш Ю. А., Лобас М. Г. Кормові ресурси флори України. Київ : Наук. думка, 1996. 218 с.
8. Тетерещенко Н. М. Особливості технології вирощування ріпаку ярого в умовах центрального Лісостепу. *Вісн. аграр. науки*. 2001. № 7. С. 72–74.
9. Шпаар Д., Драгер Д., Эльмер Ф., Каленская С. та ін. Рапс и сурепица: выращивание, уборка, хранение и использование. Киев : Зерно, 2012. 368 с.
10. Гарбар Л. А. Оптимізація технології вирощування ярого ріпака в умовах правобережного Лісостепу України : дис. ... канд. с.-г. наук : 06.01.09 / Нац. аграр. у-т. Київ, 2006. 172 с.
11. Каричковська Г. І. Вплив мінеральних добрив і мікроелементів на продуктивність і якість ярого ріпаку. *Зб. наук. праць Уман. с.-г. акад.* 1999. С. 174–178.
12. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. 5-е изд., доп. и перераб. Москва : Агропромиздат, 1985. 351 с.
13. Дослідна справа в агрономії : у 2 кн. Кн. 1. Теоретичні аспекти дослідної справи / за ред. А. О. Рожкова. Харків : Майдан, 2016. 316 с.
14. Дослідна справа в агрономії : у 2 кн. Кн. 2. Статистична обробка результатів агрономічних досліджень / за ред. А. О. Рожкова. Харків : Майдан, 2016. 298 с.
15. Грицаєнко З. М., Грицаєнко А. О., Карпенко В. П. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів. Київ : НІЧЛАВА, 2003. 320 с.
16. Вишнівський П. С., Камінський В. Ф., Ремез Г. Г. Шляхи підвищення продуктивності ріпаку ярого. *Зб. наук. праць ННЦ «Ін-т землеробства УААН»*. 2006. Вип. 3–4. С. 55–60.

References

1. Prokopenko, O. M. (2020). *Roslynyntstvo Ukrainy 2019. Statystychnyi zhurnal Ukrainy* [Crop production of Ukraine 2019. Statistical Journal of Ukraine]. Kyiv: N.p. Retrieved from http://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2020/zb/04/zb_rosl_2019.pdf [in Ukrainian]
2. Kalenska, S. M., & Yunik, A. V. (2011). The role of oilseeds in solving energy security of Ukraine. *Nauk. praci Inst. bioenerg. kul't. cukrov. burakiv* [Scientific papers of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet], 12, 90–97. [in Ukrainian]
3. Kalenskaya, S. M., Yunik, A. V., Kalenskiy, V. P., Makareviciene, V. Z., & Sendzikiene, E. A. (2013). Alternative vegetative row sources for biodiesel production. *Izvestiya Timiryazevskoy sel'skokhozyaystvennoy akademii* [Izvestia of Timiryazev Agrarian Academy], 6, 31–39. [in Russian]
4. Shpaar, D., Draher, D., Kalenska, S., & Rakhmetov, D. (2006). *Vozobnovlyaemye rastitel'nye resursy* [Renewable plant resources]. (Vol. 1). St. Petersburg–Pushkin: N.p. [in Russian]
5. Vyshnivskiy, P. S., Hubenko, L. V., Remez, H. H., & Lepekha, V. H. (2009). Influence of fertilizers and sowing methods on spring rape productivity. *Zbirnik naukovih prac NNC "Institut zemlerobstva NAAN"* [Scientific Magazine of the NSC "Institute of Agriculture of NAAS"], 1–2, 99–104. [in Ukrainian]
6. Uteush, Yu. A., & Lobas, M. H. (1996). *Kormovi resursy flory Ukrainy* [Fodder resources of flora of Ukraine]. Kyiv: Naukova dumka. [in Ukrainian]
7. Tetereshchenko, N. M. (2001). Features of spring rape growing technology in the conditions of the Central Forest-Steppe. *Visnyk ahrarnoi nauky* [Bulletin of Agricultural Science], 7, 72–74. [in Ukrainian]
8. Shpaar, D., Adam, L., Ginapp, H., Kratsh, G., Kalenska, S., & Lesovoy, M. (1999). *Yarovye maslichnye kul'tury* [Spring oil crops]. Minsk: FUAinform. [in Russian]
9. Shpaar, D., Drager, D., El'mer, F., Kalenskaya, S., Ginapp, H., & Loshakov, V. (2012). *Raps i surepitsa: vyrashchivanie, uborka, khranenie i ispol'zovanie* [Rapeseed and drizzle: cultivation, harvesting, storage and use]. Kyiv: Zerno. [in Russian]
10. Harbar, L. A. (2006). *Optimizatsiia tekhnologii vyroshchuvannia yaroho ripaka v umovakh pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy* [Optimization of spring rape growing technology in the conditions of the right-bank Forest-Steppe of Ukraine] (Cand. Agric. Sci. Diss.). National Agrarian University, Kyiv, Ukraine. [in Ukrainian]
11. Karychkovska, H. I. (1999). Influence of mineral fertilizers and trace elements on the productivity and quality of spring rape. *Zbirnyk naukovykh prats Umanskoj silskohospodarskoj akademii* [Collection of scientific works of Uman agricultural academy], 174–178. [in Ukrainian]
12. Dospekhov, B. A. (1985). *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy)* [Methods of field experiment (with the basics of statistical processing of research results)]. (5nd ed., rev.). Moscow: Agropromizdat. [in Russian]

13. Rozhkov, A. O. (Ed.). (2016). *Doslidna sprava v ahronomii. Knyha 1. Teoretychni aspekty doslidnoi spravy* [Experimental aspects in agronomy. Book 1. Theoretical aspects of a research case]. Kharkiv: Maidan. [in Ukrainian]

14. Rozhkov, A. O. (Ed.). (2016). *Doslidna sprava v ahronomii. Knyha 2. Statystychna obrobka rezultativ ahronomichnykh doslidzhen* [Experimental case in agronomy. Book 2. Statistical processing of the results of agronomic research]. Kharkiv: Maidan. [in Ukrainian]

15. Hrytsaienko, Z. M., Hrytsaienko, A. O., & Karpenko, V. P. (2003). *Metody biolohichnykh ta ahrokhimichnykh doslidzhen roslyn i hruntiv* [Methods of biological and agrochemical studies of plants and soils]. Kyiv: Nichlava. [in Ukrainian]

16. Vyshnivskiy, P. S., Kaminskyi, V. F., & Remez, H. H. (2006). Ways to increase the productivity of spring rape. *Zbìrnik naukovih prac NNC "Institut zemlerobstva NAAN"* [Scientific Magazine of the NSC "Institute of Agriculture of NAAS"], 3–4, 55–60. [in Ukrainian]

UDC 631.5: 633.85 (477.41)

Kalenska, S. M., & Yunyк, A. V.* (2020). Influence of seeding rate on photosynthetic activity of spring rapeseed. *Novitni agrotehnologii* [Advanced agritechnologies], 8. doi: <https://doi.org/10.47414/na.8.2020.226087>. [in Ukrainian]

*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 15 Heroiv Oborony St., Kyiv, 03041, Ukraine, *e-mail: yunikav@bigmir.net*

Purpose. To establish regularities of the influence of seeding rate and mineral fertilizers rate on photosynthetic activity and productivity formation in spring rapeseed (*Brassica napus oleifera* DC.) grown on typical low-humus chernozems of Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. **Methods.** During the research, generally accepted methods in crop production were used. **Results.** Peculiarities of photosynthetic activity and productivity formation in spring rapeseed under the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe are investigated. The dynamics of leaf area formation in the main periods of growth and development is established. The maximum leaf area was in BBCH 35–38 for sowing 1.6 million seeds/ha, in BBCH 55–58 1.4–1.6 million seeds/ha, and in BBCH 65–68 1.0–1.2 million seeds/ha. In stages BBCH 35–38 and BBCH 65–68 (stalking – flowering), the leaf area in all experimental treatments increased, reaching a maximum in BBCH 65–68. Application of mineral fertilizers promoted the development of the leaf area of spring rapeseed. In the course of research we established the dynamics of formation of leaf area index in different stages of development depending on the mineral fertilizers rates. In the period from emergence to BBCH 55–58, the maximum leaf area was formed by N₁₂₀P₉₀K₁₅₀ application. Starting from BBCH 65–68, the largest assimilation surface in rapeseed was formed with the application of N₉₀P₆₀K₁₂₀. As a result of the correlation-regression analysis, it was found that in the period from BBCH 14–16 to BBCH 35–38, there was no correlation between leaf area index and crop yield. The correlation coefficient (*r*) in the period BBCH 14–16 was 0.207, and in BBCH 35–38 *r* = 0.329. **Conclusions.** The largest leaf area index of 'Yura' rapeseed hybrid was formed in BBCH 65–68 (flowering) at the application of mineral fertilizers in the rate N₉₀P₆₀K₁₂₀ and seeding rate of 1.0 million seeds/ha. The highest yield of spring rapeseed was formed at the seeding rate of 1.0 million seeds/ha and application of N₉₀P₆₀K₁₂₀ (3.31 t/ha) and N₉₀P₆₀K₁₀₅ (3.27 t/ha). The correlation between leaf area and yield was observed in BBCH 55–58 (*r* = 0.611), BBCH 65–68 (*r* = 0.927), and BBCH 85–88 (*r* = 0.943).

Keywords: *spring rapeseed; Brassica napus oleifera* DC.; mineral nutrition; mineral fertilizers; sowing, seeding rate; photosynthesis; leaf area index; yield.

Надійшла / Received 04.11.2020

Погоджено до друку / Accepted 08.12.2020