

Effect of plant density and fertilization on winter rapeseed yield

A. Drobitko✉

Article info

Correspondence Author

A. Drobitko

E-mail:

adrobitko@agroprosperis.com

Poltava State Agrarian

University,

1/3, Skovorody str., Poltava,

36003, Ukraine

Citation: Drobitko, A. (2025). Effect of plant density and fertilization on winter rapeseed yield. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (1), 15–19. doi: 10.31210/spi2025.28.01.03

The aim of this review was to determine the influence of plant density and fertilization on winter rapeseed yield, considering varietal and regional characteristics, to enhance the efficiency of crop cultivation under current economic and climatic conditions. Winter rapeseed is an important crop used in the food industry and for the production of renewable energy sources, necessitating an increase in its yield and cultivation efficiency. The article examines the key factors affecting winter rapeseed productivity: plant density and fertilization systems. It was established that the optimal plant density depends on the region, sowing dates, and growing conditions. According to research, the optimal density for winter rapeseed hybrids is 30–60 plants/m², while for cultivars, it is 80–100 plants/m². Late sowing dates require an increase in plant density by 20–50 %, as underdeveloped crops are more vulnerable to winter conditions. The article also highlights fertilization as another critical factor influencing yield. Winter rapeseed has a high demand for micro- and macronutrients, including nitrogen, phosphorus, potassium, and sulfur. To ensure stable growth and development, optimal application rates are: nitrogen fertilizers at 150–200 kg/ha, phosphorus at 60–90 kg/ha, potassium at 80–120 kg/ha, and sulfur at 20–40 kg/ha. The sensitivity of winter rapeseed to deficiencies in boron, molybdenum, zinc, and other micronutrients, which enhance plant stress resistance, is also noted. The study results indicate that optimizing plant density and fertilization systems can increase winter rapeseed yield by 40–60 % and the oil content in seeds to 50–55 %. Moreover, ensuring optimal density and fertilization parameters reduces cultivation costs by minimizing seed and chemical fertilizer use. The article provides recommendations for seeding rates, fertilization systems, and plant density management, tailored to the regions of Ukraine. The findings are of practical significance for optimizing winter rapeseed cultivation technologies, improving the profitability of production, and enhancing the environmental sustainability of agricultural systems.

Keywords: *Brassica napus* L., seeding rate, sowing dates, climatic conditions, optimization, profitability.

Вплив густоти стояння й удобрення на врожайність ріпаку озимого

A. М. Дробітько

Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

Мета проведеного огляду полягала у визначенні впливу густоти стояння рослин і удобрення на врожайність ріпаку озимого з урахуванням сортових та регіональних особливостей для підвищення ефективності вирощування культури в сучасних економічних і кліматичних умовах. Ріпак озимий є важливою культурою, яка використовується в харчовій промисловості та для виробництва відновлюваних джерел енергії, що зумовлює необхідність підвищення її врожайності й ефективності вирощування. У статті розглянуто ключові фактори, які впливають на продуктивність ріпаку озимого: густота стояння рослин та система удобрення. Встановлено, що оптимальна густота стояння залежить від регіону, строків сівби й умов вирощування. Згідно з дослідженнями, оптимальною густотою для ріпаку озимого є 30–60 рослин/м² для гібридів і 80–100 рослин/м² для сортів. Пізні строки сівби потребують підвищення густоти на 20–50 %, оскільки слабо розвинені посіви вразливі до зимових умов. У статті також визначено, що удобрення є ще одним критично важливим чинником, який впливає на врожайність. Культура має високу потребу в мікро- та макроелементах, серед яких азот, фосфор, калій і сірка. Для забезпечення стабільного росту й розвитку рослин оптимальними є норми внесення азотних добрив на рівні 150–200 кг/га, фосфорних і калійних – 60–90 і 80–120 кг/га відповідно, сірки – 20–40 кг/га. Також відзначено чутливість ріпаку озимого до нестачі бору, молібдену, цинку й інших мікроелементів, які підвищують стійкість рослин до стресів. Результати дослідження свідчать, що оптимізація густоти стояння рослин і системи удобрення сприяє підвищенню врожайності ріпаку озимого на 40–60 % та вмісту олії в насінні до 50–55 %. Крім того, забезпечення оптимальних параметрів густоти та удобрення дозволяє знизити собівартість вирощування культури за рахунок зменшення використання насіння та хімічних добрив. У статті наведено рекомендації щодо норм висіву насіння, системи удобрення та управління густотою стояння рослин залежно від регіону України. Результати дослідження мають практичне значення для оптимізації технологій вирощування ріпаку озимого, підвищення рентабельності його виробництва та покращення екологічної стійкості агросистем.

Ключові слова: *Brassica napus* L., норма висіву, терміни сівби, кліматичні умови, оптимізація, рентабельність.

Бібліографічний опис для цитування: Дробітько А. М. Вплив густоти стояння й удобрення на врожайність ріпаку озимого. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (1). С. 15–19.

Ріпак вирощується в усьому світі та відіграє важливу роль у забезпеченні належного харчування. Крім того, зростаючий попит на цю культуру стимулюється його дедалі більшим використанням як відновлюваного джерела енергії [1, 2]. Отже, постає необхідність у збільшенні врожайності культури, що, в першу чергу, ґрунтується на використанні сучасних високоврожайних сортів і гібридів. Їх переваги полягають у збільшеній врожайності (5,0–6,5 т/га за оптимальних умов), підвищеній стійкості до несприятливих факторів (хвороб, шкідників, кліматичних умов), покращеній якості насіння (вміст олії до 50–55 % зі збалансованим хімічним складом, низьким вмістом глюкозинолатів), економічній ефективності через зменшення собівартості (завдяки меншій потребі у хімічних засобах захисту рослин та добривах) і збільшенню доходу (завдяки підвищенню врожайності) [3–5].

З урахуванням складної ситуації в Україні, що обумовлена війною, економічними, соціальними, логістичними та кліматичними факторами, виробники зацікавлені у підвищенні рентабельності аграрного виробництва, що спонукає їх використовувати безпосередньо ріпак озимий [6]. Так, його основними перевагами відносно ріпаку ярого можна зазначити: формування вищої на 20–60 % врожайності з більшим вмістом олії в насінні; краще використання доступних ресурсів (вологи, поживних речовин) завдяки тривалому періоду вегетації та потужній кореневій системі; більш раннє використання весняного тепла завдяки швидкому відновленню вегетації після зими; стабільна врожайність навіть за несприятливих умов, оскільки він має змогу краще адаптуватися до змін погоди; рівномірне досягання стручків, що полегшує збирання врожаю [7–12].

В той же час, занадто велика кількість сортів і гібридів ріпаку озимого, що налічує близько 400 назв у Державному реєстрі сортів рослин України [13], створює проблему для виробників при забезпеченні оптимальних умов вирощування, серед яких ключовими є густота стояння рослин і удобрення, з метою забезпечення успішної перезимівлі культури [14].

Вплив густоти стояння рослин на врожайність ріпаку озимого.

Одним із методів оптимізації врожайності ріпаку та інших культурних рослин є регулювання густоти посівів [15, 16]. Збільшення кількості рослин на одиницю площі пов'язане з кращим використанням ріллі та кращим освітленням, але це не завжди призводить до вищої врожайності [17–20]. Невідповідний вибір параметрів архітектури рослинного покриву (надто висока густота рослин) може призводити до порушень у запиленні квіток та транспорту асимілятів до насінневих зачатків [21]. Також надмірно висока густота рослин може погіршувати умови освітлення та постачання CO₂ до рослин усередині рослинного покриву, а також

збільшувати їхню сприйнятливість до інфекцій патогенів [22].

Висока щільність посіву призводить до сильної конкуренції, а також збільшує потенціал співпраці, таким чином створюючи різницю між індивідуальною та груповою продуктивністю [23]. Зі збільшенням густоти посіву зменшується ефективна кількість гілок і стручків на рослині, що супроводжується необхідністю коригування компонентів урожаю з одиниці площі [15, 17].

Низька густота рослин (<X рослин/м²) може компенсуватися високою продуктивністю на рівні однієї рослини. Деякі дослідження, спрямовані на оцінку толерантності культурних рослин до впливу пестицидів, порівняння сортів культур і продуктивності ріпаку озимого, використовують кількість рослин на одиницю площі або індекс площі листя (LAI) як параметри густоти покриву. Автори досліджень [20, 24, 25] зосередились на фактичній площі листя як параметрі архітектури рослинного покриву.

Результати дослідження [17] свідчать про поступове зменшення площі листя на одну рослину у відповідь на збільшення густоти рослин, хоча площа листя на м² та індекс площі листя були вищими у рослин з високою густотою. Також зі збільшенням густоти рослин зменшувались кількість ефективних гілок і стручків на гілці. При цьому, не було виявлено суттєвих відмінностей у середній масі насіння рапсу залежно від густоти, але середня кількість насіння в одному стручку була значно нижчою у рослин із високою густотою. В результаті, економічно найвищі врожаї насіння були отримані у рослин із відносно високою густотою.

Максимальна продуктивність рослин, що зростають за оптимальної густоти, залежить від виду, умов середовища й агрономічних факторів [19]. Так, в Європі оптимальна густота посадки рапсу озимого становить близько 80–150 рослин/м² перед зимою і 60–80 рослин/м² на початку весни [26].

Ріпак має здатність компенсувати недоліки в щільності стеблостою завдяки інтенсивному гілкуванню. Існує тісний зв'язок між термінами сівби та густотою посіву. При пізньому висіванні густоту рекомендується збільшувати на 20–50 %, оскільки сходи на більш пізніх етапах зазвичай менш щільні, рослини гірше підготовлені до зими та формують менше бічних пагонів. Для забезпечення високого врожаю важливо, щоб до моменту збирання врожаю густота стояння становила 20–50 рослин/м² за умови достатнього живлення [27].

Отже, густота стояння рослин ріпаку залежить від термінів сівби, регіону, обраного сорту чи гібриду. Так, за результатами багаторічних досліджень в агрокліматичних умовах України пропонується для гібридів ріпаку озимого дотримуватись наступних показників густоти стояння рослин (*табл. 1*):

Таблиця 1

Оптимальна густота стояння рослин рапсу озимого залежно від строків сівби та регіону України

Строки сівби	Східні та південні регіони	Центральні регіони	Західні та північні регіони	Густота стояння, тис. шт./га ¹
Ранні	15–25 серпня	10–20 серпня	5–15 серпня	350–450
Оптимальні	25 серпня – 5 вересня	20–30 серпня	15–25 серпня	450–650
Пізні	5–15 вересня	30 серпня – 5 вересня	25–30 серпня	650–700
Критично пізні	15–30 вересня	5–10 вересня	30 серпня – 5 вересня	до 850

Примітка: ¹Менші показники розраховано за сівби у сприятливих агрокліматичних умовах, вищі – у несприятливих умовах.

Джерело: [28].

У разі пізньої сівби (на початку вересня) навіть слабо розвинені посіви змушені переходити до стеблуння навесні через збільшення тривалості дня. При цьому знижується кількість бічних пагонів через домінування головного пагона та верхніх бічних. Швидке стеблуння, спричинене високими температурами в період із кінця березня до середини квітня, також призводить до абортів нижніх бічних пагонів. Значна затримка з сівбою зменшує рівень перезимівлі рослин на 30–50 %, а в окремих випадках може призвести до повної загибелі. Водночас ранні посіви восени переростають, утворюючи надлишкову вегетативну масу, що підвищує ризик вимерзання або випрівання [29].

Таким чином, для забезпечення оптимальної густоти необхідно дотримуватись норми висіву насіння, що залежить від наступних параметрів: сортових особливостей сорту чи гібриду; лабораторної та польової схожості; типу ґрунту; строків і способів сівби; вологозабезпеченості на момент посіву; температурного та водного режимів регіону [28]. Керуючи оптимальною густотою рослин можна зменшити до певних меж кількість рослин ріпаку на одиницю площі, тим самим зменшити обсяги дорогоцінного сертифікованого насіння для посіву. При цьому необхідно враховувати, що занадто мала густота рослин призводить до ризику зниження врожайності. Це може бути виправдано, наприклад, в екстенсивному або органічному землеробстві, де широкі рядки створюють можливість механічного прополювання [30, 31].

Оптимальна густота стояння залежить від умов і часу сівби. У разі пізнього висіву або несприятливих умов рослини формують не більше восьми листків, тому густота стояння повинна становити 40–50 рослин/м². За раннього сівби та сприятливих умов ріпак може сформувати понад 12 листків, тому слід уникати надмірного росту. Перед зимівлею ріпак повинен також мати діаметр кореневої шийки в межах 8–12 мм, за висоти рослин 10–15 см з діаметром розетки 15–20 см. У таких випадках оптимальна густота не повинна перевищувати 40 рослин/м², а для рівномірного розвитку рекомендується орієнтуватися на 25 рослин/м². Згідно з дослідженнями, оптимальна густота для гібридів ріпаку становить 30–60 рослин/м², а для сортів – 80–100 рослин/м² [27, 28], що сприяє формуванню та редукції генеративних органів від початку цвітіння до збирання врожаю [32].

Для забезпечення необхідної густоти рослин норма висіву для сортів має становити 0,9–1,2 млн схожих насінин на гектар або 4,0–6,0 кг/га. Гібриди висівають із нижчою нормою – 3,0–3,6 кг/га. У разі сівби в оптимальні строки норму можна зменшити до 2,5–3,0 кг/га. Якщо ріпак вирощується на зеленому кормі, норму висіву збільшують до 6,0–10,0 кг/га [29].

Загущення посівів призводить до витягування рослин, що спричиняє підняття точки росту над рівнем ґрунту, знижуючи їх стійкість до морозів. При ранніх термінах сівби є можливість використання регуляторів росту, які впливають на осінній розвиток рослин, підвищуючи їхню зимостійкість і майбутню врожайність. У свою чергу, пізній посів обмежує розвиток рослин перед зимою, що збільшує ризик їх вимерзання. Поля з густотою стояння рослин менше 15 рослин/м² слід пересівати [27].

Вплив удобрення на врожайність ріпаку озимого.

Удобрення є одним із ключових агротехнічних факторів, що призводить до підвищення вмісту поживних речовин у ґрунті і сприяє зростанню врожайності рослинних культур [33, 34]. Саме збалансоване надходження поживних речовин визначає продуктивність ріпаку озимого та забезпечує розвиток розетки до зими, поряд з дотриманням строків та норм висіву [35]. Ефективне використання мінеральних і органічних добрив забезпечує рослини необхідними елементами живлення, сприяє їх стійкості до стресових умов та формує високоякісний урожай [36, 37]. Для зменшення хімічного навантаження на рослини та навколишнє середовище набуло широкого використання спільне внесення мінеральних добрив з гуміновими речовинами, які сприяють пришвидшенню процесу потрапляння макро- та мікроелементів до рослин [38–40].

Ріпак озимий є культурою з високою потребою в мікро- і мароелементах, особливо: азоту (N) – для забезпечення росту вегетативної маси, формування стручків і насіння; фосфору (P) – сприяння розвитку кореневої системи та підвищенню морозостійкості; калію (K) – покращення водного балансу рослин, стійкості до посухи та хвороб, забезпечення формування якісного насіння; сірки (S) – необхідна для синтезу олії та білків [41–43].

Оптимальною нормою внесення азоту вважається доза 150–200 кг/га діючої речовини, залежно від попередника, запасів азоту в ґрунті та планованої

врожайності. За внесення азоту в оптимальних дозах врожайність підвищується на 30–50 %. Однак, надмірне азотне удобрення може призводити до витягування рослин, зниження стійкості до вилягання та ураження хворобами [28].

Комплексне застосування фосфорних (P_2O_5) і калійних добрив (K_2O) у нормі 60–90 і 80–120 кг/га відповідно збільшує врожайність ріпаку на 20–30 %. Норма внесення сірки складає 20–40 кг/га, тоді як її нестача може знизити врожайність на 10–20 % через зупинку розвитку й абортацию стручків, зменшення кількості насінин у стручку та його щуплості [29].

Для визначення норми азотних добрив також рекомендовано множити заплановану врожайність на чотири. Зазначається, що для отримання 0,1 т насіння ріпаку озимого весь урожай накопичує приблизно 6 кг азоту [44]. Крім того, потреба ріпаку у фосфорі та калії вища, ніж у зернових культур. На кожну тонну врожайності він поглинає 22 кг/га фосфору та 50 кг/га калію [45].

Також ріпак озимий чутливий до нестачі мікроелементів, таких як: бор (B) – покращує цвітіння та формування стручків, відіграє важливу роль у вуглеводному обміні, норма внесення восени – 1–3 кг/га; молібден (Mo) – важливий для азотного обміну; цинк (Zn), мідь (Cu), марганець (Mn) – покращують загальний стан рослин і стійкість до стресів [46].

Внесення добрив для вирощування ріпаку озимого можна проводити як [39]:

1. Передпосівне: основні дози фосфору, калію та частина азоту.

2. Весняне підживлення: основна доза азоту та сірки для підтримки вегетації.

3. Позакореневе підживлення: мікроелементи та додаткові дози макроелементів у критичні фази розвитку (фаза бутонізації та наливу стручків).

Восени ріпак не потребує значної кількості добрив, однак важливо дотримуватися правильного балансу: близько 15–20 % азоту і калію та 10 % фосфору від загальної норми. Після зими потреба ріпаку в поживних речовинах значно зростає, особливо у період від фази галушення до завершення цвітіння. У цей час значно збільшується і кількість необхідних добрив: рослини засвоюють 60–65 % азоту, 70–75 % фосфору та 80–85 % калію [30].

Таким чином, за збалансованого та комплексного застосування добрив врожайність ріпаку озимого може зростати на 40–60 % з підвищенням вмісту олії в насінні до 50–55 %.

Висновки

Метою проведеного огляду було дослідження впливу густоти стояння рослин й удобрення ріпаку озимого на його врожайність з огляду на перспективність культури та сучасний стан аграрного сектора України. Виявлено, що оптимальна густота стояння ріпаку озимого забезпечує раціональне використання природних ресурсів, мінімізує втрати врожайності та

сприяє зниженню витрат на вирощування. Визначено, що оптимальні дози та фази внесення добрив дозволяють ефективно використовувати аграрний потенціал ґрунтів і задовольняти потреби культури, що є особливо важливим у сучасних умовах зростання попиту на ріпак. Отже, ефективне управління цими параметрами є важливим інструментом для підвищення врожайності ріпаку озимого в сучасному агропривиробництві.

Водночас актуальним залишається дослідження впливу густоти стояння та системи удобрення сучасних гібридів ріпаку озимого в певних агрокліматичних умовах, що сприятимуть їх успішній перезимівлі та весняній вегетації для отримання потенційної врожайності й високої якості насіння.

Конфлікт інтересів

Автор стверджує про відсутність конфлікту інтересів щодо викладу та результатів досліджень.

References

1. Adamsen, F. J., & Coffelt, T. A. (2005). Planting date effects on flowering, seed yield, and oil content of rape and crambe cultivars. *Industrial Crops and Products*, 21 (3), 293–307. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2004.04.012>
2. Durrett, T. P., Benning, C., & Ohlrogge, J. (2008). Plant triacylglycerols as feedstocks for the production of biofuels. *The Plant Journal*, 54 (4), 593–607. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3113.2008.03442.x>
3. Melnyk, A. V., Prisyazhnyuk, O. I., & Bondarchuk, I. L. (2016). Otsinka stabilnosti ta plastychnosti pokaznykiv urozhainosti sortiv ta hybrydiv ripaku ozymoho v ryznykh ahroklimatychnykh zonakh Ukrainy. *Visnyk Sumskoho NAU*, 9 (36), 145–149. [in Ukrainian]
4. Melnyk, A. V., Bondarchuk, I. L., & Prisyazhnyuk, O. I. (2017). Cluster analysis of winter rape varieties and hybrids yield capacity in different agro-climatic regions of Ukraine. *Scientific Progress & Innovations*, 1–2, 7–12. <https://doi.org/10.31210/visnyk2017.1-2.01>
5. Tkachuk, O. P., Razanov, S. F., & Banul, S. O. (2024). Scientific principles of selection of varieties and hybrids of winter rapeseed. *Ukrainian Journal of Natural Sciences*, 7, 175–181. <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.7.2024.19>
6. Tokarchuk, D. M. (2015). Suchasnyi stan, efektyvnist ta perspektyvy vyrobnytstva ripaku v YeS ta v Ukraini. *Ahrosvit*, 13, 19–32. [in Ukrainian]
7. Ma, L., Wang, X., Pu, Y., Wu, J., Coulter, J. A., Li, X., Wang, L., Liu, L., Fang, Y., Niu, Z., Yue, J., Bai, J., Zhao, Y., Jin, J., Chang, Y., & Sun, W. (2019). Ecological and economic benefits of planting winter rapeseed (*Brassica rapa* L.) in the wind erosion area of northern China. *Scientific Report*, 9, 20272. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-56678-3>
8. Xu, L., Gao, Z. F., An, W., Yuan, Y. Q., & Li, Y. L. (2015). Low-temperature response and cold tolerance at spike differentiation stage of winter wheat varieties sowed in spring. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 26, 1679–1686.
9. Broniarz, J., & Paczocha, J. (2014). Oliseed and fibre crops. In E. S. Gacek (Ed.), *Descriptive List of Agricultural Plant Cultivars* (pp. 67–103). Poland: Słupia Wielka
10. Jankowski, K. J., Budzyński, W. S., Kijewski, Ł., & Zajac, T. (2015). Biomass quality of *Brassica* oilseed crops in response to sulfur fertilization. *Agronomy Journal*, 107, 1377–1391. <https://doi.org/10.2134/agronj14.0386>
11. Sieling, K., & Kage, H. (2010). Efficient N management using winter oilseed rape. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 30, 271–279. <https://doi.org/10.1051/agro/2009036>
12. Veseth, R. (1987). Winter rape management research. *Crops and Varieties*, 5. Retrieved from: <https://pnwsteep.wsu.edu/pnw-conservation-tillage-handbook/winter-rape-management-research>
13. Derzhavnyi reestr sortiv roslin, prydatnykh dlia poshyrennia v Ukraini. *Ukrainskyi instytut ekspertyzy sortiv roslin*. Retrieved from: <https://sops.gov.ua/ua/derzhavnyi-reestr> [in Ukrainian]

14. Korotkova, I., & Drobitko A. (2024). Effect of the sowing method and fertilization on the onset of winter rape in the Forest-Steppe of Ukraine. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (1), 47–52. <https://doi.org/10.31210/spi2024.27.01.08>
15. Diepenbrock, W. (2000). Yield analysis of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.): a review. *Field Crops Research*, 67 (1), 35–49. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(00\)00082-4](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(00)00082-4)
16. Hammer, G. L., Dong, Z. S., McLean, G., Dohert, A., Messina, C., Schussler, J., Zinselmeier, C., Paszkiewicz, S., & Cooper, M. (2009). Can changes in canopy and/or root system architecture explain historical maize yield trends in the U.S. corn belt? *Crop Science*, 49, 299–312. <https://doi.org/10.2135/cropsci2008.03.0152>
17. Momoh, E. J. J., & Zhou, W. (2001). Growth and yield responses to plant density and stage of transplanting in winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Journal of Agronomy and Crop Science*, 186 (4), 253–259. <https://doi.org/10.1046/j.1439-037x.2001.00476.x>
18. Sidlauskas, G., & Bernotas, S. (2003). Some factors affecting seed yield of spring oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Agronomy Research*, 1 (2), 229–243.
19. Hiltbrunner, J., Streit, B., & Liedgens, M. (2007). Are seeding densities an opportunity to increase grain yield of winter wheat in a living mulch of white clover? *Field Crops Research*, 102 (3), 163–171. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2007.03.009>
20. Zhang, S., Liao, X., Zhang, C., & Xu, H. (2012). Influences of plant density on the seed yield and oil content of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Industrial Crops and Production*, 40, 27–32. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.02.016>
21. Wang, X., Mathieu, A., Courmède, P. H., Allirand, J. M., Jullien, A., Reffey, P., & Zhang, B. G. (2011). Variability and regulation of the number of ovules, seeds and pods according to assimilate availability in winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Field Crop Research*, 122, 60–69. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2011.02.008>
22. Seassau, C., Dechamp-Guillaume, G., Mestries, E., & Debaeke, P. (2012). Low plant density can reduce sunflower premature ripening caused by *Phoma macdonaldii*. *European Journal of Agronomy*, 43, 185–193. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2012.07.002>
23. Weiner, J., Andersen, S. B., Wille, W. K. M., Griepentrog, H. W., & Olsen, J. M. (2010). Evolutionary agroecology: the potential for cooperative, high density, weed-suppressing cereals. *Evolutionary Applications*, 3 (5–6), 473–479. <https://doi.org/10.1111/j.1752-4571.2010.00144.x>
24. Behrens, T., & Diepenbrock, W. (2006). Using hemispherical radiation measurements to predict weight-related growth traits in oilseed rape (*Brassica napus* L.) and barley (*Hordeum vulgare* L.) canopies. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 192, 465–474. <https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.2006.00231.x>
25. Andruszczak, S., Kwiecińska-Poppe, E., Kraska, P., & Pałys, E. (2012). The influence of some plant protection chemical means on leaf area and their tip angle of some winter spelt wheat varieties (*Triticum aestivum* ssp. *spelta* L.). *Progress in Plant Protection*, 52, 163–166. <https://doi.org/10.14199/PPP-2012-031>
26. Ma, N., Yuan, J., Li, M., Li, J., Zhang, L., Liu, L., Naeem, M. S., & Zhang, C. (2014). Ideotype population exploration: growth, photosynthesis, and yield components at different planting densities in winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). *PLoS ONE*, 9 (12), e114232. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0114232>
27. Khablak, S. (2022). Tekhnolohiia vyroshchuvannia ozymoho ripaku: pidhotovka ta sivba. *SuperAgronom*. Retrieved from: <https://superagronom.com/blog/912-tehnologiya-viroshchuvannya-ozimogo-ripaku-pidgotovka-ta-sivba> [in Ukrainian]
28. Hustota vysivu ozymoho ripaku v zalezhnosti vid strokiv posivu. 2023. Posivmat. Retrieved from: https://posivmat.com.ua/hustota-visivu-ozymoho-ripaku-v-zalezhnosti-vid-strokov-posivu/?srsrlid=AfmBOopVXuY108Ea0jLx1Yti8Jar1_BB4foQSZrFLa8o2xa4A6-W0EW [in Ukrainian]
29. Buchatska, O. (2019). Tekhnolohiia vyroshchuvannia ripaku. Yak rozkryty potentsial nasinnia? *SuperAgronom*. Retrieved from: <https://superagronom.com/articles/296-tehnologiya-viroshchuvannya-ripaku-vid-a-do-ya-yak-rozkryty-potentsial-nasinnia> [in Ukrainian]
30. Rošylo, K., & Pałys, E. (2014). New oilseed rape (*Brassica napus* L.) varieties – canopy development, yield components and plant density. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science*, 64 (3), 260–266. <https://doi.org/10.1080/09064710.2014.905625>
31. Yasnolob, I. O., Pysarenko, V. M., Chayka, T. O., Gorb, O. O., Pestsova-Svitalka, O. S., Kononenko, Zh. A., & Pomaz, O. M. (2018). Ecologization of tillage methods with the aim of soil fertility improvement. *Ukrainian Journal of Ecology*, 8 (2), 280–286. https://doi.org/10.15421/2018_339
32. Kuchtová, P., & Vašák, J. (2004). The effect of rapeseed stand density on the formation of generative organs. *Plant, Soil and Environment*, 50 (2), 78–83. <https://doi.org/10.17221/3685-PSE>
33. Hanhur, V., Marenych, M., Korotkova, I., Gamayunova, V., Len, O., Marinich, L., & Olepir, R. (2021). Dynamics of nutrients in the soil and spring barley yield depending on the rates of mineral fertilizers. *International Journal of Botany Studies*, 6 (5), 1298–1306.
34. Korotkova, I. V., & Drobitko, A. M. (2023). Pidzhyvlennia runtu dlia vysokoї vrozhaїnosti ta yakosti – ripak ozymyi. *Khimiia, biotekhnolohiia, ekolohiia ta osvita: zbirnyk materialiv VII Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi internet-konferentsii*. Poltava: PDAU [in Ukrainian]
35. Velička, R., Pupalienė, R., Butkevičienė, L. M., & Kiaučūnienė, Z. (2012). Peculiarities of overwintering of hybrid and conventional cultivars of winter rapeseed depending on the sowing date. *Acta Scientiarum Polonorum, Agricultura*, 11 (1), 53–66.
36. Jankowski, K. J., Sokółski, M., & Szatkowski, A. (2019). The effect of autumn foliar fertilization on the yield and quality of winter oilseed rapeseeds. *Agronomy*, 9 (12), 849. <https://doi.org/10.3390/agronomy9120849>
37. Spychaj-Fabisiak, E., Murawska, B., & Pacholczyk, L. (2011). Values of quality traits of oilseed rape seeds depending on the fertilisation and plant density. *Journal of Elementology*, 16 (1), 115–124. <https://dx.doi.org/10.5601/jelem.2011.16.1.115-124>
38. Korotkova, I. V., & Chaika, T. O. (2022). Rol huminovykh preparativ ta yikh sumishei z mineralnymi dobryvamy v tekhnolohiakh vyroshchuvannia pshenytsi ozymoi. In T. O. Chaika (Red.), *Ekolohoorientovani pidkhoty vidnovlennia tekhnohennozabrudnennykh terytorii i stvorennia statykh ekosystem: kolektyvna monohrafiia* (pp. 279–322). Poltava: Astraia [in Ukrainian]
39. Korotkova, I., & Karasenko, V. (2023). Effect of fertilizer systems with humic preparation on yield and profitability of winter wheat cultivation. *Scientific Progress & Innovations*, 26 (3), 17–21. <https://doi.org/10.31210/spi2023.26.03.03>
40. Chaika, T. O. (2013). Environmental consequences of traditional agriculture. *Scientific Progress & Innovations*, 3, 95–99. <https://doi.org/10.31210/visnyk2013.03.18>
41. Stepień, A., Wojtkowiak, K., & Pietrzak-Fiecko, R. (2017). Nutrient content, fat yield and fatty acid profile of winter rapeseed (*Brassica napus* L.) grown under different agricultural production systems. *Chilean journal of agricultural research*, 77, 3. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392017000300266>
42. Narits, L. (2010). Effect of nitrogen rate and application time to yield and quality of winter oilseed rape (*Brassica napus* L. var. *oleifera* subvar. *biennis*). *Agronomy Research*, 8 (III), 671–686.
43. Matsera, O. O. (2024). The impact of phosphorus fertilizers on winter rapeseed growth and yield. *Agriculture and Forestry*, 33, 32–41. <http://dx.doi.org/10.37128/2707-5826-2024-2-3>
44. Rathke, G.-W., Behrens, T., & Diepenbrock W. (2006). Integrated nitrogen management strategies to improve seed yield, oil content and nitrogen efficiency of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.): A review. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 117 (2–3), 80–108. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2006.04.006>
45. Ekspert podilyvsia poradamy v koryhuvanni systemy zhyvlennia ripaku. Retrieved from: <https://superagronom.com/news/10408-ekspert-podilyvsia-poradami-v-koriguvanni-sistemi-zhyvlennia-ripaku> [in Ukrainian]
46. Sienkiewicz-Cholewa, U., & Kieloch, R. (2015). Effect of sulphur and micronutrients fertilization on yield and fat content in winter rape seeds (*Brassica napus* L.). *Plant, Soil and Environment*, 61 (4), 164–170. <https://doi.org/10.17221/24/2015-PSE>

ORCID

A. Drobitko 

<https://orcid.org/0009-0002-4005-556X>



2025 Drobitko A. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.