

УДК 633.85:57:502

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.140.40>

ЗАКОНОМІРНОСТІ ЗАСВОЄННЯ МАКРОЕЛЕМЕНТІВ КУЛЬТУРАМИ РОДИНИ BRASSICACEAE

Царук І.В. – PhD,

старший викладач кафедри агрономії,

Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів

і природокористування України «Ніжинський агротехнічний інститут»

Риженко А.С. – PhD,

старший викладач кафедри агрономії,

Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів

і природокористування України «Ніжинський агротехнічний інститут»

У статті наведено результати досліджень проведених на чорноземах опідзолених Відокремленого підрозділу Національного університету біоресурсів і природокористування України «Ніжинський агротехнічний інститут» (Чернігівська обл.).

Метою наукових досліджень було установити особливості формування виносу біомасою культур родини Brassicaceae макроелементів залежно від елементів агротехніки – ширини міжрядь та норм внесення мінеральних добрив.

У структурі виносу макроелементів по озимих культур родини Brassicaceae можна відмітити досить близькі значення за фосфором в суріпиці та тифону а також за калієм в суріпиці та ріпаку. За споживанням азоту та кальцію максимальні значення отримано за вирощування ріпаку – 159,9 та 85,6 кг/га, тоді як рослини тифону засвоюють в надземній біомасі в 2,6 раз менше цього макроелементу.

Встановлено, що на кращих варіантах за урожайністю біомаси тифону винос макроелементів становив 139,0 кг/га азоту, 58,7 кг/га фосфору, 158,4 кг/га калію та 36,5 кг/га кальцію. Так, на чорноземі опідзоленому з вмістом мінерального азоту на рівні від середнього до підвищеного, вмісту рухомого фосфору та калію середньому та вмісту обмінного кальцію від підвищеного до дуже високого особливу увагу слід звернути на правильне застосування азотних та калійних добрив, причому застосування $N_{30}P_{60}K_{60}$ є задовільним варіантом в плані забезпечення рослин макроелементами окрім калію.

Подальше збільшення норми азотного удобрення (понад 80 кг/га д.р.) повинне супроводжуватись розробкою більш гнучких схем його застосування, для отримання кращого ефекту від внесення. А за вирощування олійних культур на чорноземах опідзолених кальцію в ґрунті міститься занадто багато, тому не варто акцентувати увагу на застосуванні добрив з цим макроелементом.

Також досліджено що за вирощування тифону на біоенергетичні цілі слід додатково вивчати стратегії удобрення культури, оскільки в ґрунті на якому проводили досліді, чорноземі опідзоленому міститься мінерального азоту ($NH_4 + NO_3$) на рівні 18,6-29,4 мг/кг (від середнього до підвищеного), вміст рухомого фосфору 106,6-120,6 мг/кг, та вміст калію складає 50,04-72,2 мг/кг (середній), а вміст обмінного кальцію коливається від підвищеного (2225 мг/кг) до дуже високого (4100 мг/кг).

Ключові слова: тифон, ширина міжрядь, норма мінеральних добрив, азот, фосфор, калій.

Tsaruk I.V., Ryzhenko A.S. Patterns of macronutrient absorption by crops of the Brassicaceae family

The article presents the results of research conducted on podzolized chernozems at the Separated Subdivision of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine "Nizhyn Agrotechnical Institute" (Chernihiv region).

The aim of the study was to determine the peculiarities of macronutrient uptake by the biomass of crops belonging to the Brassicaceae family, depending on agrotechnical elements such as row spacing and mineral fertilizer application rates.

In the macronutrient uptake structure for winter crops of the Brassicaceae family, relatively close values were observed for phosphorus in spring rape and tyfon, as well as for potassium in spring rape and rapeseed. In terms of nitrogen and calcium consumption, rapeseed showed maximum values – 159.9 and 85.6 kg/ha, respectively – while tyfon plants absorbed 2.6 times less of these macronutrients in their above-ground biomass.

It was established that, under optimal conditions for tyfon biomass yield, macronutrient uptake amounted to 139.0 kg/ha of nitrogen, 58.7 kg/ha of phosphorus, 158.4 kg/ha of potassium, and 36.5 kg/ha of calcium. On podzolized chernozem with medium to high levels of mineral nitrogen, medium levels of mobile phosphorus and potassium, and elevated to very high levels of exchangeable calcium, special attention should be paid to the correct application of nitrogen and potassium fertilizers. The application rate of N80P60K60 is satisfactory for providing plants with macronutrients, except for potassium.

Further increases in nitrogen fertilizer rates (above 80 kg/ha of active ingredient) should be accompanied by the development of more flexible application schemes to achieve better efficiency. For oilseed crops grown on podzolized chernozem, where calcium content in the soil is excessive, emphasis on fertilizers containing this macronutrient is unnecessary.

The study also showed that for tyfon grown for bioenergy purposes, additional investigation into fertilization strategies is required. On the podzolized chernozem used in the experiments, the soil contained mineral nitrogen ($\text{NH}_4 + \text{NO}_3$) at 18.6–29.4 mg/kg (medium to elevated), mobile phosphorus at 106.6–120.6 mg/kg, potassium at 50.04–72.2 mg/kg (medium), and exchangeable calcium at levels ranging from elevated (2225 mg/kg) to very high (4100 mg/kg).

Key words: tyfon, row spacing, mineral fertilizer rate, nitrogen, phosphorus, potassium.

Постановка проблеми. На даний час олійні культури родини *Brassicaceae* досить універсальні, адже їх використання найбільш різнопланове, а саме: як продовольство, на корм худобі та для переробки на енергетичні цілі. Так, їх насіння має білок добре збалансований за амінокислотним складом, а зелену масу використовують як зелений корм для ВРХ. Однак, в останні десятиліття поголів'я ВРХ кардинально скоротилось та виробники перейшли на інші схеми годування, що виключає надходження зелених кормів напряму до згодовування тварин [5].

Також слід враховувати і сидеральну роль олійних культур родини *Brassicaceae* – вирощування пожнивних посівів на зелений корм та як зелене добриво. Однак, і тут не все гладко, оскільки в Україні спостерігається значний дефіцит вологи в другій половині літа. Так, після озимої пшениці в регіонах з достатнім волого забезпеченням в метровому шарі ґрунту залишається 25–40 мм вологи, чого недостатньо для ефективного вирощування сидеральних культур.

Отже, в зв'язку з кліматичними та господарсько-економічними змінами, що відбулись в останні десятиліття, кормова та сидеральна роль олійних культур родини *Brassicaceae* відійшла на другий план. Тому основним напрямом використання їх можна вважати переробку промисловість – з метою отримання високоякісної харчової олії та за переробки на біоенергетичні цілі [12].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У сучасних умовах господарювання використання олії культур родини *Brassicaceae* як відновлювального джерела енергії та сировини для хімічної промисловості набуває все більшого значення. Причому олію можуть переробляти не тільки на паливно-мастильні матеріали а й використовуючи для синтезу більш складних сполук [2].

Насіння олійних культур родини *Brassicaceae* легко переробляється в біодизельне паливо, при цьому саме основною сировиною й виступає олія, а додаткові хімічні речовини відіграють лише роль супутніх агентів по очищенню та доведенню палива до необхідних стандартів. А отже, дефіцит виробленого з нафти дизельного палива в Україні та його дорожнеча потребує збільшення площ зайнятих під вирощуванням олійних культур. Адже підраховано, що якщо близько

10% орних земель в Україні засіяти культурами родини *Brassicaceae* то це щорічно забезпечить до 8,5 млн. т насіння, або ж що відповідає цифрі в 3 млн. т дизельного палива [4].

А отже, з загального різновекторного використання олійних культур родини *Brassicaceae* можна виділити два основні напрями важливі в плані їх практичної реалізації – переробка для отримання харчових олій та на біоенергетичні цілі. А тому з безлічі хімічних показників якості насіння олійних культур для нас найбільш важливими є визначення вмісту олії в насінні та власне енергетична складова врожаю. Обидві досліджувані ознаки змінюються не лише від видових чи сортових особливостей, а й у великій мірі за рахунок застосування агротехнічних заходів догляду за посівами та впливу погодних умов вегетаційного періоду [11].

Питанням вивчення якісних характеристик насіння озимого ріпаку присвячено дослідження багатьох учених. Зокрема: І. М. Катеринчук [7] встановлював вплив елементів технології на якісні значення насіння ріпаку ярого, а О. І. Рудник-Іващенко, О. О. Шовгун та А. П. Іваницька [8] вивчали цілий спектр сортів та гібридів ріпаку вітчизняної та зарубіжної селекції за біохімічним складом. Науковці Я. Гойсалюк, В. Лихочвор та О. Шавалюк [6] визначили вплив строків сівби на якість насіння озимого ріпаку в Західному Лісостепу України. Вплив факторів формування якості олії вивчав В. Носенко [9], тоді як в працях Г. В. Коваль, В. Г. Новак [10] охарактеризовані сортові особливості ріпаку озимого залежно від приналежності їх до різних селекційних установ.

Проте, питання засвоєння рослинами родини *Brassicaceae* макроелементів живлення та збалансованого використання мінерального удобрення залишаються актуальними до наукового вивчення.

Постановка завдання. Метою досліджень було установити особливості формування виносу біомасою культур родини *Brassicaceae* макроелементів залежно від елементів агротехніки – ширини міжрядь та норм внесення мінеральних добрив.

Методи і матеріали. Дослідження проводили у 2018–2021 рр. в умовах Відокремленого підрозділу Національного університету біоресурсів і природокористування України «Ніжинський агротехнічний інститут» (Чернігівська обл.).

Грунт дослідного поля – чорнозем опідзолений зі вмістом гумусу на рівні 3,38–3,76 % (підвищений), мінерального азоту ($\text{NH}_4 + \text{NO}_3$) – 18,6–29,4 мг/кг (від середнього до підвищеного), рухомого фосфору та обмінного калію – 106,6–120,6 та 50,04–72,2 мг/кг (середній) відповідно, магнію – 243,0–364,5 мг/кг (від підвищеного до високого), рухомої сірки – 7,7–10,3 мг/кг (від середнього до високого), обмінного кальцію – 2225–4100 мг/кг (від підвищеного до дуже високого). Кислотність ґрунту (рН) – 5,7–6,5.

Погодно-кліматичні умови впродовж років досліджень характеризувались певними відхиленнями від середньобогаторічних значень, однак це не стало на заваді отриманню об'єктивних експериментальних даних польових досліджень та росту й розвитку озимих олійних капустияних культур. Найліпші показники температурного режиму, забезпеченості вологою тощо відзначено впродовж вегетаційного періоду 2020/21 рр., найгірші – у 2018/19-му. Загалом же варто зауважити, що зафіксовані зміни погодних умов дали змогу якнайповніше виявити вплив обраних агротехнічних чинників на ріст і розвиток рослин досліджуваних культур.

В досліді вивчали наступні елементи технології вирощування озимих олійних культур родини *Brassicaceae*:

Культура	Удобрення	Ширина міжрядь, см
Суріпиця озима 'Оріана'	Контроль (без добрив)	15
Ріпак озимий 'Мерседес'	Контроль (без добрив)	15
Тифон 'Оракам'	Контроль (без добрив)	15
		30
		45
	N ₈₀ P ₆₀ K ₆ 0	15
		30
		45
	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	15
		30
		45

Площа елементарної ділянки в досліді становила 35 м², облікової – 25 м², повторність триразова.

Технологія вирощування озимих культур родини *Brassicaceae* в польовому досліді є загальноприйнятною для правобережної частини Лісостепу України, окрім досліджуваних елементів. Фосфорно-калійні добрива вносили восени, до сівби культури. Азотні добрива застосовували як восени в міжряддя під час сівби (N₂₀), так і весною: ранньовесняне підживлення сульфатом амонію (40–60 кг/га д. р.) та через три тижні карбамід (20–40 кг/га д. р.).

Досліди проводили відповідно до загально визначених методик дослідної справи в агрономії, а також інших спеціальних методик [13, 14].

Результати досліджень. Зважаючи на те, що визначили ефективність використання надземної маси тифону як сировини для біоенергетики слід більш детально проаналізувати й значення виносу рослинами макроелементів. Оскільки у випадку отримання врожаю насіння та повернення побічної продукції в ґрунт як добрива значна частина поживних речовин залишається доступною для наступних культур. А коли забираємо максимально повно біомасу, то для поновлення родючості ґрунту слід додатково застосовувати добрива під наступні культури сівозміни.

Отже, розглянемо особливості виносу макроелементів надземною біомасою озимих культур родини *Brassicaceae* як невідомої частини втрат в випадку переробки їх на біоенергетичні цілі (таблиця 1).

Таблиця 1

Винос макроелементів надземною біомасою озимих культур родини *Brassicaceae*, залежно від удобрення та ширини міжрядь

Культура (сорт)	Удобрення, кг/га д.р.	Ширина міжрядь, см	Винос макроелементів надземною біомасою, кг/га			
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO
Суріпиця озима (Оріана)	Контроль (без добрив)	15	95,5	39,7	114,9	23,2
Ріпак озимий (Мерседес)		15	159,9	77,1	119,9	85,6
Тифон (Оракам)		15	121,8	51,8	140,6	32,5
		30	123,9	52,5	142,8	32,1
		45	103,0	43,4	120,0	27,7

Продовження таблиці 1

Тифон (Оракам)	$N_{80}P_{60}K_{60}$	15	139,0	58,7	158,4	36,5
		30	121,1	50,7	138,7	31,1
		45	109,7	46,6	125,8	29,1
Тифон (Оракам)	$N_{120}P_{90}K_{90}$	15	126,2	53,1	144,5	33,7
		30	119,5	50,6	135,9	32,3
		45	113,1	48,6	128,7	31,2
НІР _{0,05}			2,3	1,2	2,1	1,0

У структурі вносу макроелементів по озимих культур родини *Brassicaceae* можна відмітити досить близькі значення за фосфором в суріпиці та тифону а також за калієм в суріпиці та ріпаку. За споживанням азоту та кальцію максимальні значення отримано за вирощування ріпаку – 159,9 та 85,6 кг/га, тоді як рослини тифону засвоюють в надземній біомасі в 2,6 раз менше цього макроелементу.

У середньому по досліді встановили що рослини тифону виносять з надземною біомасою 119,7 кг/га азоту, 50,7 кг/га фосфору, 137,3 кг/га калію та 31,8 кг/га кальцію. А найбільш високий винос макроелементів спостерігався за вирощування рослин з шириною міжрядь 15 см, який за удобрення в нормі $N_{80}P_{60}K_{60}$ становив 139,0 кг/га азоту, 58,7 кг/га фосфору, 158,4 кг/га калію та 36,5 кг/га кальцію, тоді як за аналогічної норми висіву та за внесення мінеральних добрив в нормі $N_{120}P_{90}K_{90}$ зафіксували винос макроелементів на рівні 126,2 кг/га азоту, 53,1 кг/га фосфору, 144,5 кг/га калію та 33,7 кг/га кальцію.

На відміну від більшості традиційних культур озимі родини *Brassicaceae* засвоюють поживні речовини з шару ґрунту щонайменше 90 см, що змінює уявлення про удобрення та винос ними елементів живлення. Адже за таких умов дози мінеральних добрив 60–80 кг/га діючої речовини здатні сприяти отриманню вищого приросту урожаю, ніж дози 120–150 кг/га, що і спостерігалось в нашому досліді [1].

Окрім того використання основних макроелементів відбувається більш рівномірніше чим засвоєння рослинами азоту. Так близько 70 % азоту капустині споживають під час формування і розвитку генеративних органів, решта ж засвоєння макроелемента не є критичною для успішного росту і розвитку рослин. А тому азот доцільніше вносити не лише у вигляді невеличкої стартової передпосівної дози а й одного-двох підживлень на початку формування генеративних органів [3].

Визначено й загальне засвоєння макроелементів необхідних на формування біомаси озимих культур родини *Brassicaceae* (табл. 2). Отримані показники засвідчують скільки макроелементів витрачається на формування загальної біомаси озимих капустяних культур з точки зору засвоєння її як надземною так і підземною частиною. І хоча коренева система рослин залишається при збиранні в ґрунті, елементи живлення деякий час є недоступними для наступних рослин до споживання. А тому стратегії вирощування та удобрення за переробки тифону на біоенергетичні цілі варто планувати з врахуванням набагато більшого вносу макроелементів чим за збирання насіння. Особливо коли ставимо на меті планомірне підвищення родючості ґрунту а не поступове його виснаження.

Встановили, що рослини тифону накопичують в загальній біомасі 156,9 кг/га азоту, 66,4 кг/га фосфору, 179,9 кг/га калію та 41,7 кг/га кальцію. А найбільш високий винос макроелементів спостерігався за вирощування рослин з шириною міжрядь 15 см, який за удобрення в нормі $N_{80}P_{60}K_{60}$ становив 175,0 кг/га азоту,

Таблиця 2

Загальна потреба в макроелементах для формування біомаси озимих культур родини *Brassicaceae*, залежно від удобрення та ширини міжрядь

Культура (сорт)	Удобрення, кг/га д.р.	Ширина міжрядь, см	Потреба в макроелементах, кг/га			
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO
Суріпиця озима (Оріана)	Контроль (без добрив)	15	123,6	51,4	148,6	30,1
Ріпак озимий (Мерседес)		15	209,0	100,8	156,8	112,0
Тифон (Оракам)		15	156,4	66,5	180,6	41,7
		30	153,1	64,9	176,4	39,7
		45	128,7	54,2	150,0	34,6
Тифон (Оракам)	N ₈₀ P ₆₀ K ₆₀	15	175,0	73,9	199,3	45,9
		30	163,1	68,3	186,7	41,9
		45	155,4	66,0	178,3	41,2
Тифон (Оракам)	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	15	170,0	71,6	194,8	45,4
		30	164,2	69,5	186,8	44,4
		45	146,1	62,7	166,2	40,2
NIP _{0,05}			2,4	1,3	2,2	1,0

73,9 кг/га фосфору, 199,3 кг/га калію та 45,9 кг/га кальцію, тоді як за аналогічної норми висіву та за внесення мінеральних добрив в нормі N₁₂₀P₉₀K₉₀ зафіксували винос макроелементів на рівні 170,0 кг/га азоту, 71,6 кг/га фосфору, 194,8 кг/га калію та 45,4 кг/га кальцію.

Отже, за вирощування тифону на біоенергетичні цілі слід додатково вивчати стратегії удобрення культури, оскільки в ґрунті на якому проводили досліді, чорноземі опідзоленому міститься мінерального азоту (NH₄ + NO₃) на рівні 18,6–29,4 мг/кг (від середнього до підвищеного), вміст рухомого фосфору 106,6–120,6 мг/кг, та вміст калію складає 50,04–72,2 мг/кг (середній), а вміст обмінного кальцію коливається від підвищеного (2225 мг/кг) до дуже високого (4100 мг/кг).

Висновки. Досліджено, що на кращих варіантах за урожайністю біомаси тифону винос макроелементів становив 139,0 кг/га азоту, 58,7 кг/га фосфору, 158,4 кг/га калію та 36,5 кг/га кальцію. Так, на чорноземі опідзоленому з вмістом мінерального азоту на рівні від середнього до підвищеного), вмісту рухомого фосфору та калію середньому та вмісту обмінного кальцію від підвищеного до дуже високого особливу увагу слід звернути на правильне застосування азотних та калійних добрив, причому застосування N₈₀P₆₀K₆₀ є задовільним варіантом в плані забезпечення рослин макроелементами окрім калію. Подальше збільшення норми азотного удобрення повинне супроводжуватись розробкою більш гнучких схем його застосування, для отримання кращого ефекту від внесення. А кальцію в ґрунті міститься занадто багато, тому не варто акцентувати увагу на застосуванні добрив з цим макроелементом.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Блащук М. І., Тищенко Л. Д. Науково-практичні рекомендації по вирощуванню ріпаку. Черкаський інститут АПВ. 2010. 30 с.
2. Вишнівський П.С., Митченко О.О. Ринок ріпаку та ріпакової олії. *Економіка АПК*. 2003. № 6. С. 111–115.

3. Гусев М. Г., Шаталова В. В., Коковіхін С. В. Економіко-енергетичне обґрунтування ріпаку озимого в умовах зрошення півдня України. *Зрошуване землеробство*. 2010. № 53. С. 203–204.
 4. Калетнік Г. М. Розвиток ринку біопалив в Україні. *Біоенергетика*, 2013. № 1. С. 11–16.
 5. Ситник І. Д. Технологія вирощування озимого і ярого ріпаку. *Посібник українського хлібороба*. 2008. С. 77–90.
 6. Гойсалуєк Я., Лихочвор В., Шавалюєк О., Демчишин А. Якість насіння гібридів і сортів ріпаку озимого залежно від строків сівби. *Вісник Львівського національного аграрного університету: Агрономія*. 2013. № 17(2). С. 19–26.
 7. Катеринчук І. М. Вплив елементів технології вирощування на якісні показники насіння ріпаку ярого. Матеріали науково-практичної конференції молодих вчених і спеціалістів «Новітні технології для конкурентоспроможного аграрного виробництва» (Чабани, 27–29 жовтня 2014 р.). Київ: ВП «Едельвейс», 2014. С. 14–15.
 8. Рудник-Іващенко О. І., Шовгун О. О., Іваницька А. П. та ін. Біохімічні властивості нових сортів ріпаку. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин: сортовивчення та сортознавство*. 2014. № 4. С. 29–33.
 9. Носенко В. Фактори, що формують якість продукції ріпаку в Україні. *Науковий вісник НУБіП України. Серія: Агрономія*, 2015. № 210. С. 75–79.
 10. Коваль Г. В., Новак В. Г. Характеристика сортових особливостей ріпаку озимого по заявниках за результатами випробувань. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва: Сільськогосподарські науки*, 2012. № 1. С. 5–7.
 11. Царук І.В. Рахметов Д.Б. Продуктивність тифону за різної ширини міжрядь та удобрення. *Новітні агротехнології*. 2022. № 10(2). <https://doi.org/10.47414/na.10.2.2022.270481>
 12. Царук І.В. Рахметов Д.Б. Екологічна пластичність та стабільність продуктивності озимих капустяних культур під впливом елементів технології вирощування. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків* : зб. наук. праць. Київ : ФОП Корзун Д. Ю., 2021. Вип. 30. С. 105–111. <https://doi.org/10.47414/np.30.2022.268948>
 13. Присяжнюк О. І., Климович Н. М., Полуніна О. В. та ін. Методологія і організація наукових досліджень у сільському господарстві та харчових технологіях. Київ : Нілан-ЛТД, 2021. 300 с.
 14. Ермантраут Е. Р., Присяжнюк О. І., Шевченко І. Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті Statistica 6.0. Київ : ПоліграфКонсалтинг, 2007. 56 с.
-