СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ НАУКИ

УДК 633.63:631.81:631.559
DOI https://doi.org/10.37406/2706-9052-2026-2-1

Безвіконний П. В.
кандидат сільськогосподарських наук, доцент, докторант,
доцент кафедри садово-паркового господарства, геодезії та землеустрою,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: *bezvikonnuy777@gmail.com*
ORCID: *0000-0003-4922-1763*

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ КОРМОВИХ БУРЯКІВ ЗАЛЕЖНО ВІД СОРТОВИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ І РІВНЯ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ

Анотація

У статті наведено результати багаторічних польових досліджень (2020–2024 рр.), спрямованих на вивчення впливу різних норм і співвідношень мінеральних добрив на динаміку формування маси коренеплодів і гички кормових буряків різних сортів в умовах західного Лісостепу України. За результатами проведених досліджень встановлено, що застосування мінеральних добрив суттєво активізувало ріст і розвиток рослин, забезпечуючи інтенсивніше накопичення біомаси надземних і підземних органів упродовж вегетації. Найвищі показники маси коренеплодів і гички формувалися за внесення добрив у варіантах $N_{150}P_{75}K_{225}$ та $N_{225}P_{75}K_{150}$. На момент збирання врожаю середня маса коренеплодів за удобрення $N_{150}P_{75}K_{225}$ становила 1053,1 г у сорту Сонет, 1131,1 г – у сорту Ольжич та 1176,2 г – у сорту Стармон, що перевищувало контроль на 20,5–27,1 %. Найбільш інтенсивне формування листкового апарату відзначено у першій декаді серпня, після чого спостерігався активний перерозподіл пластичних речовин із гички до коренеплодів.

Сортові особливості істотно впливали на інтенсивність накопичення біомаси. Найвищою продуктивністю характеризувався сорт Стармон, який упродовж усього періоду вегетації переважав сорти Сонет і Ольжич за масою як коренеплодів, так і гички. Встановлено, що збалансоване мінеральне живлення, особливо за підвищеного калійного внесення, сприяло пролонгації функціонування листкового апарату, покращенню транспорту асимілянтів та інтенсивнішому росту коренеплодів.

Кореляційно-регресійний аналіз підтвердив наявність сильного прямого взаємозв'язку між масою гички та масою коренеплоду ($r = 0,881$; $R^2 = 0,776$). Збільшення маси гички на 1 г забезпечувало приріст маси коренеплоду в середньому на 1,24 г, що свідчить про визначальну роль розвитку асиміляційного апарату у формуванні продуктивності культури.

Отримані результати підтверджують ефективність оптимізації мінерального живлення кормових буряків шляхом використання збалансованих норм добрив із підвищеним вмістом калію. Найбільш ефективними виявилися варіанти удобрення $N_{150}P_{75}K_{225}$ та $N_{225}P_{75}K_{150}$, які забезпечували найкращий ріст рослин, максимальне накопичення біомаси та реалізацію продуктивного потенціалу культури. Найбільш виражену реакцію на покращення умов мінерального живлення продемонстрував сорт Стармон, який сформував найвищі біометричні показники та масу коренеплодів.

Ключові слова: *кормові буряки, мінеральні добрива, коренеплід, гичка, продуктивність, сорт, кореляційний аналіз.*

Вступ. За сучасних умов господарювання стратегічним завданням агропромислового комплексу України є забезпечення стабільної та високопродуктивної кормової бази. Стійкий розвиток молочного і м'ясного скотарства безпосередньо залежить від рівня годівлі сільськогосподарських тварин, оскільки саме ця галузь постачає на продовольчий ринок дієтичні, екологічно безпечні продукти харчування: молоко, сир, масло та м'ясо [8, с. 32]. На сучасному етапі проблема протеїнового та енергетичного живлення тварин постає особливо гостро через необхідність підвищення їхньої продуктивності та трансформацію технологій годівлі. Дефіцит високоякісного білка

© Безвіконний П. В., 2026

та легкозасвоюваних вуглеводів у раціонах став одним із головних лімітуючих факторів у системі виробництва тваринницької продукції [5, с. 17; 12, с. 153].

Ефективним шляхом вирішення цієї проблеми є інтенсифікація вирощування соковитих кормів, серед яких ключове місце належить буряку кормовому (*Beta vulgaris L. subsp. vulgaris var. alba*). Ця культура характеризується винятково високим потенціалом урожайності (до 100–150 т/га) та є джерелом легкоперетравних поживних речовин, вітамінів, мінералів, цукрів і крохмалю, що суттєво стимулює надої великої рогатої худоби та покращує загальний метаболізм жуйних тварин [10, с. 41].

Проте реалізація генетичного потенціалу сучасних сортів кормових буряків суттєво обмежується дефіцитом балансу в мінеральному живленні та посиленням гідротермічного стресу внаслідок глобального потепління. Тому для оптимізації продукційного процесу критично важливо вивчити не просто кінцеву врожайність, а динаміку наростання маси підземних (коренеплід) і надземних (гичка) органів рослини протягом вегетації. Адже саме характер їхнього паралельного розвитку та специфіка реутилізації пластичних речовин під впливом агротехнічних заходів безпосередньо визначають загальну кормову цінність агроценозу.

Формування високої продуктивності кормових буряків є складним інтегральним фізіологічним процесом. Його основу складає фотосинтез – головний чинник утворення сухої речовини рослин, причому до 90–95 % накопичення біомаси врожаю відбувається завдяки асиміляційній діяльності листків [2, с. 31; 3, с. 19]. Наростання вегетативної маси та оптимізація ходу її формування вже з ранніх етапів онтогенезу визначають кінцеву масу коренеплоду [20, с. 450]. Експериментально доведено, що архітектоніка, фотосинтетична активність посівів та темпи щодекадного або щомісячного приросту маси кормових буряків є динамічними параметрами, які чітко реагують на антропогенний вплив, зокрема на застосування елементів технології вирощування [1, с. 21; 4, с. 19].

У питаннях оптимізації мінерального живлення та фотосинтетичної діяльності важливим є внесок В. В. Гармашова, Д. С. Стана [4, с. 20], Демидась Г. І., Бурко Л. М. [6, с. 88], а також С. С. Панасюка та ін. [13, с. 35; 14, с. 160]. Ними доведено, що макроелементи (N, P, K) мають диференційований вплив на морфогенез та біометричні показники культури. Азот інтенсифікує процеси вегетативного росту, пролонгує життєдіяльність листкового апарату та безпосередньо стимулює динаміку наростання маси гички. Фосфор забезпечує первинний розвиток кореневої системи та енергетичний обмін на старті вегетації. Калій виступає регулятором осмотичного тиску та активує ферменти вуглеводного обміну, стимулюючи інтенсивний відтік асимілянтів із мезофілу листка до запасаючої паренхіми, що безпосередньо прискорює темпи росту та збільшення маси коренеплоду [11, с. 70].

У світовій практиці дослідження Е. Чаквізіра, та А. П. Дрейкотт та ін. підтверджують, що найвища ефективність роботи фотосинтетичного апарату та максимальний індекс збору (harvest index, що виражається співвідношенням маси коренеплоду до маси гички) досягаються лише за збалансованого співвідношення мінеральних елементів, яке наближається до природного біологічного складу самої рослини [18, с. 172; 19, с. 127]. Накопичення сухої речовини в органах рослин прямо пропорційно залежить від рівня живлення, тоді як В. В. Лихочвор зазначає, що динаміка росту рослин та їхня продуктивність часто значною мірою коригуються погодними умовами (вологозабезпеченістю) та строками сівби [7].

Особливого значення набуває вивчення динамічних процесів формування біомаси за умов температурного та посушливого стресу. Г. І. Демидась та Л. М. Бурко [6, с. 90] вказують на фізіологічні особливості формування врожаю залежно від гідротермічних факторів, а О. І. Присяжнюк, А. С. Заришняк, В. М. Сінченко наголошують на необхідності застосування спеціальних технологічних заходів для підвищення толерантності посівів до посухи [15]. Сучасні системи удобрення в умовах змін клімату повинні не лише живити рослину, а й виконувати адаптивну функцію – підтримувати високий тургор тканин, оптимізувати водний баланс та забезпечувати безперервну, згладжену динаміку наростання маси вегетативних та запасаючих органів протягом усього міжфазного періоду [17, с. 28; 21, с. 110].

Попри глибоку вивченість загальних аспектів агротехніки, питання взаємозв'язку між дозами мінерального живлення та поетапною динамікою формування маси коренеплодів і гички нових вітчизняних та інтродукованих сортів кормових буряків в умовах конкретних мікрокліматичних зон залишаються недостатньо висвітленими. Більшість існуючих досліджень обмежуються фіксацією лише кінцевої врожайності на момент збирання. Проте характер кривих наростання біомаси, тривалість активного функціонування гички та періоди максимального приросту маси коренеплодів для різних сортів в умовах західного Лісостепу України потребують додаткового вивчення.

Мета досліджень – визначити вплив норм та співвідношення мінеральних добрив на динаміку наростання маси коренеплодів і маси гички, а також встановити характер їхнього взаємозв'язку та закономірностей перебігу продукційного процесу різних сортів буряка кормового в умовах західного Лісостепу України.

Виклад основного матеріалу дослідження. Дослідження проводились впродовж 2020–2024 років на дослідному полі Науково-дослідного центру «Поділля» Закладу вищої освіти «Подільський державний університет». Ґрунт дослідного поля – чорнозем типовий вилугуваний, мало гумусний, середньосуглинковий на лесовидних суглинках. Вміст гумусу (за Тюріним) у шарі ґрунту 0–30 см становить 3,8–4,1%. Вміст сполук азоту, що легко гідролізуються (за Корнфілдом), становить 98–117 мг/кг , рухомого фосфору (за Чіріковим) – 81–94 мг/кг, обмінного калію (за Чіріковим) – 145–175 мг/кг ґрунту. Сума увібраних основ коливається в межах 19,8-22,0 мг-екв. на 100 г ґрунту, має гідролітичну кислотність 0,79-1,02 мг-екв. на 100 г ґрунту, ступінь насичення основами – 90%.

Схемою досліду передбачене вивчення впливу різних співвідношень мінеральних добрив на динаміку формування маси гички та коренеплодів буряка кормового. Схема досліду включала наступні фактори: Фактор А – сорти: 1. Сонет (контроль); 2. Ольжич; 3. Стармон. Фактор В – норми внесення мінеральних добрив: 1. Без внесення добрив (контроль); 2. $N_{150}P_{150}K_{150}$; 3. $N_{225}P_{150}K_{75}$; 4. $N_{225}P_{75}K_{150}$; 5. $N_{150}P_{225}K_{75}$; 6. $N_{150}P_{75}K_{225}$; 7. $N_{75}P_{225}K_{150}$; 8. $N_{75}P_{150}K_{225}$. Площа облікової дослідної ділянки – 54 м^2, загальної – 65 м^2, повторність досліду – чотирикратна.

Фенологічні спостереження, біометричні і фізіолого-біохімічні дослідження проводили відповідно до Методики дослідної справи в агрономії [16, с. 158] та Методики проведення досліджень у буряківництві [9, с. 216].

Результати дослідження. Формування маси коренеплодів кормових буряків є складним фізіологічним процесом, який визначається генетичними особливостями сорту, рівнем забезпечення рослин елементами живлення та інтенсивністю функціонування асиміляційного апарату. На початкових етапах росту і розвитку рослин маса коренеплодів була порівняно невисокою, оскільки основна частина пластичних речовин використовувалася на побудову листкового апарату та первинної кореневої системи.

Станом на 10 липня найменшу масу коренеплодів відмічали на варіантах без внесення добрив (табл. 1). Так, у сорту Сонет цей показник становив 130,3 г, у сорту Ольжич – 137,7 г, а у сорту Стармон – 224,5 г. Уже на початкових етапах розвитку простежувалася суттєва перевага сорту Стармон, маса коренеплодів якого перевищувала контрольний сорт Сонет на 72,3 %.

Таблиця 1. Вплив доз мінеральних добрив на динаміку маси коренеплодів кормових буряків, г (середнє за 2020–2024 рр.)

Сорт (фактор А)	Фон живлення (фактор В)	Дата визначення			
		10.07	**10.08**	**10.09**	**5.10**
Сонет (контроль)	Без внесення добрив (к)	130,3	342,3	644,3	842,3
	$N_{150}P_{150}K_{150}$	243,4	544,4	860,9	1016,2
	$N_{225}P_{150}K_{75}$	193,6	496,3	824,1	886,1
	$N_{225}P_{75}K_{150}$	244,8	581,4	900,2	1037,1
	$N_{150}P_{225}K_{75}$	188,4	399,0	745,5	884,3
	$N_{150}P_{75}K_{225}$	274,0	591,0	908,5	1053,1
	$N_{75}P_{225}K_{150}$	211,7	484,6	809,5	922,9
	$N_{75}P_{150}K_{225}$	216,3	486,7	817,8	955,7
Ольжич	Без внесення добрив (к)	137,7	354,6	654,2	889,6
	$N_{150}P_{150}K_{150}$	246,7	574,1	891,8	1078,0
	$N_{225}P_{150}K_{75}$	256,3	489,8	799,1	959,1
	$N_{225}P_{75}K_{150}$	249,7	564,6	869,2	1098,6
	$N_{150}P_{225}K_{75}$	208,4	435,0	773,6	963,0
	$N_{150}P_{75}K_{225}$	296,2	599,6	905,9	1131,1
	$N_{75}P_{225}K_{150}$	207,7	546,2	847,5	1026,1
	$N_{75}P_{150}K_{225}$	231,1	523,2	852,4	1030,7
Стармон	Без внесення добрив (к)	224,5	474,7	786,7	976,5
	$N_{150}P_{150}K_{150}$	312,7	679,1	1003,8	1123,5
	$N_{225}P_{150}K_{75}$	270,6	637,1	974,4	1018,6
	$N_{225}P_{75}K_{150}$	310,7	691,5	1018,8	1173,3
	$N_{150}P_{225}K_{75}$	255,4	530,0	885,5	1015,0
	$N_{150}P_{75}K_{225}$	340,7	713,6	1039,2	1176,2
	$N_{75}P_{225}K_{150}$	261,3	639,5	952,3	1078,3
	$N_{75}P_{150}K_{225}$	271,8	624,9	966,0	1096,7

Примітка: (к) – контроль.

Застосування мінеральних добрив сприяло активізації ростових процесів та інтенсивнішому накопиченню біомаси коренеплодів. Найбільші показники відмічали на варіантах із нормами $N_{150}P_{75}K_{225}$ та $N_{225}P_{75}K_{150}$. За цих умов маса коренеплодів сорту Стармон становила відповідно 340,7 та 310,7 г, що перевищувало контроль без добрив на 38,4–51,8 %.

На період 10 серпня спостерігалося інтенсивне наростання маси коренеплодів у всіх варіантах досліду, що пов'язано з досягненням максимальної площі листкової поверхні та високою інтенсивністю фотосинтетичних процесів. На неудобреному фоні маса коренеплодів становила 342,3 г у сорту Сонет, 354,6 г у сорту Ольжич та 474,7 г у сорту Стармон. Внесення мінеральних добрив забезпечувало істотне збільшення цього показника. Найбільші значення відмічали за використання норми $N_{150}P_{75}K_{225}$, де маса коренеплодів досягала 591,0 г у сорту Сонет, 599,6 г у сорту Ольжич та 713,6 г у сорту Стармон. Приріст порівняно з контролем становив відповідно 72,6; 69,1 та 50,3 %.

Найбільш інтенсивне накопичення маси коренеплодів спостерігалося в період від 10 серпня до 10 вересня. Саме в цей час формувалася основна частина врожаю. На варіантах без внесення добрив маса коренеплодів

становила 644,3 г у сорту Сонет, 654,2 г у сорту Ольжич та 786,7 г у сорту Стармон. За внесення добрив із нормою $N_{150}P_{75}K_{225}$ вона зростала до 908,5; 905,9 та 1039,2 г відповідно. Порівняно з контролем приріст становив 41,0; 38,5 та 32,1 %. Аналогічно високі показники забезпечував варіант $N_{225}P_{75}K_{150}$. Це свідчить про те, що в умовах оптимізації доз калію рослини більш ефективно перерозподіляли продукти фотосинтезу.

На період збирання врожаю (5 жовтня) маса коренеплодів досягала максимальних значень. Найменші показники відмічали на контролі без внесення добрив, де маса одного коренеплоду становила 842,3 г у сорту Сонет, 889,6 г у сорту Ольжич та 976,5 г у сорту Стармон. На удобрених варіантах спостерігалося подальше зростання продуктивності. Найвищу масу коренеплодів забезпечив варіант $N_{150}P_{75}K_{225}$ – 1053,1 г у сорту Сонет, 1131,1 г у сорту Ольжич та 1176,2 г у сорту Стармон. У порівнянні з контролем приріст становив 25,0; 27,1 та 20,5 % відповідно. Дещо нижчі, але близькі результати були отримані за внесення добрив у нормі $N_{225}P_{75}K_{150}$.

Паралельно з підземними органами досліджували формування надземної маси, оскільки саме листковий апарат забезпечує фотосинтетичне накопичення органічної речовини.

Аналіз динаміки наростання маси гички свідчить (табл. 2)., що на початкових етапах вегетації (10 липня) рослини активно нарощували асиміляційну поверхню. Внесення добрив суттєво стимулювало цей процес: на варіанті $N_{150}P_{75}K_{225}$ маса гички становила 612,6–690,1 г, що перевищувало контроль на 41,7–54,2% залежно від сорту.

У першій декаді серпня відзначалося максимальне розростання надземної маси рослин – листковий апарат досягав піку свого розвитку. На варіантах без внесення добрив маса гички становила 521,7 г у сорту Сонет, 546,1 г у сорту Ольжич та 657,3 г у сорту Стармон. За внесення мінеральних добрив показники суттєво зростали. Найбільшу масу гички в усіх сортів відмічали на варіанті $N_{150}P_{75}K_{225}$, де вона досягала 714,1 г у сорту Сонет, 774,6 г у сорту Ольжич та 817,4 г у сорту Стармон. У порівнянні з контролем приріст становив відповідно 36,9; 41,8 та 24,4%.

Таблиця 2. Динаміка наростання маси гички буряка кормового залежно від доз мінеральних добрив, г (середнє за 2020–2024 рр.)

Сорт (фактор А)	Фон живлення (фактор В)	Дата визначення			
		10.07	**10.08**	**10.09**	**5.10**
Сонет (контроль)	Без внесення добрив (к)	402,8	521,7	218,6	171,7
	$N_{150}P_{150}K_{150}$	577,4	659,3	429,5	350,4
	$N_{225}P_{150}K_{75}$	539,3	648,8	380,9	305,6
	$N_{225}P_{75}K_{150}$	596,7	687,2	446,1	357,6
	$N_{150}P_{225}K_{75}$	519,5	626,8	365,3	294,8
	$N_{150}P_{75}K_{225}$	612,6	714,1	457,2	376,1
	$N_{75}P_{225}K_{150}$	565,7	659,1	412,6	329,6
	$N_{75}P_{150}K_{225}$	573,4	668,2	420,5	341,3
Ольжич	Без внесення добрив (к)	421,4	546,1	235,9	197,0
	$N_{150}P_{150}K_{150}$	604,8	733,3	461,4	371,7
	$N_{225}P_{150}K_{75}$	562,8	664,3	424,7	330,7
	$N_{225}P_{75}K_{150}$	627,1	755,8	487,2	392,4
	$N_{150}P_{225}K_{75}$	534,2	640,1	395,9	321,0
	$N_{150}P_{75}K_{225}$	649,8	774,6	500,4	404,0
	$N_{75}P_{225}K_{150}$	577,4	680,5	436,2	353,8
	$N_{75}P_{150}K_{225}$	591,9	705,2	450,8	355,4
Стармон	Без внесення добрив (к)	487,1	657,3	308,5	248,8
	$N_{150}P_{150}K_{150}$	667,2	799,4	524,5	416,1
	$N_{225}P_{150}K_{75}$	625,4	763,8	451,3	363,8
	$N_{225}P_{75}K_{150}$	674,6	809,1	538,8	419,0
	$N_{150}P_{225}K_{75}$	603,8	752,9	435,1	362,5
	$N_{150}P_{75}K_{225}$	690,1	817,4	552,4	435,6
	$N_{75}P_{225}K_{150}$	640,7	770,5	478,5	399,4
	$N_{75}P_{150}K_{225}$	655,3	784,1	508,5	406,2

Примітка: (к) – контроль.

У розрізі сортів найбільшу надземну масу протягом усього періоду активного росту формував сорт Стармон. Його перевага над сортом Сонет на контролі становила 135,6 г (26,0%), а на варіанті $N_{150}P_{75}K_{225}$ – 103,3 г (14,5%). Це вказує на вищий генетично обумовлений потенціал фотосинтетичної продуктивності даного сорту.

У першій декаді вересня в усіх варіантах досліду спостерігалося природне фізіологічне зменшення маси гички. Це пояснюється реутилізацією (відтоком) пластичних речовин з листків до коренеплодів, а також відмиранням нижніх ярусів. Проте на удобрених варіантах маса гички залишалася істотно більшою порівняно з контролем. Так, у сорту Сонет вона становила 365,3–457,2 г проти 218,6 г на контролі, у сорту Ольжич – 395,9–500,4 г проти 235,9 г, а у сорту Стармон – 435,1–552,4 г проти 308,5 г.

На момент збирання врожаю (5 жовтня) ця тенденція зберіглася. Найменші значення зафіксовано на контролі (171,7–248,8 г). Максимальну масу гички зберегли рослини на варіанті $N_{150}P_{75}K_{225}$: від 376,1 г (Сонет) до 435,6 г

(Стармон), що перевищувало контроль на 75,1–119,0%. Збалансоване мінеральне живлення з оптимізованими дозами калію та азоту стримувало процеси старіння тканин, подовжуючи період активного функціонування листків.

Для встановлення математичних закономірностей формування продуктивності проведено кореляційно-регресійний аналіз взаємозв'язку між масою гички (х) та масою коренеплоду (у) на період збирання врожаю (5.10).

Встановлено наявність сильного прямого кореляційного зв'язку між досліджуваними показниками (r = 0,881), що за шкалою Чеддока відповідає високому рівню тісноти. Отримані результати свідчать, що зі збільшенням маси надземної частини рослин відбувається закономірне зростання маси коренеплодів. Коефіцієнт детермінації становить $R^2 = 0,776$, тобто 77,6% варіації маси коренеплодів зумовлено зміною маси надземної частини.

У результаті регресійного аналізу отримано рівняння: y = 588.86 + 1.24x

Згідно з цим рівнянням, збільшення маси гички на 1 г супроводжується зростанням маси коренеплоду в середньому на 1,24 г (рис. 1).

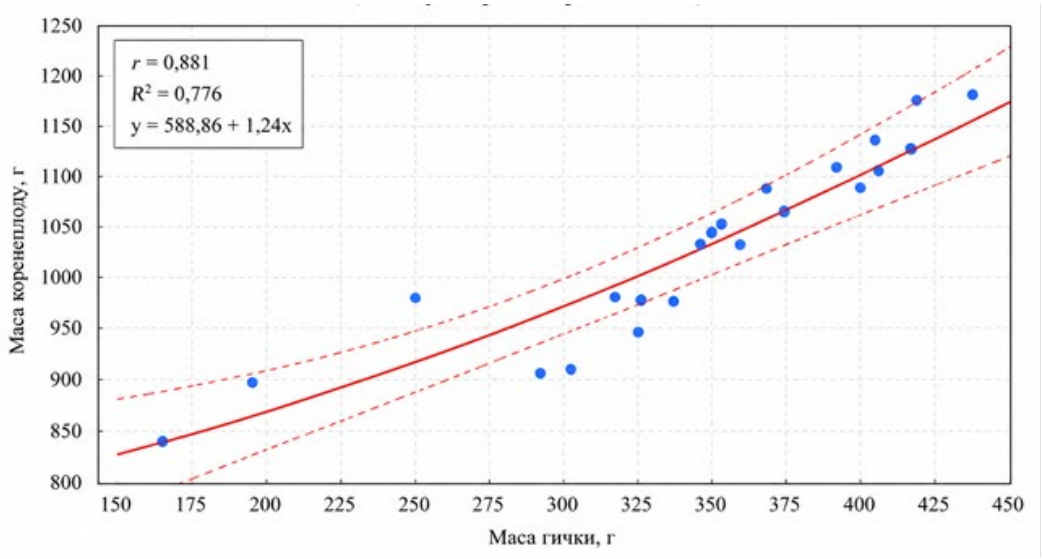


Рис. 1. Кореляційний зв'язок між масою гички та масою коренеплоду кормових буряків на період збирання (5.10)

Результати проведених досліджень підтверджують висновки Присяжнюка О. І., Заришняка А. С. та Сінченка В. М. [17] про те, що одним із ключових чинників формування високої продуктивності буряків є тривале збереження фотосинтетично активного листкового апарату в другій половині вегетації. Саме в період від початку серпня до початку вересня, коли спостерігався найінтенсивніший приріст коренеплодів, відзначалася максимальна активність відтоку асимілянтів із листкового апарату до запасаючих органів. Отримані результати узгоджуються з даними Гармашова В. В. та Стана Д. С. [8], які встановили, що в цей міжфазний період формується до 60–70 % кінцевого врожаю буряків.

Висока ефективність варіантів із підвищеним вмістом калію ($N_{150}P_{75}K_{225}$ та $N_{225}P_{75}K_{150}$) обґрунтовується фізіологічною роллю цього елемента. Як зазначає В. І. Овчарук та ін. [13], оптимізація мінерального живлення активує фотосинтетичну діяльність, де азот стимулює ростові процеси надземної частини, а калій виступає головним регулятором транспорту цукрів із мезофілу листка до запасаючої паренхіми коренеплоду.

Ці висновки повністю корелюють із фундаментальними дослідженнями Дрейкотт А. П., Джаггард К. В, які довели, що достатнє калійне живлення є базовою передумовою збереження активного тургору та пролонгації фотосинтетичного потенціалу листків, що безпосередньо забезпечує максимальний індекс збору (harvest index) [19].

Серед досліджуваного асортименту сортів найвищу чутливість до покращення умов живлення виявив сорт Стармон, який стабільно лідирував за масою обох органів протягом вегетації. Сорт Ольжич посідав проміжне положення, а сорт Сонет характеризувався найнижчою інтенсивністю біометричних приростів, що підтверджує важливість підбору адаптивних генотипів при інтенсифікації кормовиробництва.

Висновки.

1. Застосування мінеральних добрив забезпечує активізацію ростових процесів, оптимізацію формування листкового апарату та інтенсивне накопичення маси коренеплодів кормових буряків протягом усього періоду вегетації.

2. Найбільш ефективними виявилися варіанти удобрення з підвищеним вмістом калію – $N_{150}P_{75}K_{225}$ та $N_{225}P_{75}K_{150}$, які забезпечили максимальні показники продуктивності рослин незалежно від сорту. За норми $N_{150}P_{75}K_{225}$ маса коренеплоду на період збирання досягала в середньому 1053,1–1176,2 г, що на 20,5–27,1% вище за контроль.

3. Встановлено високу сортову чутливість до елементів живлення: в усіх варіантах досліду лідирував сорт Стармон, який ефективніше за інші сорти реалізував потенціал покращеного мінерального живлення. Сорт Ольжич займав проміжне положення, а сорт Сонет характеризувався найнижчими біометричними показниками.

4. Математично доведено (r=0,881; R2=0,776) сильний прямий зв'язок між розвитком надземної біомаси та масою коренеплоду. Оптимізоване калійне живлення пролонгує функціональну активність листків, мінімізує швидкість їхнього відмирання у вересні-жовтні та стимулює інтенсивний відтік пластичних речовин до продуктових органів.

Список використаних джерел

1. Балан В. М., Балагура О. В., Волоха М. П. Адаптивна технологія вирощування маточників і насінників буряків кормових. Біоенергетика. 2020. № 1. С. 21–23. DOI: https://doi.org/10.47414/be.1.2020.224942

2. Безвіконний П. В. Динаміка вмісту хлорофілів у листках буряків кормових в умовах західного Лісостепу. Аграрні інновації. 2025. № 30. С. 30–34. DOI: https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.30.4

3. Безвіконний П. В. Фотосинтетична діяльність рослин буряка кормового залежно від впливу мінеральних добрив. Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка. 2025. Вип. 46(1). С. 19–25. DOI: https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-1.2

4. Гармашов В. В., Стан Д. С. Особливості фотосинтетичної діяльності рослин кормового буряка залежно від умов вирощування. Аграрний вісник Причорномор'я. Сільськогосподарські науки. 2014. Вип. 71. С. 19–25.

5. Демидась Г. І., Бурко Л. М. Вплив елементів технології вирощування на особливості формування урожаю буряків кормових. Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. 2011. Вип. 7(47). С. 17–20.

6. Демидась Г. І., Бурко Л. М. Урожайність та якість гички буряків кормових залежно від елементів технології вирощування. Корми і кормовиробництво. 2012. Вип. 72. С. 88–92.

7. Лихочвор В. В., Костючко С. С. Вплив строків сівби на урожайність цукрових буряків. Агробізнес сьогодні. 2015. URL: https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/558-vplyv-strokiv-sivby-na-urozhainist-tsukrovykh-buriakiv.html (дата звернення: 15.06.2026).

8. Мартинюк І. В. Буряки кормові: наукові та прикладні аспекти технології вирощування : монографія. Київ : Урожай, 2006. 217 с.

9. Методика проведення досліджень у буряківництві / за ред. М. В. Роїка, Н. Г. Гізбулліна. Київ : ФОП Корзун Д. Ю., 2014. 373 с.

10. Мотрук І. Н. Буряки кормові: біологія, технологія. Київ : Урожай, 2001. 232 с.

11. Овчарук В. І., Мулярчук О. І., М'ялковський Р. О., Безвіконний П. В. та ін. Поєднання позакореневого підживлення мікродобривами з фунгіцидами та їх вплив на біологічні параметри рослин буряка столового. Вісник Уманського національного університету садівництва. 2019. № 1. С. 70–75. DOI: https://doi.org/10.31395/2310-0478-2019-1-70-75

12. Овчарук В. І., Овчарук О. В., Євстафієва Ю. М., Бабій М. В. Врожайність і якість коренеплодів буряків кормових залежно від сорту в умовах Правобережного Лісостепу України. Агроекологічний журнал. 2025. № 3. С. 152–161. DOI: https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2025.340787

13. Панасюк С. С., Крамар О. С., Бернацька М. І. Сортова агротехніка вирощування буряку кормового в північному Лісостепу. Інноваційний розвиток землеробства на засадах еколого-економічної збалансованості : матеріали Всеукр. інтернет-конф. Шубків : Інститут сільського господарства Західного Полісся НААН, 2023. С. 35–36.

14. Панасюк С. С., Крамар О. С., Мартинюк Н. М. Енергоощадні технології вирощування різних сортів буряку кормового в зоні Лісостепу. Аграрна освіта і наука: досягнення та перспективи розвитку : матеріали IV Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Біла Церква, 30 березня 2023 р.). Біла Церква : Білоцерківський НАУ, 2023. С. 160–161.

15. Присяжнюк О. І., Заришняк А. С., Сінченко В. М. та ін. Фотосинтетичні параметри посівів буряків цукрових у разі застосування заходів підвищення толерантності до посухового стресу в умовах Правобережного Лісостепу України. Новітні агротехнології. 2020. № 8. DOI: https://doi.org/10.47414/na.8.2020.285436

16. Рожков А. О., Пузік В. К., Каленська С. М. Дослідна справа в агрономії : навч. посіб. : у 2 кн. Кн. 1. Теоретичні аспекти дослідної справи / за ред. А. О. Рожкова. Харків : Майдан, 2016. 316 с.

17. Bezvikonnyi P., Myalkovsky R., Muliarchuk O., Tarasiuk V. Effectiveness of the combined application of micro-fertilizers and fungicides on the beets crops. Ukrainian Journal of Ecology. 2020. Vol. 10, No. 6. P. 28–37. DOI: https://doi.org/10.15421/2020_253

18. Chakwizira E., Meenken E. D., Maley S., George M., Hubber R., Morton J., Stafford A. Effects of potassium, sodium and chloride fertiliser rates on fodder beet yield and quality in Canterbury. Proceedings of the New Zealand Grassland Association. 2013. Vol. 75. P. 171–176. DOI: https://doi.org/10.33584/jnzg.2013.75.2905

19. Draycott A. P., Jaggard K. W. Sugar Beet Nutrition and Fertilizer Use. Dordrecht : Springer Science & Business Media, 2006. 254 p.

20. Khaembah E. N., Maley D., George M., Chakwizira E., de Ruiter J., Zyskowski R., Teixeira E. Crop growth and development dynamics of two fodder beet (Beta vulgaris L.) cultivars sown on different dates in New Zealand. New Zealand Journal of Agricultural Research. 2020. Vol. 63, No. 4. P. 449–466. DOI: https://doi.org/10.1080/00288233.2019.1692042

21. Wheadon N. M., Dalley D. E., Woods R. R. Variation in kale and fodder beet yield and quality over winter affects nutrient supply to non-lactating dairy cows at the Southern Dairy Hub. Journal of New Zealand Grasslands. 2023. Vol. 85. P. 109–118. DOI: https://doi.org/10.33584/jnzg.2023.85.3632

Bezvikonnyy P. V.
Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Doctoral Student,
Associate Professor at the Department of Landscaping, Geodesy and Land Management,
Higher Educational Institution «Podillia State University»
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: *bezvikonnuy777@gmail.com*
ORCID: *0000-0003-4922-1763*

FEATURES OF PRODUCTIVITY FORMATION IN FODDER BEET DEPENDING ON VARIETAL CHARACTERISTICS AND MINERAL NUTRITION LEVEL

Abstract

The article presents the results of long-term field experiments (2020–2024) aimed at investigating the influence of different rates and ratios of mineral fertilizers on the dynamics of root and leaf biomass formation in different fodder beet cultivars under the conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraine. The study demonstrated that the application of mineral fertilizers significantly stimulated plant growth and development, promoting more intensive accumulation of aboveground and underground biomass throughout the growing season. The highest root and leaf biomass values were obtained under the fertilizer treatments $N_{150}P_{75}K_{225}$ and $N_{225}P_{75}K_{150}$. At harvest, the average root weight under the $N_{150}P_{75}K_{225}$ treatment reached 1053.1 g for the Sonet cultivar, 1131.1 g for Olzhych, and 1176.2 g for Starmon, exceeding the control by 20.5–27.1%. The most intensive development of the leaf apparatus was observed during the first decade of August, followed by an active translocation of assimilates from the leaves to the roots.

Cultivar characteristics had a significant effect on biomass accumulation intensity. The Starmon cultivar exhibited the highest productivity, outperforming the Sonet and Olzhych cultivars in both root and leaf biomass throughout the entire growing season. Balanced mineral nutrition, particularly with increased potassium application, was found to prolong the functional activity of the leaf apparatus, improve assimilate translocation, and enhance root growth.

*Correlation and regression analysis confirmed a strong positive relationship between leaf biomass and root weight (**$r = 0.881$; $R^2 = 0.776$**). An increase of 1 g in leaf biomass resulted in an average increase of 1.24 g in root weight, indicating the decisive role of assimilatory apparatus development in determining crop productivity.*

The obtained results confirm the effectiveness of optimizing mineral nutrition of fodder beet through the application of balanced fertilizer rates with an increased potassium content. The fertilizer treatments $N_{150}P_{75}K_{225}$ and $N_{225}P_{75}K_{150}$ proved to be the most effective, ensuring the best plant growth, maximum biomass accumulation, and the highest realization of the crop's productive potential. The Starmon cultivar exhibited the most pronounced response to improved mineral nutrition, forming the highest biometric parameters and root weight.

Key words: *fodder beet, mineral fertilizers, root crop, leaf biomass, productivity, cultivar, correlation analysis.*

References

1. Balan V. M., Balahura O. V., Volokha M. P. (2020). Adaptyvna tekhnolohiia vyroshchuvannia matochnykiv i nasinnykiv buriakiv kormovykh [Adaptive technology for growing fodder beet mother roots and seed plants]. Bioenerhetyka – Bioenergy, no. 1. pp. 21–23. DOI: https://doi.org/10.47414/be.1.2020.224942 [in Ukrainian].
2. Bezvikonnyi P. V. (2025). Fotosyntetychna diialnist roslyn buriaka kormovoho zalezhno vid vplyvu mineralnykh dobryv [Photosynthetic activity of fodder beet plants depending on the influence of mineral fertilizers]. Podilskyi visnyk: silske hospodarstvo, tekhnika, ekonomika – Podilian Bulletin: Agriculture, Engineering, Economics, iss. 46(1). pp. 19–25. DOI: https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-1.2 [in Ukrainian].
3. Bezvikonnyi P. V. (2025). Dynamika vmistu khlorofiliv u lystkakh buriakiv kormovykh v umovakh zakhidnoho Lisostepu [Dynamics of chlorophyll content in fodder beet leaves under the conditions of the Western Forest-Steppe]. Ahrarni innovatsii – Agrarian Innovations, no. 30. pp. 30–34. DOI: https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.30.4 [in Ukrainian].
4. Harmashov V. V., Stan D. S. (2014). Osoblyvosti fotosyntetychnoi diialnosti roslyn kormovoho buriaka zalezhno vid umov vyroshchuvannia [Features of photosynthetic activity of fodder beet plants depending on cultivation conditions]. Ahrarnyi visnyk Prychornomoria. Silskohospodarski nauky – Agrarian Bulletin of the Black Sea Region. Agricultural Sciences, iss. 71. pp. 19–25. [in Ukrainian].
5. Demydas H. I., Burko L. M. (2011). Vplyv elementiv tekhnolohii vyroshchuvannia na osoblyvosti formuvannia urozhaiu buriakiv kormovykh [Influence of cultivation technology elements on the peculiarities of fodder beet yield formation]. Zbirnyk naukovykh prats Vinnytskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu – Collection of Scientific Works of Vinnytsia National Agrarian University, iss. 7(47). pp. 17–20. [in Ukrainian].
6. Demydas H. I., Burko L. M. (2012). Urozhainist ta yakist hychky buriakiv kormovykh zalezhno vid elementiv tekhnolohii vyroshchuvannia [Yield and quality of fodder beet tops depending on cultivation technology elements]. Kormy i kormovyrobnytstvo – Feeds and Feed Production, iss. 72. pp. 88–92. [in Ukrainian].
7. Lykhochvor V. V., Kostiuchko S. S. (2015). Vplyv strokiv sivby na urozhainist tsukrovykh buriakiv [Influence of sowing dates on sugar beet yield]. Ahrobiznes sohodni – Agribusiness Today. Available at: https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/558-vplyv-strokiv-sivby-na-urozhainist-tsukrovykh-buriakiv.html (accessed 15 June 2026). [in Ukrainian].
8. Martyniuk I. V. (2006). Buriaky kormovi: naukovi ta prykladni aspekty tekhnolohii vyroshchuvannia [Fodder beet: scientific and applied aspects of cultivation technology]. Kyiv : Urozhai. [in Ukrainian].
9. Roik M. V., Hizbullin N. H. (Eds.). (2014). Metodyka provedennia doslidzhen u buriakivnytstvi [Methods of conducting research in sugar beet growing]. Kyiv : FOP Korzun D. Yu. [in Ukrainian].
10. Motruk I. N. (2001). Buriaky kormovi: biolohiia, tekhnolohiia [Fodder beets: biology, technology]. Kyiv : Urozhai. [in Ukrainian].

11. Ovcharuk V. I., Muliarchuk O. I., Myalkovskyi R. O., Bezvikonnyi P. V. et al. (2019). Poiednannia pozakorenevoho pidzhyvlennia mikrodobryvamy z funhitsydamy ta yikh vplyv na biolohichni parametry roslyn buriaka stolovoho [Combined foliar fertilization with micronutrients and fungicides and its influence on biological parameters of table beet plants]. Visnyk Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva – Bulletin of Uman National University of Horticulture, no. 1. pp. 70–75. DOI: https://doi.org/10.31395/2310-0478-2019-1-70-75 [in Ukrainian].

12. Ovcharuk V. I., Ovcharuk O. V., Yevstafiieva Yu. M., Babii M. V. (2025). Vrozhainist i yakist koreneplodiv buriakiv kormovykh zalezhno vid sortu v umovakh Pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [Yield and quality of fodder beet roots depending on cultivar under the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. Ahroekolohichnyi zhurnal – Agroecological Journal, no. 3. pp. 152–161. DOI: https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2025.340787 [in Ukrainian].

13. Panasiuk S. S., Kramar O. S., Bernatska M. I. (2023). Sortova ahrotekhnika vyroshchuvannia buriaku kormovoho v pivnichnomu Lisostepu [Varietal cultivation technology of fodder beet in the Northern Forest-Steppe]. Innovatsiinyi rozvytok zemlerobstva na zasadakh ekoloho-ekonomichnoi zbalansovanosti: materialy Vseukrainskoi internet-konferentsii – Innovative Development of Agriculture Based on Ecological and Economic Sustainability: Proceedings of the All-Ukrainian Internet Conference. Shubkiv. pp. 35–36. [in Ukrainian].

14. Panasiuk S. S., Kramar O. S., Martyniuk N. M. (2023). Enerhooshchadni tekhnolohii vyroshchuvannia riznykh sortiv buriaku kormovoho v zoni Lisostepu [Energy-saving technologies for growing different fodder beet cultivars in the Forest-Steppe zone]. Ahrarna osvita i nauka: dosiahnennia ta perspektyvy rozvytku: materialy IV Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii – Agricultural Education and Science: Achievements and Development Prospects: Proceedings of the IV International Scientific and Practical Conference. Bila Tserkva. pp. 160–161. [in Ukrainian].

15. Prysiazhniuk O. I., Zaryshniak A. S., Sinchenko V. M. et al. (2020). Fotosyntetychni parametry posiviv buriakiv tsukrovykh u razi zastosuvannia zakhodiv pidvyshchennia tolerantnosti do posukhovoho stresu v umovakh Pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [Photosynthetic parameters of sugar beet crops under measures to improve drought stress tolerance in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. Novitni ahrotekhnolohii – Advanced Agritechnologies, no. 8. DOI: https://doi.org/10.47414/na.8.2020.285436 [in Ukrainian].

16. Rozhkov A. O., Puzik V. K., Kalenska S. M. (2016). Doslidna sprava v ahronomii: navchalnyi posibnyk. Kn. 1. Teoretychni aspekty doslidnoi spravy [Research work in agronomy: textbook. Book 1. Theoretical aspects of research]. Kharkiv : Maidan. [in Ukrainian].

17. Bezvikonnyi P., Myalkovsky R., Muliarchuk O., Tarasiuk V. (2020). Effectiveness of the combined application of micro-fertilizers and fungicides on the beets crops. Ukrainian Journal of Ecology, 10(6). pp. 28–37. DOI: https://doi.org/10.15421/2020_253

18. Chakwizira E., Meenken E. D., Maley S., George M., Hubber R., Morton J., Stafford A. (2013). Effects of potassium, sodium and chloride fertiliser rates on fodder beet yield and quality in Canterbury. Proceedings of the New Zealand Grassland Association, 75. pp. 171–176. DOI: https://doi.org/10.33584/jnzg.2013.75.2905.

19. Draycott A. P., Jaggard K. W. (2006). Sugar Beet Nutrition and Fertilizer Use. Dordrecht : Springer Science & Business Media.

20. Khaembah E. N., Maley D., George M., Chakwizira E., de Ruiter J., Zyskowski R., Teixeira E. (2020). Crop growth and development dynamics of two fodder beet (Beta vulgaris L.) cultivars sown on different dates in New Zealand. New Zealand Journal of Agricultural Research, 63(4). pp. 449–466. DOI: https://doi.org/10.1080/00288233.2019.1692042.

21. Wheadon N. M., Dalley D. E., Woods R. R. (2023). Variation in kale and fodder beet yield and quality over winter affects nutrient supply to non-lactating dairy cows at the Southern Dairy Hub. Journal of New Zealand Grasslands, 85. pp. 109–118. DOI: https://doi.org/10.33584/jnzg.2023.85.3632.

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Дата першого надходження статті до видання: 01.07.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 31.08.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 30.10.2026