

РІСТ І РОЗВИТОК РОСЛИН КАРТОПЛІ ЗА РІЗНИХ СПОСОБІВ І НОРМ ВНЕСЕННЯ ДОБРИВ

Бикін Анатолій Вікторович

доктор сільськогосподарських наук, професор, член-кореспондент Національної академії аграрних наук України
 Національний університет біоресурсів і природокористування України м. Київ, Україна
 ORCID: 0000-0001-7212-7340
 timur_panchuk@ukr.net

Панчук Тимур Вікторович

аспірант
 Національний університет біоресурсів і природокористування України м. Київ, Україна
 ORCID: 0000-0003-2629-1427
 timur_panchuk@ukr.net

Картопля є одним із основних продуктів харчування людей. Її використовують для отримання крохмалю, глюкози, гідролу, спирту та інших речовин. Зростаюча потреба в цій сировині вимагає постійного удосконалення технологій вирощування картоплі з метою отримання високого рівня врожаю з хорошими показниками якості бульб.

Наукові дослідження проводились в польовому досліді кафедри агрохімії та якості продукції рослинництва ім. О. І. Духечкіна НУБіП України на території землекористування ТОВ «Біотех ЛТД» (Бориспільський район, Київська область). Ґрунт дослідної ділянки – темно-сірий опідзолений ґрубопилуватий легкосуглинковий на лесі. Для проведення досліджень було обрано ранньостиглий сорт Тирас. Схема польового досліді передбачала різні способи та норми внесення фосфорних і калійних добрив.

Азотні добрива, як фон в усіх варіантах вносили у передпосівний обробіток ґрунту з дозою N_{100} на поверхню ґрунту з наступним його заробленням. Решта азоту в нормі N_{35} у вигляді КАС-25 вносились перед формуванням гребенів з подальшим їх заробленням гребнеутворювачем, а N_{15} у вигляді кальцієвої селітри у підживлення.

РКД 8-24 вносили, як передпосівне удобрення у варіанті з розкидним способом за допомогою самохідного обприскувача Теспота Lazer 3000, а калій хлористий за допомогою агрегату John Deere 6195M та розкидача МВД 1000 з подальшим їх заробленням дискатором Vanderstad Carrier CR 400 на глибину 10-12 см. Локальне внесення добрив проводили агрегатом у складі John Deere 8300 та культиватора Peliper RV 3000. Фосфорні добрива розподілили у ґрунті стрічкою (глибина 15 см), а калійні – смугою (ширина 10–12 см, глибина 18–20 см).

Локальне внесення $P_{60}K_{135}$ на фоні N_{150} забезпечувало в умовах досліді максимальну висоту рослин картоплі (77,8 см). Водночас аналогічний спосіб внесення зі збільшенням норми фосфорних та калійних добрив до рівня $P_{80}K_{180}$ на фоні N_{150} обумовив меншу висоту рослин (71,3 см.).

Найбільший вплив на формування вегетативної частини рослин мало локальне внесення фосфорних та калійних добрив у нормі $P_{60}K_{135}$ на фоні N_{150} . Воно забезпечило найбільший показник маси надземної (38,0 т/га), а також підземної частини рослин (28,7 т/га), що на 2,6 т/га більше від варіанту з аналогічним способом внесення повної норми $P_{80}K_{180}$ на фоні N_{150} .

Найбільша площа листків до фази «зеленої ягоди» сформувалась у варіанті з локальним внесенням $P_{80}K_{180}$ на фоні N_{150} і досягала 56873 м²/га з листовим індексом – 5,69. Розкидне внесення такої ж норми добрив обумовлювало отримання цього показника на рівні 48191 м²/га, що на 8682 м²/га менше від вищезазначеного варіанту. У цей період найбільша маса бульб під одним кущем сформувалась за внесення $P_{60}K_{135}$ локально на фоні N_{150} – 458 г. Збільшення локальної норми до $P_{80}K_{180}$ на фоні N_{150} обумовлювало формування дещо меншої маси бульб – 408 г., що на 12,1% менше вищезазначеного варіанту.

Отже, локальне внесення фосфорних та калійних добрив здатне обумовлювати кращий ріст і розвиток рослин картоплі сорту Тирас в основні фази та бульб зокрема.

Ключові слова: локальне внесення, розкидне внесення, картопля, фотосинтез, листову площу, листовий індекс, фосфорні добрива, калійні добрива.

DOI <https://doi.org/10.32845/agrobio.2022.2.4>

Вступ. Картопля входить до п'ятірки основних продуктів харчування людей. Її також використовують для отримання крохмалю, глюкози, гідролу, спирту та інших речовин. Зростаюча потреба в цій сировині вимагає постійного удосконалення технологій вирощування картоплі з метою отримання високого рівня врожаю з хорошими показниками якості бульб (Martseniuk & Zavołoka, 2020). Впровадження нових технологічних прийомів має базуватися на враховуванні фізіологічних та біологічних особливостей росту та розвитку сортів рослин, їх потреби в елементах живлення в конкретну фазу, осо-

бливо в період формування врожаю (Stroianovskiy & Rykhlyvskiy, 2014). Формування бульб є тривалим та дуже складним процесом, який залежить від багатьох взаємопов'язаних факторів взаємодія яких обумовлює певні внутрішньоклітинні та тканинні режими, які запускають різноманітні реакції в рослинах в т. ч. і через фотосинтез (Herasymuk-Chernova & Bartoshyk, 2019). Основним фактором, який зумовлює високу інтенсивність останнього є фотосинтетична діяльність рослин рівень якої визначається площею листової поверхні та її продуктивністю (Klymenko et al., 2016; Tekalign & Hammes, 2005). За

збільшення загальної площі листків підвищується фотосинтетичний потенціал рослин (навіть на фоні зниження чистої продуктивності фотосинтезу) (Mialkovskiy, 2018).

Рівень впливу інтенсивності фотосинтезу рослин картоплі на врожай носить складний характер. В результаті цього процесу відбувається нагромадження у листках рослин лише первинних асимілятів, а формування бульб залежить від їх подальшого використання для росту і розвитку рослин яке більшою мірою залежить від зовнішніх факторів, ніж від фотосинтезу (Mialkovskiy, 2018). Активність фотосинтетичних процесів у листках змінюється залежно від ярусу їх розміщення на рослині та віку. В середньому рослини формують 15–20 ярусів листків, загальна площа яких коливається в межах 0,6–2,0 м² на кущ. Дослідженнями встановлено, що максимальна інтенсивність проходження фотосинтезу, здебільшого, спостерігалася у листках верхніх 3–4 ярусів (Вукин & Bordiuzha, 2017).

Тривалість використання рослинами ФАР протягом їх вегетації, тобто число «робочих днів» листової поверхні визначає фотосинтетичний потенціал посівів (ФПП) (Chapman & Loomis, 1953; Savchenko & Kozhushko, 2013). Важливо щоб удосконалення технологічних прийомів було спрямоване не тільки на забезпечення оптимальних умов росту рослин, а й на швидке формування активної листової поверхні та її тривале функціонування (Lykhochvor, 2002; Firman & Allen, 1989; Bhagsari & Brown, 1986; Vasko, 2012).

Стеблоутворююча здатність бульб є одним із визначальних факторів, який обумовлює ФПП картоплі, а отже і продуктивність рослин в цілому. Встановлено, що до початку ініціації бульб стеблестій повинен забезпечити покриття 50 % поверхні ґрунту для ранніх і до 70 % – для пізніх сортів картоплі. У період масового цвітіння міжряддя рослин повинні зімкнутись. Для середньо-пізніх сортів з масою надземної частини рослин 40–50 т/га за сприятливих умов характерний середньодобовий приріст маси бульб близько 1 т/га. В кінці вегетації відбувається старіння та зменшення стеблостою, що обумовлює різке зниження цього показника, особливо за втрати близько 70 % листків. Максимальний рівень врожайності досягається лише за умови пізнього (в кінці вегетації) їх повного відмирання. За передчасного механічного або хімічного видалення надземної вегетативної маси, а також через шкодочинну діяльність хвороб і шкідників різко знижується реалізація потенціалу сортів (Strilchuk, 2021; Sokolovska & Umrykhin, 2019; Kalenska & Knap, 2012). Тому визначення основних біо-

метричних показників протягом періоду вегетації (висота рослин, густина стеблостою, площа листової поверхні, кількість та маса бульб під кущем) є необхідною умовою для управління врожаєм (Burstall & Harris, 1983; Olesinski et al., 1989). Для отримання високого рівня врожаю рослини повинні сформувати оптимальну кількість стебел (4–6 шт./росл.), а також листову поверхню площею 40–50 тис. м²/га з тривалим її функціонуванням.

Метою досліджень було встановлення особливостей росту і розвитку рослин картоплі сорту Тирас в основні фази в т. ч. і в період формування бульб за внесення фосфорних та калійних добрив різними способами та у зменшених від оптимальних нормах.

Матеріали і методи досліджень. Наукові дослідження проводились в польовому досліді кафедри агрохімії та якості продукції рослинництва ім. О. І. Душечкіна НУБіП України на території землекористування ТОВ «Біотех ЛТД» (Бориспільський район, Київська область) протягом 2019–2021 рр. згідно розробленої схеми досліді (табл. 1).

Площа посівної ділянки становила 495 м², а облікової – 312 м². Повторність досліді 4-кратна. Розміщення варіантів було систематичним. Ґрунт дослідної ділянки – темно-сірий опідзолений грубопилуватий легкосуглинковий на лесі. Він характеризувався слабко-кислою реакцією ґрунтового розчину (5,48), високим ступенем забезпечення рухомими сполуками фосфору (246 мг/кг) та обмінного калію (224 мг/кг), підвищеним вмістом обмінного магнію (2,64 мг.екв/100 г), середнім вмістом кальцію (7,93 мг.екв/100 г), низьким вмістом рухомої сірки (3,64 мг/кг) та мінерального азоту (14,5 мг/кг) (Вукин & Panchuk, 2021).

В дослідженнях використовували наступні добрива: КАС – 25: вміст N – 25 %, S – 2,4 % (ТУ У 24.1-00203826.024-2002), РКД 8:24: вміст N – 8 %, P₂O₅ – 24 % (ТУ 2186-627-00209438-01), калій хлористий: вміст K₂O – 60 % (ТУ 2184-042-00209527-97), сульфат магнію: вміст MgO – 16 % (ТУ 2141-073-00206457-2007), кальцієва селітра: вміст N – 15,5 %, Ca – 19 % (ТУ У6-13441912.004-99).

Азотні добрива, як фон в усіх варіантах вносили у передпосівний обробіток ґрунту з дозою N₁₀₀ на поверхню ґрунту з наступним його заробленням. Решта азоту в дозі N₃₅ у вигляді КАС-25 вносились перед формуванням гребенів з подальшим їх заробленням гребнеутворювачем, а N₁₅ у вигляді кальцієвої селітри у підживлення.

РКД 8-24 вносили, як передпосівне удобрення у варіанті з розкидним способом за допомогою самохідного обприскувача Теснома Lazer 3000, а калій хлористий за

Таблиця 1

Схема польового досліді по вивченню ефективності різних способів і норм внесення добрив, 2019–2021 рр.

Порядковий номер варіанта	Спосіб та норма внесення добрив	
	розкидний	локальний
1	N150P80K180	–
2	N150	P80K180
3	N150	P60K135
4	N150	P40K90

допомогою агрегату John Deere 6195M та розкидача МВД 1000 з подальшим їх заробленням дискатором Vanderstad Carrier CR 400 на глибину 10-12 см. Локальне внесення проводили агрегатом у складі John Deere 8300 та культиватора Peliper RV 3000: фосфорні добрива (РКД 8-24) стрічкою (глибина 15 см), а калійні – смугою (ширина 10–12 см, глибина 18–20 см) (Вукин & Ранчук, 2021).

Передвисадкове підготування бульб передбачало оброблення стимуляторами росту Грос Коренеріст (1,5 л/т) та Еколайн Фосфитний (К) (1 л/т) за допомогою аплікатора на інспекційному столі (Вукин & Ранчук, 2021).

Зразки ґрунту та рослин картоплі відбирались у наступні фази росту і розвитку: сходи (ВВСН–10), бутонізація (ВВСН–51-59), цвітіння (ВВСН–60-69), «зелена ягода» (ВВСН–70-79), технічна стиглість (ВВСН–91-99). Відбір та підготовка зразків ґрунту до аналізів здійснювалась згідно ДСТУ ISO 10381-2:2004 та ДСТУ ISO 11464 – 2001.

Результати. Суттєвим недоліком найбільш розповсюдженого розкидного способу внесення добрив є нерівномірність розподілу гранул, особливо за недостатньо якісного гранулометричного складу мінеральних добрив. Це зумовлює формування нерівномірних зон з різними умовами росту й розвитку рослин.

Відомо, що за перемішування добрив із великим об'ємом ґрунту активізуються процеси їх розчинення, поглинання і зв'язування елементів живлення. Для уникнення втрат поживних речовин набуває гострої актуальності потреба в оптимізації способів внесення мінеральних добрив. Одним із перспективних шляхів у цьому відношенні є внесення особливо фосфорних та калійних добрив із локалізацією біля коренів рослин. За такого способу підвищуються коефіцієнти використання поживних елементів завдяки знаходженню протягом тривалого проміжку часу в доступній формі. Розміщення добрив у такий спосіб, позитивно впливає на формування стійкості сільськогосподарських культур до стресових умов та покращує процеси синтезу запасаючих речовин (Вукин & Ранчук, 2021). Зокрема, локальне внесення фосфорних добрив сприяє прискореному росту та розвитку кореневої системи, а також поглинанию і транспортуванню іонів елементів живлення. За такого розміщення гранул сполуки фосфору стають більш доступними впродовж вегетації, що обумовлює формування оптимальної кількості бульб картоплі. Відомо, що локальне внесення калійних добрив сприяє кращому засвоєнню елементів кореневою системою рослин, а також забезпечує синтез і транспорт вуглеводів, що покращує всмоктування корінням вологи та поживних елементів з ґрунту (Вукин & Ранчук, 2021).

Відомо, що висота рослин є показником, який характеризує умови їх росту. Нами встановлено, що картопля столова у фазу сходів розвивалась за рахунок ресурсів материнської бульби і тому суттєвої різниці за цим показником у рослин варіантів, що досліджувались не було. Вона коливалась в межах від 11,3 до 13,8 см (табл. 2). З подальшим ростом та розвитком рослин картоплі до фази бутонізації їх висота у середньому збільшилась в три рази. Проте найбільші темпи цього процесу були характерними для варіанту з локальним внесенням

$P_{40}K_{90}$ на фоні N_{150} . Їх середня висота становила 46,5 см, а найменшим цей показник був у варіанті з локальним внесенням $P_{60}K_{135}$ на фоні N_{150} . У фазу масового цвітіння відбулося зменшення темпів росту рослин. Це може бути пов'язано з тим, що почалась ініціація бульб і частина енергії використовувалась для їх формування. Зокрема, у варіанті, де застосовували локальне внесення фосфорних та калійних добрив у нормі $P_{80}K_{180}$ на фоні N_{150} сформувалась найбільша висота рослин (57,6 см). За розкидного внесення аналогічної норми добрив цей показник був меншим на 4,3 см.

До фази «зеленої ягоди» висота рослин збільшувалась, а потім стабілізувалась. У цей період локальне внесення $P_{60}K_{135}$ на фоні N_{150} сприяло максимальному росту рослин до рівня (77,8 см.), що на 41,6% більше порівняно з попередньою фазою розвитку. Проте, аналогічний спосіб внесення зі збільшенням норми фосфорних та калійних добрив до рівня ($P_{80}K_{180}$) на фоні N_{150} обумовлював менший приріст (23,7 %) порівняно з вищезазначеною фазою вегетації, а висота рослин становила 71,3 см. Водночас у варіанті з розкидним внесенням добрив ($N_{150}P_{80}K_{180}$) цей показник порівняно із попередньою фазою (масове цвітіння) зріс на 39,7 %, а рослини досягали висоти 74,5 см. Таким чином можна зробити висновок, що локальний спосіб внесення добрив обумовлює кращий розвиток та ріст рослин картоплі.

Важливим показником, який впливає на формування бульб є стеблестій. Середня кількість стебел в умовах дослідів становила 5,05–5,35 шт/росл. Безпосереднього впливу способів і норм внесення добрив на нього не встановлено.

Відомо, що на формування бульб впливає характер і темпи розвитку рослин. Нами встановлено, що залежно від варіанту у період сходів маса надземної частини коливалась від 1,19 до 1,49 т/га, а підземної – 0,98–1,20 т/га.

Слід відмітити, що в цю фазу суттєвої різниці у співвідношенні надземної до підземної частини рослин між варіантами не спостерігалось (1,21–1,28).

При настанні фази бутонізації найкращий розвиток надземної вегетативної частини обумовлював розкидний спосіб внесення ($N_{150}P_{80}K_{180}$), маса якої досягала рівня 13,3 т/га, що на 12,1 т/га більше порівняно з фазою сходів. У варіантах з локальним внесенням фосфорних та калійних добрив приріст цього показника був дещо меншим і коливався від 9,85 до 11,2 т/га, що може бути обумовлено локалізацією фосфорних добрив на глибині 12–15 см та калійних на 18–20 см. За розкидного способу вони знаходились у верхньому шарі, що сприяло швидшому стартовому споживанню коренями рослин елементів живлення. У цей період також розпочався активний приріст підземної маси рослин, яка збільшилась у 2 рази порівняно із фазою сходів та коливалась в межах 2,24–2,40 т/га. Найбільші темпи були характерні для варіанту з локальним внесенням $P_{60}K_{135}$ на фоні N_{150} – 2,40 т/га, що на 1,29 т/га більше порівняно з фазою сходів. При підвищенні норми до $P_{80}K_{180}$ на фоні N_{150} за аналогічного способу внесення маса підземної частини досягала лише 2,24 т/га. У фазу бутонізації

**Біометричні показники рослин картоплі сорту Тирас за різних способів та норм внесення добрив,
2020–2021 рр.**

Фаза росту та розвитку рослин	Спосіб внесення	Норма внесення, кг/га д.р.	Показник								
			висота рослин, см	кількість стебел під кущем, шт	маса надземної частини, т/га	маса підземної частини, т/га	співвідношення надземної до підземної частини	площа листової поверхні, м ² /га	листовий індекс	кількість бульб під кущем, шт	маса бульб під кущем, г
сходи (ВВСН-10)	розкидний	P80 K180*	11,3	5,13	1,19	0,98	1,21	1261	0,13	-	-
	локальний	P80 K180*	13,2	5,05	1,36	1,06	1,28	1236	0,12	-	-
	локальний	P60 K135*	12,2	5,35	1,36	1,11	1,22	1567	0,16	-	-
	локальний	P40 K90*	13,8	5,18	1,49	1,20	1,24	1490	0,15	-	-
	НІР05/Sx,%			2,91/3,3	0,43/1,2	0,16/1,7	0,11/1,5	-	147,5/1,5	-	-
бутонізація (ВВСН-51-59)	розкидний	P80 K180*	43,4	-	13,3	2,39	5,56	14317	1,43	-	-
	локальний	P80 K180*	44,6	-	11,2	2,24	4,99	12787	1,28	-	-
	локальний	P60 K135*	41,6	-	12,2	2,40	5,09	13670	1,37	-	-
	локальний	P40 K90*	46,5	-	12,7	2,28	5,56	14042	1,40	-	-
	НІР05/Sx,%			4,09/1,3	-	1,58/1,9	0,24/1,5	-	755,5/08	-	-
цвітіння (ВВСН-60-69)	розкидний	P80 K180*	53,3	-	24,3	5,37	4,52	25312	2,53	9,0	37,2
	локальний	P80 K180*	57,6	-	22,9	7,83	2,93	27380	2,74	10,3	82,3
	локальний	P60 K135*	54,9	-	25,0	8,29	3,01	30197	3,02	10,8	84,1
	локальний	P40 K90*	56,3	-	25,0	7,50	3,33	29980	3,00	12,0	74,6
	НІР05/Sx,%			6,54/1,7	-	1,75/1,0	0,60/1,2	-	2384,2/1,2	-	1,22/1,7
«зелена ягода» (ВВСН-70-79)	розкидний	P80 K180*	74,5	-	36,6	23,0	1,59	48191	4,82	-	351
	локальний	P80 K180*	71,3	-	35,5	26,1	1,36	56873	5,69	-	408
	локальний	P60 K135*	77,8	-	38,0	28,7	1,33	40676	4,07	-	458
	локальний	P40 K90*	71,5	-	34,8	22,3	1,56	38984	3,90	-	347
	НІР05/Sx,%			7,01/1,4	-	3,74/1,5	2,54/1,5	-	3844,9/1,2	-	-

*Примітка: на фоні внесення N₁₅₀

відбулось розширення співвідношення надземної маси до підземної. Воно коливалось в межах 4,99–5,56 залежно від варіанту. Найширше співвідношення було у варіантах з розкидним внесенням N₁₅₀ P₈₀ K₁₈₀ та локальним P₄₀ K₉₀ на фоні N₁₅₀ – 5,56.

В подальшому до фази цвітіння розвиток надземної частини рослин різко прискорився. У варіантах з локальним внесенням P₆₀ K₁₃₅ та P₄₀ K₉₀ на фоні N₁₅₀ цей показник був найбільшим та досягав рівня 25,0 т/га, що на 2,1 т/га більше від варіанту з аналогічним способом внесення фосфорних та калійних добрив у нормі P₈₀ K₁₈₀ на фоні N₁₅₀. Найкращий розвиток підземної частини рослин у цей період був у варіантах з локальним внесенням добрив. Її маса коливалась в межах 5,37–8,29 т/га. Найбільша маса підземної частини рослин була у варіанті з локальним внесенням P₆₀ K₁₃₅ на фоні N₁₅₀ (8,29 т/га). Вона переважала цей показник порівняно з фазою бутонізації на 5,89 т/га. Варіант, де застосовувалась повна норма добрив P₈₀ K₁₈₀ на фоні N₁₅₀ за аналогічного способу внесення поступався вищезазначеному варіанту на 0,46 т/га, а приріст від фази бутонізації до цвітіння стано-

вив 3,13 т/га. Слід відмітити, що у фазу цвітіння почалося активне формування та наростання бульб. Найширше співвідношення у цей період було у варіанті розкидним внесенням N₁₅₀ P₈₀ K₁₈₀ (4,52). Локальне внесення сприяло звуженню цього показника до рівня – 3,33–2,93. Від фази цвітіння темпи наростання бульб зростали, що обумовлювало подальше звуження вищезазначеного співвідношення у всіх варіантах дослідів.

У фазу «зеленої ягоди» найефективніший вплив на формування надземної вегетативної частини рослин мало локальне внесення фосфорних та калійних добрив у нормі P₆₀ K₁₃₅ на фоні N₁₅₀. Воно забезпечило найбільший показник (38,0 т/га), який на 13 т/га був більшим, ніж у фазу цвітіння. Внесення повної норми P₈₀ K₁₈₀ аналогічним способом на фоні N₁₅₀ обумовлювало формування меншої надземної частини (35,5 т/га), а приріст до фази цвітіння становив 12,6 т/га. Слід відмітити, що до фази «зеленої ягоди» темпи приросту підземної частини рослин картоплі були високими в усіх варіантах. Найбільш ефективним виявилось локальне внесення фосфорних та калійних добрив у нормі P₆₀ K₁₃₅ на фоні N₁₅₀, яке спри-

яло формуванню найбільшій за масою підземної частини рослин (28,7 т/га). Це на 2,6 т/га більше від варіанту з аналогічним способом внесення повної норми $P_{80}K_{180}$ на фоні N_{150} , а також на 6,4 т/га більше за показник варіанту з локальним внесенням $P_{40}K_{90}$. Такий приріст може обумовлюватись кращою доступністю елементів живлення у варіанті з локальним внесенням добрив на фоні оптимального вологозабезпечення рослин. Також, нами було встановлено, що у цей період найширше співвідношення надземної маси до підземної було у варіанті з розкидним внесенням добрив – 1,59. Водночас локальне внесення забезпечило подальше звуження співвідношення з 1,56 до 1,33 залежно від норми внесення.

Формування оптимальної площі листової поверхні є одним із факторів, які через ефективне використання ФАР мають безпосередній вплив на проходження всіх фізіолого-біохімічних процесів у рослинах. Згідно наших досліджень, у фазу сходів площа листової поверхні коливалась в межах 1236–1567 м²/га, а листовий індекс становив 0,12–0,16. До фази бутонізації площа листків у всіх варіантах збільшилась майже до 10 разів. Водночас цей показник був найбільшим у варіанті з розкидним внесенням і становив 14317 м²/га, за листового індексу 1,43. У варіантах з локальним внесенням добрив листовою площею була дещо меншою і коливалась від 12787 до 14042 м²/га, а листовий індекс відповідно від 1,28 до 1,40.

У фазу цвітіння найкращий розвиток листової поверхні спостерігався за локального внесення $P_{60}K_{135}$ на фоні N_{150} . Її площа становила 30197 м²/га, а листовий індекс – 3,02. За збільшення дози до рівня $P_{80}K_{180}$ на фоні N_{150} листовою площею була меншою та досягала 27380 м²/га, а листовий індекс 2,74. У варіанті з розкидним внесенням аналогічної норми добрив площа листків та листовий індекс були найменшими серед варіантів – 25312 м²/га та відповідно 2,53.

Найбільша листовою площею у фазу «зеленої ягоди» була у варіанті з локальним внесенням $P_{80}K_{180}$ на фоні N_{150} і досягала 56873 м²/га, а її приріст порівняно з фазою цвітіння становив 108%, листовий індекс був на рівні 5,69. У варіанті з розкидним внесенням такої ж норми добрив приріст досягав 90% порівняно з попередньою фазою розвитку. Площа листків у фазу «зеленої ягоди» становила 48191 м²/га, що на 8682 м²/га менше від варіанту з локальним внесенням.

Формування потужної підземної частини картоплі є основною умовою для отримання високого рівня врожаю. Добре розвинена коренева система краще споживає поживні речовини та вологу, що буде сприяти збільшенню розмірів бульб та їх кількості. Продуктивність сорту залежить від кількості бульб у кущі та їх маси. Загальна їх кількість певною мірою залежить від багатьох факторів в т. ч. і удобрення та вологи. Для сорту Тирас ініціація бульб починається до фази бутонізації, але формування типової їх кількості припадає на момент масового цвітіння. У цей період найбільша кількість бульб під кущем сформувалась у варіанті з локальним внесенням добрив $P_{40}K_{90}$ на фоні N_{150} – 12 шт., а їх маса становила 74,6 г. Збільшення норми добрив до $P_{60}K_{135}$ за аналогічного їх внесення на фоні N_{150} обумов-

лювало формування бульб у кількості 10,3 шт. та отримання найбільшого показника маси бульб під кущем – 84,1 г. Подальше збільшення локальної норми добрив до $P_{80}K_{180}$ на фоні N_{150} обумовлювало формуванню бульб на рівні (10,3 шт.) з масою 82,3 г. Також, слід відмітити, що у варіанті з внесенням аналогічної норми добрив розкидним способом кількість бульб досягала 9 шт., а маса – 37,2 г., що на 45,1 г. менше за вищезазначений варіант.

У фазу «зеленої ягоди» найбільша маса бульб під одним кущем сформувалась за внесення $P_{60}K_{135}$ локально на фоні N_{150} – 458 г. Збільшення локальної норми до $P_{80}K_{180}$ на фоні N_{150} обумовлювало формування дещо меншої маси бульб – 408 г., що на 12,1% менше вищезазначеного варіанту. Тоді як за аналогічної норми добрив внесеної в розкид маса бульб досягала рівня 351 г., що на 16 % менше вищезазначеного варіанту. Отже, локальне внесення мінеральних добрив забезпечує кращі темпи формування бульб картоплі.

Обговорення. Величина урожаю має пряму залежність від ефективності використання сонячної енергії рослинами. Найважливішою умовою її зростання є формування оптимальної площі асиміляційної поверхні та висока ефективність її функціонування. Посіви як фотосинтезуючі системи повинні мати високу оптимальну щільність, велику площу листової поверхні та розмір кореневої системи. Такі умови регулюються оптимізацією густоти посіву та площею живлення рослин. Це досягається покращенням ґрунтової родючості, водозабезпеченням та удобренням. Встановлено, що для оптимального проходження фотосинтезу загальна площа листків повинна перевищувати площу ґрунту у 3–5 разів. Для нормальної роботи фотосинтетичного апарату рослини потребують також достатнього забезпечення їх усіма елементами живлення (Mazur & Myronova, 2021; Kalenska et al., 2017).

Згідно результатів досліджень, які проводились у зоні Лісостепу України встановлено, що оптимальна площа листової поверхні для картоплі коливається в межах 40–60 тис. м²/га залежно від сортових особливостей. Коли площа листової поверхні буде менша від оптимальної, порушується оптимізація оптико-біологічної структури насаджень, що зумовлює нераціональне використання ФАР. Однак, занадто велика листовою площею є небажаною, тому що виникає взаємозатінення і велика частина листків, які розміщуються на нижніх ярусах може опадати (Вукіна, 2016; Ivanova & Konstantinova, 2020; Villa et al., 2017).

Багато досліджень свідчать, що мінеральне живлення впливає на властивості листків через обводнення тканин, зміну поверхневої щільності сухої речовини та концентрації пігментів (Mialkovskiy, 2018). В умовах Лісостепу Західного, у фазу цвітіння найбільше наростання фітомаси спостерігалось у рослин картоплі сорту Слаута за передпосадкового оброблення бульб Регоплантом і Квадростимом. Це обумовлювало збільшення надземної маси рослин на 10,2 і 14,6% та площі листків на 11,8 і 10,6% порівняно з контролем (Mialkovskiy & Bezvikonnyi, 2020).

Ільчук Ю. Р. та Ільчук Р. В. (Ilchuk & Ilchuk, 2021) встановили, що у варіантах з внесенням мінеральних добрив у нормі $N_{60}P_{60}K_{90}$ збільшилась тривалість міжфазних періодів різних сортів на 1–4 доби порівняно з контролем

(без добрив). За збільшення норм мінеральних добрив помітно зростала площа листової поверхні та продуктивність фотосинтезу.

Внесення РКД 11-37 у нормі P_{105} на фоні $N_{120}K_{180}$ та перед-посадкове оброблення бульб рістстимулюючим препаратом Атонік Плюс сприяло оптимізації площі листової поверхні у критичні фази росту і розвитку рослин картоплі. Листковий індекс коливався в межах 0,94–6,26, а чиста продуктивність фотосинтезу досягала меж 4,22–18,7 г/м² за добу, що обумовлювало формування високого рівня врожаю – 42,6 т/га (Bykin & Bordiuzha, 2017).

Результати досліджень Гамаюнової В. В. та Іскакової О. Ш (Hamaionova, et al., 2015) з ранньостиглим сор-

том Тирас, середньораннім Забава та середньостиглим Слов'янка за середньої забезпеченості ґрунту рухомими сполуками елементів живлення та локального внесення мінеральних добрив у нормі $N_{45}P_{45}K_{45}$ на глибину до 12 см, засвідчували аналогічний рівень впливу на їх урожайність та якість бульб, як і повна норма мінеральних добрив $N_{90}P_{90}K_{90}$ врозкид.

Висновки. Локальне внесення фосфорних та калійних добрив у нормі $P_{60}K_{135}$ на фоні N_{150} обумовлювало оптимізацію росту і розвитку рослин картоплі та сприяло досягненню висоти рослин у фазу «зеленої ягоди» (77,8 см), маси надземної (38 т/га) і підземної вегетативних частин (28,7 т/га) та формуванню бульб загальною масою 458 г.

Бібліографічні посилання:

1. Bhagsari, A. S., & Brown, R. H. (1986). Leaf Photosynthesis and its Correlation with Leaf Area 1. *Crop science*, 26(1), 127–132.
2. Burstall, L., & Harris, P. (1983). The estimation of percentage light interception from leaf area index and percentage ground cover in potatoes. *The Journal of Agricultural Science*, 100(1), 241–244. doi: 10.1017/S0021859600032676
3. Bykin, A. V., & Bordiuzha, I. P. (2017). Vplyv ridkykh kompleksnykh dobryv na chystu produktyvnist fotosyntezy roslyn kartopli stolovoi [Influence of liquid complex fertilizers on the net productivity of photosynthesis of table potato plants]. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho ahrarynoho universytetu imeni VV Dokuchaieva. Seriya: Gruntoznavstvo, ahrokhimiia, zemlerobstvo, lisove hospodarstvo, ekolohiia gruntiv*, (2), 199–205 (in Ukrainian).
4. Bykin, A. V., & Panchuk, T. V. (2021) Produktivnist nasinnievoi kartopli za lokalnoho vnesennia fosfornykh i kaliinykh dobryv [Productivity of seed potatoes of local application of phosphorus and potassium fertilizers]. *Naukovyi zhurnal «Roslynytstvo ta gruntoznavstvo»*, 12(2), 37–46 (in Ukrainian). doi: 10.31548/agr2021.02.037
5. Bykina, N. M. (2016). Vplyv umov zhyvlennia na aktyvnist fiziologichnykh protsesiv kartopli stolovoi [Influence of nutritional conditions on the activity of physiological processes of table potatoes]. *NAUCHNYE TRUDY SWorld*, 7, 53–58 (in Ukrainian).
6. Chapman, H. W., & Loomis, W. E. (1953). Photosynthesis in the Potato Under Field Conditions. *Plant physiology*, 28(4), 703–716. doi: 10.1104/pp.28.4.703
7. Firman, D., & Allen, E. (1989). Relationship between light interception, ground cover and leaf area index in potatoes. *The Journal of Agricultural Science*, 113(3), 355–359. doi: 10.1017/S0021859600070040
8. Hamaionova, V. V. & Iskakova, O. Sh. (2015). Osoblyvosti udobrennia ta vykorystannia kartopli litnoho sadinnia na kraplynnomu zroshenni v umovakh Stepu Ukrainy [Features of fertilization and use of summer planting potatoes on drip irrigation in the steppe of Ukraine] (in Ukrainian).
9. Herasymyk-Chernova, T. P., & Bartoshyk, I. S. (2019). Osoblyvosti formuvannia vrozhaiu kartopli [Features of potato crop formation]. *Silskohospodarski mashyny: Zb. nauk. st.*, 42, Lutsk, 158 (in Ukrainian).
10. Ilchuk, Yu. R., & Ilchuk, R. V. (2021). Osoblyvosti rostu i rozvytku rannostyhykh sortiv kartopli zalezno ploshch zhyvlennia ta velychyny sadyvnoi fraktsii bulb [Peculiarities of growth and development of early-rating varieties of potatoes depending on the area of father and size of the planting fraction of tubers]. *Sciences of Europe*, (62-2), 3–10 (in Ukrainian).
11. Ivanova, I., & Konstantinova, S. (2020, August). Efficiency of liquid bio-organic fertilizer on potatoes. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 548(5), 052039. IOP Publishing.
12. Kalenska, S. M., & Knap, N. V. (2012). Formuvannia produktyvnosti kartopli v umovakh Zakarpattia [Formation of potato productivity in the conditions of Transcarpathia]. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodoko rystuvannia Ukrainy. Ser.: Ahronomiia*, 176), 24 (in Ukrainian).
13. Kalenska, S.M., Knap, N.V. & Fedosii, I.O. (2017). Kartoplia: biolohiia ta tekhnolohiia vyroshchuvannia [Potato: biology and virology technology]. «Nilan-LTD», Vinnytsia, 144.
14. Lykhochvor, V. V. (2002). Kartoplia, topinambur, batat [Potatoes, Jerusalem artichokes, sweet potatoes]. *NVF «Ukrainski tekhnolohii»*, Lviv, 60 (in Ukrainian).
15. Martseniuk, I. M. & Zavoloka, K. S. (2020). Kharakterystyka produktsii, shcho vyrobliaietsia z kartopli [Characteristics of products made from potatoes]. *Suchasni pidkhody do vyroshchuvannia, pererobky i zberihannia plodoovochevoi produktsii : materialy mizhnarodnoi nauk.-prakt. konf.*, 18–20 bereznia 2020 r. MNAU, Mykolaiv, 177–179 (in Ukrainian).
16. Mazur, O. V., & Myronova, H. V. (2021). Vychennia tekhnolohichnykh pryiomiv vyroshchuvannia nasinnievoi kartopli [Study of technological methods of growing seed potatoes]. *Silke hospodarstvo ta lisivnytstvo*, 3(22), 237–250 (in Ukrainian).
17. Mialkovskiy, R. O. (2018). Formuvannia ploshchi lystkovoi poverkhni kartopli zalezno vid sortovykh osoblyvostei ta napriamku riadkiv v ahrofitotsenozii [Formation of the leaf surface area of potatoes depending on varietal characteristics and direction of rows in the agrophytocenosis]. *Zroshuvane zemlerobstvo: mizhvidomchyi tematychnyi nauk. zb.* Kherson, 53–57 (in Ukrainian).

18. Mialkovskiy, R. O. (2018). Vrozhainist kartopli zalezno vid ploshchi lystkovoї poverkhni na riznykh fonakh zhyvliennia [Potato yields depending on the leaf surface area on different food backgrounds]. Zbirnyk naukovykh prats Natsionalnoho naukovoho tsentru Instytut zemlerobstva, NAAN, 2, 66–74 (in Ukrainian).
19. Mialkovskiy, R. O., & Bezvikonnyi, P. V. (2020). Vplyv rehulatoriv rostu i biohumusu na produktyvnist kartopli umovakh lisostepu zakhidnoho [Influence of growth regulators and biohumus on potato productivity in the conditions of western forest-steppe] (in Ukrainian).
20. Olesinski, S. Wolf, J. Rudich, A. Marani, Effect of Leaf Age and Shading on Photosynthesis in Potatoes (*Solanum tuberosum*), *Annals of Botany*, Volume 64, Issue 6, December 1989, Pages 643–650. doi: 10.1093/oxfordjournals.aob.a087889
21. Savchenko, P. V., & Kozhushko, N. S. (2013). Metod opredeleniya ploshchady lystvovoi poverkhnosti rastenyia kartofelia [Method for determining the leaf surface area of potato plants]. *Vestnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho unyversyteta*, 11, 191–195 (in Ukrainian).
22. Sokolovska, I. M., & Umrykhin, N. L. (2019). Formuvannia produktyvnosti posiviv nasinnievoї kartopli v umovakh pivnichnoho stepu Ukrainy [Formation of productivity of seed potato crops in the conditions of the northern steppe of Ukraine], 487. (in Ukrainian).
23. Strilchuk, M. L. (2021). Ahrobiolohichni osoblyvosti sortiv kartopli ta yakisni pokaznyky urozhaiu v umovakh Zakhidnoho Lisostepu Ukrainy [Agrobiological features of potato varieties and quality indicators of yield in the Western forest-steppe of Ukraine] (Doctoral dissertation) (in Ukrainian).
24. Stroianovskiy, V. S., & Rykhlyvskiy, I. P. (2014). Efektyvnist vyroshchuvannia kartopli za riznykh tekhnolohii v umovakh Pivdenno-zakhidnoho Lisostepu Ukrainy [Efficiency of potato cultivation by different technologies in the conditions of the South-Western forest-steppe of Ukraine]. *Bioresursy i pryrodokorystuvannia*, 6(5–6), 68–71 (in Ukrainian).
25. Tekalign, T., & Hammes, P. S. (2005). Growth and productivity of potato as influenced by cultivar and reproductive growth: I. Stomatal conductance, rate of transpiration, net photosynthesis, and dry matter production and allocation. *Scientia Horticulturae*, 105 (1), 13 doi: 10.1016/j.scienta.2005.01.029
26. Vasko, N. M. (2012). Lystkovyi indeks ta vrozhainist kartopli in vitro za vykorystannia pidzhyvlen vodorozchynnymy kompleksnymy dobryvamy [Leaf index and in vitro map yield using water-soluble complex fertilizers]. *Visnyk ahrarnoi nauky*, (9), 65–66 (in Ukrainian).
27. Villa, P. M., Sarmiento, L., Rada, F. J., Machado, D., & Rodrigues, A. C. (2017). Leaf area index of potato (*Solanum tuberosum* L.) crop under three nitrogen fertilization treatments. *Agronomía Colombiana*, 35(2), 171–175.

Bykin A.V., Doctor (Agricultural Sciences), Professor, Corresponding Member of NAAS, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Panchuk T. V., PhD student, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Growth and development of potato plants under different methods and norms of fertilizer application

Potatoes are one of the main food products of people. It is used to obtain starch, glucose, hydrol, alcohol, and other substances. The growing need for this raw material requires constant improvement of potato growing technologies to obtain a high level of harvest with good indicators of tuber quality.

Scientific research was carried out in the field experiment of the department of agrochemistry and the quality of plant products named after O. I. Dushechkina of the National Institute of Science and Technology of Ukraine on the land use territory of Biotech LTD LLC (Boryspil district, Kyiv region). The soil of the experimental site is a dark gray, golden, coarse-grained, light loamy loam in the loess. The early ripening variety Tiras was chosen for the research. The scheme of the field experiment provided various methods and rates of application of phosphorus and potash fertilizers.

As a background in all variants of the experiment, nitrogen fertilizer was applied to the pre-sowing soil treatment, with the rate of N_{100} on the soil surface, followed by its cultivation. The rest of the nitrogen in the norm of N_{35} in the form of UAN-25 was applied before the formation of ridges with their subsequent formation by a ridge former, and N_{15} in the form of calcium nitrate as a top dressing.

Liquid complex fertilizer (APP) 8–24 was applied as a pre-sowing fertilizer in a spreading method using a Tecnomax Lazer 3000 self-propelled sprayer, and potassium chloride was applied using a John Deere 6195M unit and an MVD 1000 spreader, followed by spreading with a Vaderstad Carrier CR 400 disk cultivator to a depth of 10–12 cm. Local application of fertilizers was carried out with a John Deere 8300 unit and a Peliper RV 3000 cultivator. Phosphorous fertilizers were distributed in the soil with a tape (15 cm deep), and potassium fertilizers with a strip (10–12 cm wide, 18–20 cm deep).

The local introduction of $P_{60}K_{135}$ on the background of N_{150} provided the maximum height of potato plants (77.8 cm) under the experimental conditions. At the same time, a similar method of application with an increase in the rate of phosphorus and potassium fertilizers to the level of $P_{80}K_{180}$ against the background of N_{150} resulted in a lower plant height (71.3 cm).

The greatest influence on the formation of the vegetative part of plants was exerted by the local application of phosphorus and potassium fertilizers at the rate of $P_{60}K_{135}$ against the background of N_{150} . It provided the largest indicator of the mass of above-ground (38.0 t/ha) and underground part of plants (28.7 t/ha), which is 2.6 t/ha more than the option with a similar method of applying the full rate of $P_{80}K_{180}$ on the background of N_{150} .

The largest area of the leaves before the "green berry" phase was formed in the variant with local application of $P_{80}K_{180}$ against the background of N_{150} and reached 56873 m²/ha with a leaf index of 5.69. Scattered application of the same rate

of fertilizers caused this indicator to be obtained at the level of 48191 m²/ha, which is 8682 m²/ha less than the above-mentioned option. During this period, the largest mass of tubers under one bush was formed when applying P₆₀K₁₃₅ locally on the background of N₁₅₀ – 458 g. The increase of the local norm to P₆₀K₁₈₀ on the background of N₁₅₀ led to the formation of a slightly smaller mass of tubers – 408 g, which is 12.1 % less than the above-mentioned option.

Therefore, the local application of phosphorus and potassium fertilizers can condition the better growth and development of potato plants of the Tiras variety in the main phases and tubers in particular.

Key words: local application, scattered application, potato, photosynthesis, leaf area, leaf index, phosphorus fertilizers, potash fertilizers.