

Вплив нанодобрива на врожайність і якість гібридів капусти броколі в умовах Західного Лісостепу України

О. Й. Дидів^{1*}, І. В. Дидів¹, Н. В. Лещук², В. Г. Кузько³, А. І. Дидів¹

¹Львівський національний аграрний університет, вул. Володимира Великого, 1, м. Дубляни, Жовківський р-н, Львівська обл., 80381, Україна, *e-mail: olga.dydiv@gmail.com

²Український інститут експертизи сортів рослин, вул. Генерала Родимцева, 15, м. Київ, 03041, Україна

³Львівська філія Українського інституту експертизи сортів рослин, вул. Вітовського, 18, м. Львів, 01010, Україна

Мета. Вивчити особливості формування продуктивності гібридів капусти броколі залежно від способів застосування нанодобрива «5 element» в умовах Західного Лісостепу України. **Методи.** Польовий, лабораторний, статистичний. **Результати.** За внесення нанодобрива «5 element» збільшувався діаметр головки в гібрида 'Batavia F₁' від 16,6 (вар. 2) до 18,3 см (вар. 8), тоді як на контролі цей показник становив 15,9 см. Найбільший діаметр головки в гібрида 'Orantes F₁' 18,9 та 18,7 см відзначено за позакореневого підживлення нанодобривом «5 element» у фазі 4–6 листків + початок формування головки + через 10–12 діб після початку формування головок та у фазі початок формування головок + через 10–12 діб після початку формування головок. Відповідно у вищезгаданих варіантах маса головок становила 901 та 863 г, що вище за контроль (без обробки) на 166 та 128 г, або 22,3 та 17,4%. Найвищу врожайність капусти броколі гібрида 'Batavia F₁' одержано у 8 та 7 варіантах досліді – 33,5 та 31,9 т/га відповідно, приріст урожаю становив відповідно 5,2 та 3,6 т/га, або 18,4 та 12,7%. У гібрида 'Orantes F₁' найбільшу врожайність (37,1 т/га) відзначено за внесення нанодобрива «5 element» у 8 варіанті досліді, що вище за контроль на 6,6 т/га, або 21,6%. Порівняно з гібридом 'Batavia F₁' урожайність на цьому варіанті у гібрида 'Orantes F₁' була більшою на 3,6 т/га, або 9,7%. Діаметр та маса головки, а також урожайність у гібрида 'Orantes F₁' були більшими, порівняно з гібридом 'Batavia F₁', що зумовлено його біологічними особливостями. Виявлено сильний кореляційний зв'язок ($r = 0,97$ та $0,96$) між урожайністю та діаметром головки капусти броколі в гібридів 'Batavia F₁' та 'Orantes F₁'. Якісні показники капусти броколі (суха речовина, сума цукрів та вітамін С) у гібрида 'Orantes F₁' були вищими порівняно з гібридом 'Batavia F₁'. Виявлено тенденцію до зменшення концентрації нітратів у головках капусти броколі зі збільшенням кількості обробок нанодобривом «5 element». Концентрація нітратів у гібрида 'Orantes F₁' була меншою в усіх варіантах досліді, порівняно з гібридом 'Batavia F₁'. Уміст нітратного азоту в головках капусти броколі в усіх варіантах досліді не перевищував ГДК (400 мг/кг сирової маси). **Висновки.** Зі збільшенням кількості позакореневих обробок нанодобривом «5 element» підвищувалась урожайність та поліпшувалась якість продукції гібридів капусти броколі. Виявлено, що врожайність гібрида 'Orantes F₁' у всіх варіантах досліді була більша, порівняно з гібридом 'Batavia F₁'. За внесення нанодобрива «5 element» у три етапи – позакоренево підживлення у фазі 4–6 листків + початок формування головки + через 10–12 діб після початку формування головок – одержали найбільшу врожайність капусти броколі в гібрида 'Orantes F₁' – 37,1 т/га, приріст до контролю (без добрив) становив 6,6 т/га, або 21,6%. У гібрида 'Batavia F₁' урожайність становила 33,5 т/га, приріст до контролю – 5,2 т/га, або 18,4%.

Ключові слова: капуста броколі; гібрид; нанодобриво «5 element»; урожайність; якісні показники.

Вступ

З-поміж усіх представлених на ринку видів капусти значним попитом користується

броколі, передусім завдяки своїй поживній цінності та лікувальним властивостям [1].

Капуста броколі є вимогливою до забезпеченості ґрунту поживними речовинами, що пов'язано з невеликим розміром кореневої системи, великим габітусом наземної частини та високим виносом елементів живлення на одиницю продукції. Проте необхідно зважати, що генетичний потенціал гібрида може бути реалізований завдяки створенню оптимальних умов вирощування, які повинні обов'язково враховувати його біологічні особливості, вимоги до деяких елементів

Olha Dydiv

<https://orcid.org/0000-0001-8605-1092>

Ihor Dydiv

<https://orcid.org/0000-0003-4155-5945>

Nadiia Leshchuk

<https://orcid.org/0000-0001-6025-3702>

Andrii Dydiv

<https://orcid.org/0000-0002-4436-9008>

агротехніки, а також до системи вдобрення. Підвищення врожайності на 40–70% можна забезпечити завдяки технології та використанню різних видів добрив і засобів захисту рослин, а на 30–50% – селекції [2].

Використання сучасних регуляторів росту, хелатних водорозчинних органо-мінеральних добрив з мікроелементами у вигляді позакоренових підживлень сприяє підвищенню врожайності на 15–30% та значно поліпшує якісні показники сільськогосподарської продукції [3].

Мікроелементи входять у склад ферментів, які є каталізаторами біохімічних процесів, підвищуючи їхню активність. Таким чином вони стимулюють ріст рослин і прискорюють їх розвиток, позитивно впливають на їхню стійкість до несприятливих умов зовнішнього середовища (посухи, перепадів температури тощо), допомагають протистояти хворобам та шкідникам. Нестача мікроелементів спричинює зниження врожаю, погіршення якісних показників продукції, виникнення стресових станів у рослинах, які викликають низку захворювань, а інколи і їхню загибель [4].

Урожайність капусти броколі в Україні ще знаходиться на низькому рівні та залежить від комплексу чинників. Стартові органо-мінеральні добрива в умовах дефіциту вологи, що часто проявляється останніми роками, не сприяють інтенсивному росту і розвитку рослини, оскільки не проходить процес їх розчинності та засвоєння. Отож, для використання біологічного ресурсу сорту чи гібрида повною мірою необхідно додаткове позакореневе внесення макро- й мікроелементів, що дає можливість підвищити врожайність та якісні показники продукції капусти броколі [5].

Тому, для підвищення ефективності вирощування та одержання екологічно безпечної продукції капусти броколі на темно-сірих опідзолених ґрунтах Західного Лісостепу України актуального значення набуває вивчення ефективності позакоренового застосування мікро- та нанодобрив.

Мета досліджень – вивчити особливості формування продуктивності гібридів капусти броколі залежно від способів застосування нанодобрива «5 element» в умовах Західного Лісостепу України.

Матеріали та методика досліджень

Дослідження з вивчення впливу нанодобрива «5 element» на врожайність і якість капусти броколі проводили на дослідному полі кафедри садівництва та овочівництва імені професора І. П. Гулька Львівського націо-

нального аграрного університету впродовж 2019–2020 рр.

Висівали ранньостиглі гібриди капусти броколі іноземної селекції 'Batavia F₁' (Bejo Zaden) та 'Orantes F₁' (Rijk Zwaan), що включені до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні [6].

Дослідження проводили відповідно до методик [7–9]. У досліді застосовували нове водорозчинне нанодобриво «5 element». Хімічний склад нанодобрива (діюча речовина), г/100 г: ZnSO₄ – 0,00027 – 0,0015%, MgSO₄ – 0,00019 – 0,002, MnSO₄ – 0,0081–0,0025, FeSO₄ – 0,00014–0,0015, CuSO₄ – 0,00074–0,002, CoSO₄ – 0,00005–0,0005, брасінолід марки 0,1SP – 1–1,5, сахароза 98,49–98,9978, загальний уміст солей мікроелементів у гранулах не менше – 0,000001900 мг. Добриво включено до Державного реєстру пестицидів та агрохімікатів, дозволених до використання в Україні.

Схема досліді включала такі варіанти: 1) контроль (без обробки); 2) підживлення у фазі 4–6 листків (після приживлення розсади); 3) підживлення у фазі початку формування головки; 4) підживлення через 10–12 діб після формування головок; 5) підживлення у фазі 4–6 листків + початок формування головок; 6) підживлення у фазі 4–6 листків + через 10–12 діб після початку формування головок; 7) підживлення у фазі початок формування головок + через 10–12 діб після початку утворення головок; 8) підживлення у фазі 4–6 листків + початок формування головки + через 10–12 діб після початку формування головок.

Попередником капусти броколі була картопля. Як фон під культивування було внесено нове комплексне мінеральне добриво Нітроамофоска-М у нормі + N₅₄P₁₀₈K₁₃₂ кг/га д.р. та аміачну селітру в нормі N₆₀ кг/га д.р. Висаджували касетну розсаду капусти броколі на постійне місце у 25-денному віці, коли рослини утворили 3–4 справжніх листочків у III декаді квітня в попередньо підготовлений ґрунт. Схема висаджування – 60 × 40 см (41,6 тис./га рослин).

Облікова площа ділянки – 18 м². Дослід закладали у трьох повтореннях, розміщення варіантів – систематичне. Ґрунт дослідного поля темно-сірий опідзолений легкосуглинковий, що характеризується середнім умістом гумусу (2,2–2,3%), слабкокислою реакцією ґрунтового розчину (рН сольове 6,5), уміст (у 0–20 см верхньому горизонті) легкогідролізованого азоту – 83–85 мг/кг, рухомого фосфору – 92–96, обмінного калію – 96–98 мг/кг, магнію – 0,55–0,68 мг-екв/100 г, рухомої сірки –

2,13–2,35 мг/кг, марганцю – 10,44–12,58 мг/кг, цинку – 1,47–1,69 мг/кг, кобальту – 0,60–0,67 мг/кг, міді – 0,16–0,19 мг/кг.

Технологія вирощування капусти броколі загальноприйнята для умов Західного Лісостепу України. Фенологічні спостереження, біометричні вимірювання та обліки проводили відповідно до загальноприйнятих методик в овочівництві. Капусту збирали з кожної ділянки вибірково з настанням технічної стиглості (I–II декада липня) та визначали діаметр і середню масу головок. У зібраних головках капусти броколі визначали біохімічні показники. Суху речовину визначали термогравіметричним методом – висушуванням до постійної ваги, суму цукрів – за методом Бертрана, аскорбінову кислоту (вітамін С) – за методом Муррі, уміст нітратів – іонометричним методом [10].

Досліди закладали відповідно до методики дослідної справи в овочівництві та баштанництві [11]. Статистичну обробку отриманих результатів досліджень проводили методом дисперсійного аналізу за допомогою комп'ютерного програмного забезпечення Excel і Statistica 10.0.

Результати досліджень

Одним із основних господарсько-цінних показників, які підтверджують перевагу того чи іншого агротехнічного заходу, є врожайність товарної частини та її якісні показники. У проведених дослідженнях якісні показники врожаю гібридів капусти броколі визначалися середнім діаметром головок та середньою масою головки (табл. 1 і 2).

Установлено, що за внесення нанодобрива «5 element» збільшувався діаметр головки у гібрида 'Batavia F₁' від 16,6 (вар. 2) до 18,3 см (вар. 8), тоді як на контролі цей показник становив 15,9 см. Найвищу масу головок капусти броколі гібрида 'Batavia F₁' (813 г) одержали на 8 варіанті за триразового позакореневого підживлення нанодобривом у фазі 4–6 листків + початок формування головки + через 10–12 діб після початку формування головок. Дещо меншу середню масу головок (769 та 763 г) одержали на 7 та 5 варіантах досліду. На контрольному варіанті середня маса головки становила 682 г, що менше за 8 варіант на 131 г, або 16,1% (табл. 1).

Таблиця 1

Урожайність капусти броколі гібрида 'Batavia F₁' залежно від застосування нанодобрива «5 element» (середнє за 2019–2020 рр.)

Варіант	Діаметр головки, см	Маса головки, г	Урожайність, т/га	Приріст до контролю	
				т/га	%
1) Контроль – без обробки	15,9	682	28,3	–	–
2) Підживлення у фазі 4–6 листків	16,6	697	28,9	0,6	2,1
3) Підживлення у фазі початку формування головки	17,3	736	30,5	2,2	7,7
4) Підживлення через 10–12 діб після формування головок	16,8	721	29,7	1,4	4,9
5) Підживлення у фазі 4–6 листків + початок формування головок	17,7	763	31,6	3,3	11,7
6) Підживлення у фазі 4–6 листків + через 10–12 діб після початку формування головок	17,5	745	30,8	2,5	8,8
7) Підживлення у фазі початок формування головок + через 10–12 діб після початку формування головок	17,9	769	31,9	3,6	12,7
8) Підживлення у фазі 4–6 листків + початок формування головки + через 10–12 діб після початку формування головок	18,3	813	33,5	5,2	18,4
HIP _{0,05}	3,1	15,4	4,2	–	–

Зазначимо, що середня маса головки та діаметр тісно пов'язаний з урожайністю. Застосування нанодобрива «5 element» у вигляді позакореневого підживлення в різні фази вегетації капусти броколі гібрида 'Batavia F₁' підвищує врожай від 0,6 т/га, або 2,1% (вар. 2) до 5,2 т/га, або 18,4% (вар. 8), порівняно з контролем без обробки. Відзначимо, що високу врожайність капусти броколі гібрида 'Batavia F₁' одержали на 7 та 5 варіантах досліду, відповідно 31,9 та 31,6 т/га, приріст урожаю становив відповідно 3,6 та 3,3 т/га, або 12,7 та 11,7%.

На основі кореляційного аналізу встановлено дуже сильний кореляційний зв'язок ($r = 0,97$) та отримано коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,94$ між врожайністю та діаметром головки капусти броколі гібрида 'Batavia F₁' за позакореневого внесення нанодобрива «5 element» (рис. 1).

Діаметр та маса головки, а також врожайність у гібрида 'Orantes F₁' були більшими, порівняно з гібридом 'Batavia F₁', що зумовлено біологічними його особливостями. Найбільший діаметр головки – 18,9 та

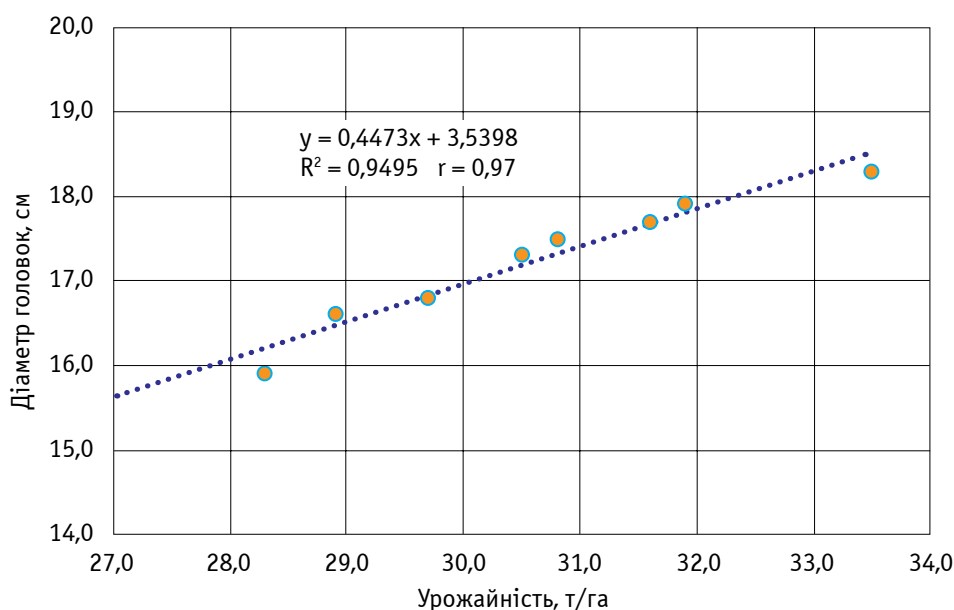


Рис. 1. Кореляційна залежність між урожайністю та діаметром головок капусти броколі гібрида 'Batavia F₁' за внесення нанодобрива «5 element»

18,7 см – відзначали за позакореневого підживлення нанодобривом «5 element» у фазі 4–6 листків + початок формування головки + через 10–12 діб після початку формування головок та у фазі початок формування головок + через 10–12 діб після початку формування головок. Відповідно у вищезгаданих варіантах маса головок становила 901 та 863 г, що більше за контроль (без

обробки) на 166 та 128 г, або 22,3 та 17,4% (табл. 2).

Найбільшу врожайність капусти броколі (37,1 т/га) у гібрида 'Orantes F₁' відзначали за внесення нанодобрива «5 element» на 8 варіанті досліді, що вище за контроль на 6,6 т/га, або 21,6%. Порівняно з гібридом 'Batavia F₁', урожайність на цьому варіанті у гібрида 'Orantes F₁' була більшою на 3,6 т/га, або 9,7%.

Таблиця 2

Урожайність капусти броколі гібрида 'Orantes F₁' залежно від застосування нанодобрива «5 element» (середнє за 2019–2020 рр.)

Варіант	Діаметр головки, см	Маса головки, г	Урожайність, т/га	Приріст до контролю	
				т/га	%
1) Контроль – без обробки	16,3	735	30,5	0	–
2) Підживлення у фазі 4–6 листків	17,2	754	31,3	0,8	2,6
3) Підживлення у фазі початку формування головки	17,8	796	32,9	2,4	7,9
4) Підживлення через 10–12 діб після формування головок	17,5	771	32,2	1,5	5,6
5) Підживлення у фазі 4–6 листків + початок формування головок	18,3	845	35,1	4,6	15,1
6) Підживлення у фазі 4–6 листків + через 10–12 діб після початку формування головок	17,9	812	33,6	3,1	10,2
7) Підживлення у фазі початок формування головок + через 10–12 діб після початку формування головок	18,7	863	35,7	5,2	17,0
8) Підживлення у фазі 4–6 листків + початок формування головки + через 10–12 діб після початку формування головок	18,9	901	37,1	6,6	21,6
НІР _{0,05}	3,5	17,6	5,0	–	–

Високу врожайність капусти броколі у гібрида 'Orantes F₁' – 35,7 та 35,1 т/га – одержали за позакореневого підживлення нанодобрива «5 element» у фазі початок формування головок + через 10–12 діб після початку формування головок (вар. 7) та у фазі 4–6 листків + початок формування головок (вар. 5), тоді як за підживлення у

фазі 4–6 листків (вар. 2) вона становила 31,3 т/га.

Кореляційний аналіз показав дуже сильний кореляційний зв'язок ($r = 0,96$) за коефіцієнта детермінації $R^2 = 0,93$ між врожайністю та діаметром головки капусти броколі гібрида 'Orantes F₁' за позакореневого внесення нанодобрива «5 element» (рис. 2).

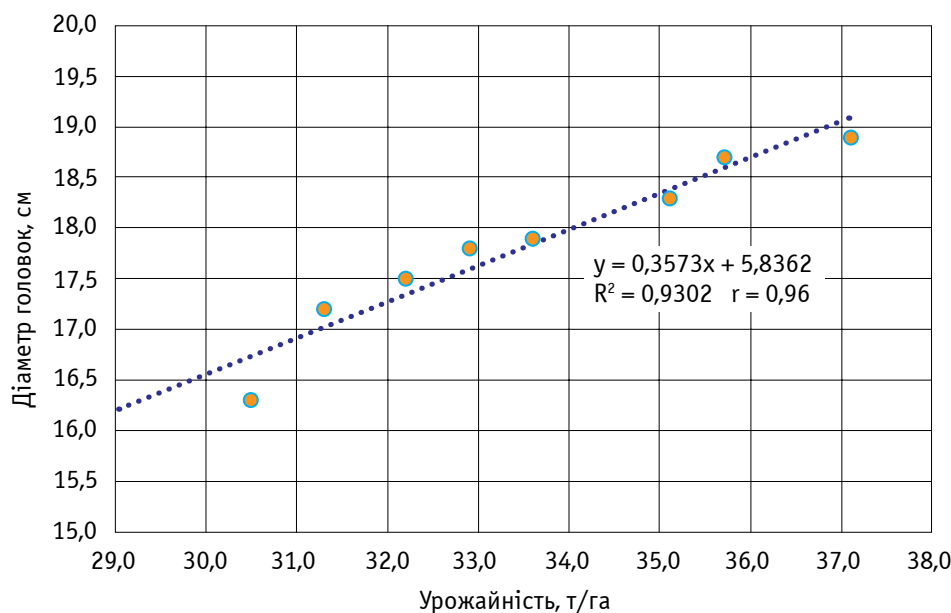


Рис. 2. Кореляційна залежність між урожайністю діаметром головок капусти броколі в гібрида 'Orantes F₁' за внесення нанодобрива «5 element»

Отже, за використання нанодобрива «5 element» спостерігали подібну тенденцію щодо підвищення врожайності капусти броколі в гібридів 'Batavia F₁' та 'Orantes F₁' за варіантами дослідів за величини вірогідності апроксимації $R^2 = 0,88$. Проте, найбільшу агрономічну ефективність у підвищенні врожайності виявили за позакореневого підживлення нанодобрива «5 element» у фазі 4–6 листків + початок формування головки + через 10–12 діб після початку формування головок (рис. 3).

Застосування нанодобрива «5 element» підвищувало вміст сухої речовини, суми цукрів та вітаміну С у головках капусти броколі гі-

бридів 'Batavia F₁' та 'Orantes F₁'. Натомість уміст нітратів зменшувався зі збільшенням кількості позакорневих обробок нанодобривом «5 element» (табл. 3 і 4).

Уміст сухих речовин у гібрида 'Batavia F₁' варіював від 9,7% у разі позакореневого підживлення у фазі 4–6 листків до 10,6% за трьох разових підживлень у фазі 4–6 листків + початок формування головки + через 10–12 діб після початку формування головок. Деяко більший уміст сухих речовин у головках капусти броколі відзначали у гібрида 'Orantes F₁' – від 10,4% (контроль) до 12,3% (вар. 8).

Найбільший уміст суми цукрів (3,9 та 3,8%) у головках капусти броколі гібрида

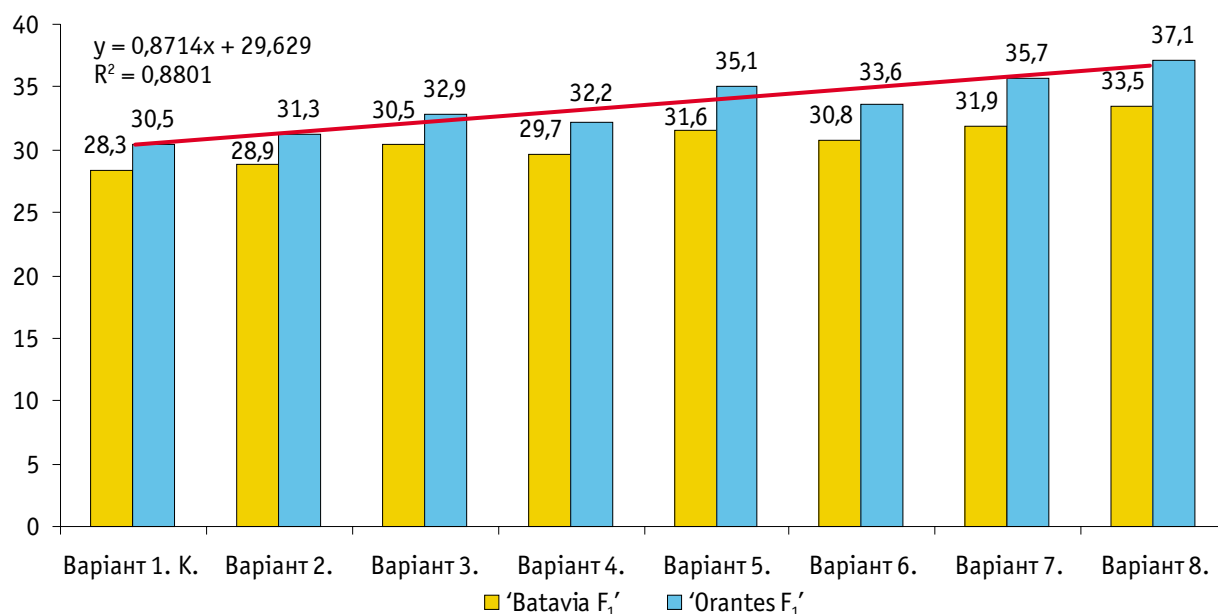


Рис. 3. Урожайність капусти броколі в гібридів 'Batavia F₁' та 'Orantes F₁' за внесення нанодобрива «5 element»

‘Batavia F₁’ устанавлено на 8 та 5 варіантах досліду. Дещо менший – 3,5% – у варіанті позакореневого підживлення нанодобривом у фазі початок формування головок + через 10–12 діб після початку формування голо-

вок (вар. 7). Зазначимо, що у гібрида ‘Orantes F₁’ цей показник був більшим у всіх варіантах досліду, порівняно з гібридом ‘Batavia F₁’, проте тенденція за варіантами зберігалася.

Таблиця 3

**Вплив нанодобрива «5 елемент» на біохімічний склад капусти броколі гібрида ‘Batavia F₁’
(середнє за 2019–2020 рр.)**

Варіант	Суха речовина, %	Сума цукрів, %	Вітамін С, мг/100 г	Нітрати, мг/кг сирої маси
1) Контроль – без обробки	9,6	3,0	79,2	277
2) Підживлення у фазі 4–6 листків	9,7	3,2	80,3	275
3) Підживлення у фазі початку формування головки	9,8	3,3	81,1	264
4) Підживлення через 10–12 діб після формування головок	9,6	3,2	80,7	270
5) Підживлення у фазі 4–6 листків + початок формування головок	10,3	3,8	82,9	249
6) Підживлення у фазі 4–6 листків + через 10–12 діб після початку формування головок	10,1	3,4	83,3	263
7) Підживлення у фазі початок формування головок + через 10–12 діб після початку формування головок	10,4	3,5	83,5	251
8) Підживлення у фазі 4–6 листків + початок формування головки + через 10–12 діб після початку формування головок	10,6	3,9	84,4	245
НІР _{0,05}	0,6	0,3	3,1	17,8

Важливим показником якості капусти броколі є вміст аскорбінової кислоти. У гібрида ‘Batavia F₁’ цей показник варіював від 80,3 до 84,4 мг/100 г, тоді як на контролі становив 79,2 мг/100 г. У гібрида ‘Orantes F₁’ уміст вітаміну С був більшим у всіх варіантах досліду, порівняно з гібридом ‘Batavia F₁’, що пов’язано з біологічними особливостями. Найбільший уміст аскорбінової кислоти

(88,3 мг/100 г) у головках гібрида ‘Orantes F₁’ устанавлено за підживлення нанодобривом у фазі 4–6 листків + початок формування головки + через 10–12 діб після початку формування головок (вар. 8), що більше порівняно з варіантом 2 на 5,2 мг/100 г. На контрольному варіанті (без підживлення) цей показник був найменшим (82,4 мг/100 г).

Таблиця 4

**Вплив нанодобрива «5 елемент» на біохімічний склад капусти броколі гібрида ‘Orantes F₁’
(середнє за 2019–2020 рр.)**

Варіант	Суха речовина, %	Сума цукрів, %	Вітамін С, мг/100 г	Нітрати, мг/кг сирої маси
1) Контроль – без обробки	10,1	3,8	82,4	261
2) Підживлення у фазі 4–6 листків	10,4	3,9	83,1	256
3) Підживлення у фазі початку формування головки	10,5	4,2	84,5	254
4) Підживлення через 10–12 діб після формування головок	10,2	3,8	84,2	252
5) Підживлення у фазі 4–6 листків + початок формування головок	11,7	4,8	85,7	244
6) Підживлення у фазі 4–6 листків + через 10–12 діб після початку формування головок	11,4	4,3	85,6	250
7) Підживлення у фазі початок формування головок + через 10–12 діб після початку формування головок	12,0	4,9	86,8	239
8) Підживлення у фазі 4–6 листків + початок формування головки + через 10–12 діб після початку формування головок	12,3	5,1	88,3	238
НІР _{0,05}	0,7	0,5	3,9	16,1

Екологічна безпечність продукції капусти броколі характеризується таким важливим показником як уміст нітратів. У дослідженнях виявлено тенденцію до зменшення концентрації нітратів у головках капусти броколі зі збільшенням кількості обробок «5 element». Проте відзначимо, що вміст нітратів у гібрида ‘Orantes F₁’ був менший у всіх

варіантах, порівняно з гібридом ‘Batavia F₁’. Найбільший уміст нітратного азоту в досліджуваних гібридів виявлено на контрольному варіанті (277 та 261 мг/кг сирої маси). Визначено, що вміст нітратного азоту в головках капусти броколі у всіх варіантах досліду не перевищував ГДК (400 мг/кг сирої маси).

Висновки

Зі збільшенням кількості позакореневих обробок нанодобривом «5 element» підвищувалась урожайність та поліпшувалася якість продукції гібридів капусти броколі. Виявлено, що врожайність гібрида 'Orantes F₁' у всіх варіантах досліджу була більша, порівняно з гібридом 'Batavia F₁'.

За внесення нанодобрива «5 element» у три етапи – позакореневе підживлення у фазі 4–6 листків + початок формування головки + через 10–12 діб після початку формування головок – одержали найбільшу врожайність капусти броколі в гібрида 'Orantes F₁' – 37,1 т/га, приріст до контролю (без добрив) становив 6,6 т/га, або 21,6%. У гібрида 'Batavia F₁' урожайність становила 33,5 т/га, приріст до контролю – 5,2 т/га, або 18,4%.

Використана література

- Kovtuniuk Z. I., Voitovska V. I., Storozhyk L. I. Economic and biological evaluation of Chinese cabbage [*Brassica rapa* L. var. *pekinensis* (Lour.) Kitam.] hybrids grown in the Right-Bank Forest Steppe of Ukraine. *Plant Var. Stud. Prot.* 2020. Т. 16, № 1. С. 40–47. doi: 10.21498/2518-1017.16.1.2020.201026
- Хареба В. В., Дидів О. Й., Дидів І. В., Лещук Н. В. Агробіологічна оцінка гібридів капусти броколі в умовах Західного Лісостепу України. *Plant Var. Stud. Prot.* 2018. Т. 14, № 2. С. 240–244. doi: 10.21498/2518-1017.14.2.2018.134776
- Nurzylnski J. Nawozenie roslin ogroddniczych. Lublin : Wydawnictwo AR, 2013. 179 s.
- Sady W. Nawozenie warzyw polowych. Krakow : Plantpress, 2012. 267 s.
- Барабаш О. Ю., Тараненко Л. К., Сич З. Д. Біологічні основи овочівництва. Київ : Арістей, 2005. С. 24, 200, 201.
- Державний реєстр сортів рослин придатних для поширення в Україні на 2020 р. URL: <https://agro.me.gov.ua/ua/file-storage/reyestr-sortiv-roslin-ukrayini>
- Методика проведення експертизи сортів рослин групи овочевих, картоплі та грибів на відмінність, однорідність і стабільність / за ред. С. О. Ткачик. 2-ге вид., випр. і доп. Вінниця, 2016. 1145 с.
- Методика проведення експертизи сортів рослин картоплі та груп овочевих, баштанних, пряно-смакових на придатність до поширення в Україні / за ред. С. О. Ткачик. Вінниця, 2016. 95 с.
- Методика проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Загальна частина / за ред. С. О. Ткачик. 4-те вид., випр. і доп. Вінниця, 2016. 120 с.
- Методика проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Методи визначення показників якості продукції рослинництва / за ред. С. О. Ткачик. 3-тє вид., пер. і доп. Вінниця, 2016. 159 с.
- Методика дослідної справи в овочівництві і баштанництві / за ред. Г. Л. Бондаренка, К. І. Яковенка. 3-тє вид., пер. і доп. Харків : Основа, 2001. 369 с.

References

- Kovtuniuk, Z. I., Voitovska, V. I., & Storozhyk, L. I. (2020). Economic and biological evaluation of Chinese cabbage [*Brassica rapa* L. var. *pekinensis* (Lour.) Kitam.] hybrids grown in the Right-Bank Forest Steppe of Ukraine. *Plant Var. Stud. Prot.*, 16(1), 40–47. doi: 10.21498/2518-1017.16.1.2020.201026
- Khareba, V. V., Dydiv, O. Y., Dydiv, I. V., & Leschuk, N. V. (2018). Agrobiological assessment of broccoli hybrids under the conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraine. *Plant Var. Stud. Prot.*, 14(2), 240–244. doi: 10.21498/2518-1017.14.2.2018.134776 [in Ukrainian]
- Nurzylnski, J. (2013). *Nawozenie roslin ogroddniczych*. Lublin: Wydawnictwo AR.
- Sady, W. (2012). *Nawozenie warzyw polowych*. Krakow: Plantpress.
- Barabash, O. Yu., Taranenko, L. K., & Sych, Z. D. (2005). *Biologichni osnovy ovochivnytstva* [Biological bases of vegetable growing]. Kyiv: Aristei. [in Ukrainian]
- Derzhavnyi reiestr sortiv roslyn prydatnykh dlia poshyrennia v Ukraini na 2020 rik*. [State register of plant varieties suitable for dissemination in Ukraine in 2020]. Retrieved from <https://agro.me.gov.ua/ua/file-storage/reyestr-sortiv-roslin-ukrayini> [in Ukrainian]
- Tkachyk, S. O. (Ed.). (2016). *Metodyka provedennia ekspertyzy sortiv roslyn hrupy ovochevykh, kartopli ta hrybiv na vidminnist, odnorodnist i stabilnist* [Methods of examination of plant varieties of vegetables, potatoes and mushrooms for difference, homogeneity and stability]. (2nd ed., rev.). Vinnytsia: N.p. [in Ukrainian]
- Tkachyk, S. O. (Ed.). (2016). *Metodyka provedennia ekspertyzy sortiv roslyn kartopli ta hrup ovochevykh, bashannykh, prianosmakovykh na prydatnist do poshyrennia v Ukraini* [Methods of examination of potato plant varieties and groups of vegetables, melons, spices for suitability for distribution in Ukraine]. Vinnytsia: N.p. [in Ukrainian]
- Tkachyk, S. O. (Ed.). (2016). *Metodyka provedennia kvalifikatsiinoi ekspertyzy sortiv roslyn na prydatnist do poshyrennia v Ukraini. Zahalna chastyna* [Methods of conducting qualification tests of plant varieties for suitability for distribution in Ukraine. General part]. (4th ed., rev.). Vinnytsia: N.p. [in Ukrainian]
- Tkachyk, S. O. (Ed.). (2016). *Metodyky provedennia kvalifikatsiinoi ekspertyzy sortiv roslyn na prydatnist do poshyrennia v Ukraini. Metody vyznachennia pokaznykiv yakosti produktsii roslynnytstva* [Methods of conducting qualitative examination of plant varieties for suitability for distribution in Ukraine. Methods for defining crop quality indicators]. (3rd ed., rev.). Vinnytsia N.p. [in Ukrainian]
- Bondarenko, H. L., & Yakovenko, K. I. (Eds.). (2001). *Metodyka doslidnoi spravy v ovochivnytstvi i bashannytstvi* [Methods of conducting experiments in vegetable and melon growing]. (3rd ed., rev. and enl.). Kharkiv: Osнова. [in Ukrainian]

UDC 635.356:631.8

Dydiv, O. Y.^{1*}, Dydiv, I. V.¹, Leshchuk, N. V.², Kuzko, V. H.³, & Dydiv, A. I.¹ (2020). Influence of nanofertilizers on the yield and quality of broccoli hybrids in the conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraine. *Plant Varieties Studying and Protection*, 16(4), 387–394. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.16.4.2020.224056>

¹Lviv National Agricultural University, 1 Volodymyr Velykyi St., Dubliany, Zhovkva district, Lviv region, 80381, Ukraine, e-mail: olga.dydiv@gmail.com

²Ukrainian Institute for Plant Variety Examination, 15 Henerala Rodymtseva St., Kyiv, 03041, Ukraine

³Lviv branch of the Ukrainian Institute for Plant Variety Examination, 18 Vytovskoho St., Lviv, 01010, Ukraine

Purpose. To study the features of the productivity formation of broccoli hybrids depending on the methods of application of “5 element” nanofertilizer in the conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraine. **Methods.** Field, laboratory, statistical. **Results.** With the introduction of “5 element” nanofertilizer, the head diameter of the ‘Batavia F₁’ hybrid increased from 16.6 (var. 2) to 18.3 cm (var. 8), while in the control this indicator was 15.9 cm. The biggest head diameter in the hybrid ‘Orantes F₁’ 18.9 and 18.7 cm was noted with foliar feeding with “5 element” nanofertilizer in the phase of 4–6 leaves + beginning of head formation + 10–12 days after the beginning of head formation and in the phase of the beginning of head formation + 10–12 days after the beginning of head formation. Accordingly, in the aforementioned variants, the head mass was 901 and 863 g, which is higher than the control (without treatment) by 166 and 128 g, or 22.3 and 17.4%. The highest yield of the ‘Batavia F₁’ hybrid was obtained in 8 and 7 variants of the experiment – 33.5 and 31.9 t/ha, respectively, the yield increase was 5.2 and 3.6 t/ha, or 18.4 and 12.7%. In the hybrid ‘Orantes F₁’ the highest yield (37.1 t/ha) was recorded when applying the “5 element” nanofertilizer in the 8th variant of the experiment, which is 6.6 t/ha higher than the control, or 21.6%. Compared to the ‘Batavia F₁’ hybrid, the yield in this variant of the ‘Orantes F₁’ hybrid was 3.6 t/ha, or 9.7%. The diameter and weight of the head, as well as the yield of the hybrid ‘Orantes F₁’ were larger compared to the hybrid ‘Batavia F₁’, due to its biological characteristics. A strong cor-

relation ($r = 0.97$ and 0.96) was revealed between the yield and the diameter of the broccoli head in the ‘Batavia F₁’ and ‘Orantes F₁’ hybrids. The quality indicators of broccoli (dry matter, sum of sugars and vitamin C) in the ‘Orantes F₁’ hybrid were higher compared to the ‘Batavia F₁’ hybrid. A tendency towards a decrease in the concentration of nitrates in the heads of broccoli with an increase in the number of treatments with nanofertilizer “5 element” was revealed. The concentration of nitrates in the ‘Orantes F₁’ hybrid was lower in all variants of the experiment in comparison with the ‘Batavia F₁’ hybrid. The concentration of nitrates in the heads of broccoli in all variants of the experiment did not exceed TLV (400 mg/kg wet weight). **Conclusions.** With an increase in the number of foliar treatments with “5 element” nanofertilizer, the yield increased and the quality of broccoli hybrids improved. It was revealed that the yield of the ‘Orantes F₁’ hybrid in all variants of the experiment was higher in comparison with the ‘Batavia F₁’ hybrid. When applying nanofertilizer “5 element” in three stages – foliar feeding in the phase of 4–6 leaves + beginning of head formation + 10–12 days after the beginning of head formation – we got the highest yield of broccoli in the hybrid ‘Orantes F₁’ – 37.1 t/ha, an increase over the control variant (without fertilizers) was 6.6 t/ha, or 21.6%. The ‘Batavia F₁’ hybrid had a yield of 33.5 t/ha, an increase over the control variant – 5.2 t/ha, or 18.4%.

Keywords: broccoli; hybrid; nanofertilizer “5 element”; yield; qualitative indicators.

Надійшла / Received 07.10.2020

Погоджено до друку / Accepted 19.11.2020