

ФОТОСИНТЕТИЧНА АКТИВНІСТЬ ПОСІВІВ ЦИБУЛІ РІПЧАСТОЇ ПІД ЧАС ЗАСТОСУВАННЯ ДОБРІВ

Н. М. Бикіна, кандидат сільськогосподарських наук, доцент

Розглянуто результати вивчення впливу позакоренових підживлень мікродобривами на показники фотосинтетичної активності (листовий індекс, ЧПФ) цибулі ріпчастої за вирощування в умовах Лівобережного Лісостепу України.

Мікродобрива, ESPO combitor, ESPO top, підживлення, листовий індекс, ЧПФ(чиста продуктивність фотосинтезу), цибуля ріпчаста.

Формування врожаю є складним процесом, до якого залучені численні, по-різному взаємозв'язані фактори. Вони взаємодіють та обумовлюють певний рівень клітинних та внутрішньотканинних режимів, які формують різні кінцеві реакції рослин через ріст, фотосинтез, органогенез, структуру та якість урожаю [8].

Вирішальним фактором, що обумовлює формування високого врожаю рослин, у т. ч. й цибулі ріпчастої, є їх фотосинтетична діяльність. Величина фотосинтезу проявляється через такі показники: інтенсивність фотосинтезу, площа поверхні листків та активність їх роботи.

Мета дослідження – вивчити вплив позакоренових підживлень мікродобривами в поєднанні з передпосівним удобренням мінеральними добривами на інтенсивність проходження окремих фізіологічних процесів у рослинах цибулі ріпчастої та її продуктивність.

Матеріали і методи дослідження. На кафедрі агрохімії та якості продукції рослинництва в господарстві ТОВ "Біотех ЛТД" на темно-сірому опідзоленому легкосуглинковому ґрунті, в овочевій сівозміні були проведені дослідження. Висівали гібрид Тамара F1. Удобрення проводили за схемою: 1. Без добрив (контроль); 2. $N_{120}P_{100}K_{180}$ (фон); 3. Фон + ESPO combitor (5 кг/га) фаза 3–4 листки; 4. Фон + ESPO top (5 кг/га) фаза 3–4 листки; 5. Фон + ESPO combitor (5 кг/га) фаза 3–4 листки + (5 кг/га) фаза 6–7 листків; 6. Фон + ESPO top (5 кг/га) фаза 3–4 листки + (5 кг/га) фаза 6–7 листків; 7. Фон + ESPO mikrotop (5 кг/га фаза) 3–4 листки. Розмір посівної ділянки становить 194 м², трикратне повторення із систематичним розміщенням варіантів.

У польовому досліді використовували стандартні мінеральні добрива: аміачну селітру (ГОСТ 2–85), суперфосфат гранульований та калімагnezію (28 K₂O і 10 % MgO, 17 % S); водорозчинні добрива: ESPO mikrotop (сульфат магнію з мікроелементами 15+31, 15 % MgO); водорозчинний оксид магнію (31 % SO₃), водорозчинний триоксид сульфуру (12 % S), 0,9 % B, 1 % Mn; ESPO combitor (сульфат магнію з мікроелементами, 13 % MgO); водорозчинний оксид магнію (34 % SO₃), водорозчинний триоксид сульфуру (13 % S) 4 % Mn, 1 % Zn; ESPO top (сульфат магнію – 16 % MgO); водорозчинний оксид магнію (32 % SO₃), водорозчинний триоксид сульфуру

(13 % S).

Ґрунт дослідної ділянки характеризувався оптимальним для овочевих культур рН сольової витяжки (6,1), низьким вмістом в орному шарі гумусу (3,0 %), середнім вмістом азоту (42,3 мг/кг), рухомих сполук фосфору (170 мг/кг) та обмінного калію (147 мг/кг).

Результати дослідження та їх аналіз. Продуктивність цибулі ріпчастої залежить від умов живлення, розміру листової поверхні та її фотосинтетичної активності. На початку вегетації збільшення листової поверхні відбувалося дуже повільно. Так, величина листового індексу змінювалась від 0,10 у контролі (без внесення добрив) та до 0,27 за внесення передпосівного фонового удобрення ($N_{120}P_{100}K_{180}$) в поєднанні з позакореневим підживленням ESPO combitor. Величина листового індексу збільшувалася в міру росту та розвитку рослин цибулі й на 50-й день після посіву досягала за внесення мінеральних добрив ($N_{120}P_{100}K_{180}$) 0,35. Позакореневі підживлення мікродобривами збільшували цей показник майже утричі. За поєднання ESPO combitor (5 кг/га) з передпосівним удобренням у фазу 3–4 листки він становив 1,50 та за дворазового підживлення – 1,63 і ESPO mikrotop 1,31, а аплікації ESPO top 0,91. У подальшому на формування листової поверхні активно впливало позакореневе підживлення у фазу 6–7 листків цибулі ріпчастої. Так, найвищим показник листового індексу в цей період досягався повторним внесенням ESPO combitor та ESPO top і становив відповідно 2,86 та 2,60 (табл. 1).

1. Вплив добрив та технологій вирощування на показники фотосинтетичної активності цибулі ріпчастої

Варіант досліджу	Листовий індекс					ЧПФ, г/см ² за добу			
	1*	2*	3*	4*	5*	1	2	3	4
1. Без добрив (контроль)	0,10	0,35	0,51	1,34	2,40	4,2	7,8	8,9	4,1
2. $N_{120}P_{100}K_{180}$ (фон)	0,19	0,52	0,94	2,00	2,18	6,0	8,8	11,6	6,5
3. Фон + ESPO combitor (5 кг/га) фаза 3–4 листки	0,17	1,50	2,79	3,13	3,22	6,1	9,8	14,9	5,1
4. Фон + ESPO top (5 кг/га) фаза 3–4 листки	0,21	0,91	1,62	2,04	4,12	4,4	5,6	12,6	4,6
5. Фон + + ESPO combitor (5 кг/га) фаза 3–4 листки + 5 кг/га фаза 6–7 листків	0,27	1,63	2,86	4,78	3,64	5,0	8,0	15,5	6,6
6. Фон + ESPO top (5 кг/га) фаза 3–4 листки + (5 кг/га) фаза 6–7 листків	0,15	1,19	2,60	3,72	3,54	4,7	7,9	14,9	5,9
7. Фон + ESPO mikrotop (5 кг/га) фаза 3–4 листки	0,11	1,31	2,24	3,40	3,22	5,3	7,3	13,2	4,8

* 1) 40 днів після сівби; 2) 50 днів після сівби; 3) 60 днів після сівби; 4) 70 днів після сівби; 5) 80 днів після сівби.

Максимальні величини цього показника відмічалися через три місяці після появи сходів. Потім відбувалося зменшення за рахунок відмирання листя. Зі зростанням площі листової поверхні збільшується фотосинтетичний потенціал. Сезонна продуктивність рослин залежить від площі листків, а значить від норми висіву насіння й густоти їх стояння. За підвищення цих показників зростає площа листової поверхні, біологічний урожай, але

зменшується чиста продуктивність фотосинтезу [6].

Посіви як фотосинтезуючі системи повинні мати високу загальну щільність, велику поверхню контакту із зовнішнім середовищем і розмір кореневої системи. Ці умови регулюються густотою посіву та площею живлення рослин. Вони досягаються оптимізацією факторів ґрунтової родючості, водозабезпечення та удобрення. У наших дослідках на розвиток листової поверхні, крім погодних умов та технології вирощування, впливали також умови живлення. Нерівномірність випадання опадів коректувала такий вплив. Відмічено, що внесення повної дози мінеральних добрив підвищувало концентрацію ґрунтового розчину в початкові періоди вегетації. Це гальмувало наростання листової поверхні й зменшувало листовий індекс цибулі. Застосування добрив, що містять магній, марганець, сірку, цинк та бор, оптимізувало роботу листового апарату та кореневої системи, що обумовило збільшення не лише фотосинтезуючої поверхні, а і її активності.

Світло для здійснення фотохімічних реакцій принципово не є лімітуючим фактором. Водночас освітленість рослин виявляється не достатньою. Концентрація вуглекислоти в атмосфері в середньому становить 0,03 %, що забезпечує лише половину максимальної інтенсивності фотосинтезу, яка досягається за показника 0,3–1,0 % CO₂. Важливе значення за таких умов має температура оточуючого середовища. Особливо залежать від неї фотосинтетичне фосфорилування, карбоксилювання, перетворення фруктозо-6-фосфат у сахарозу й крохмаль. Максимальної інтенсивності фотосинтезу рослини полярного поясу досягають за температури 20–25 °С. Інгібування цього процесу за високих її інтервалів пов'язано насамперед із інактивацією ферментів, що може навіть пригнічувати фотосинтез. У польових умовах продуктивність у температурних межах від 16 до 29 °С майже не змінюється, що може бути пов'язано з умовами водозабезпечення рослин. Оптимальним для фотосинтезу є не повне насичення тканин водою, тобто водний дефіцит в інтервалі 5–20 % повного насичення. Стан не насиченості листя водою є звичайним для наземних рослин. Подальше обезводнення обумовлює зниження інтенсивності фотосинтезу, а за втрати 50 % води – повне його гальмування. Інтенсивність фотосинтезу за нестачі вологи знаходиться в обернено пропорційній залежності від посухостійкості рослин. Обезводнення тканини впливає на стан продихових отворів, від розміру яких залежить надходження вуглекислоти до тканин листка. За повного насичення його водою продихи закриваються. Нестача вологи гальмує регенерацію акцептора вуглекислоти – рибулозобіфосфату й знижує енергетичну ефективність фотофосфорилування. Відмічено лімітуючий вплив на наростання листової поверхні та на фотосинтезуючу активність рослин посушливих погодних умов. Учені стверджують, що основною причиною зменшення інтенсивності фотосинтезу в умовах засухи є порушення його світлової фази, зумовлене негативними змінами структур мембран тіллакоїдів. В умовах підвищених температур та обезводнення порушується єдність світлової фази фотосинтезу й фіксації вуглекислого газу [5]. За значного підвищення температури та нестачі вологи спостерігається як інгібування фотофосфорилування, так і розділення електронного транспорту й утворення АТФ [7]. Відомо, що за водного стресу спочатку гальмується нециклічний і циклічний транспорт електронів і пов'язане з ним фотофосфорилування, а потім підсилення розріднюючої дії, що супроводжується зменшенням величини відношення АТФ / НАДФК [2]. Зміни у внутрішніх процесах у наших умовах

проявилися через формування у фазу 4–5 листків цибулини та перехід її до стану спокою.

Для оптимального функціонування фотосинтетичного апарату рослини повинні бути забезпечені усім комплексом макро- й мікроелементів. На основі своїх досліджень ще Гіллер Ю.Є. [1] дійшов до висновку про те, що умови мінерального живлення впливають на властивості листка через зміну концентрації пігментів, оводненості й поверхневої щільності сухої речовини. Мінеральне живлення здійснює основний вплив на параметри листків, перш за все, через концентрацію фотосинтетичних пігментів. Рівень накладання в листках різних ділянок спектру ФАР залежить від умов мінерального живлення й носить чітко виражений селективний характер, що може суттєво впливати на основний енергетичний процес – фотосинтез.

Удобрення рослин основними елементами мінерального живлення не обумовлювало зміщення основних максимумів спектру поглинання листків, у той час як основний максимум пропускання й відбивання, а звідси й мінімум поглинання в області видимого випромінювання за 500 нм, може зміщуватись у старих листків у більш довгохвильовому спектрі. Підсилене живлення одним із макроелементів може обумовити скорочення чи подовження періоду життєдіяльності асимілятивного апарату [4].

Позакореневі підживлення мікродобривами на фоні передпосівного внесення мінеральних добрив підсилювало азотне живлення, що забезпечувало подовження періоду роботи асиміляційного апарату цибулі ріпчастої та підвищувало величину не лише листового індексу, а й чисту продуктивність фотосинтезу. Азот необхідний для утворення амінокислот, синтезу пігментів і білків як елементів структури хлоропласта, а також ферментів, що каталізують реакцію фотосинтезу. Концентрація азоту визначає кількість та активність РБФ – карбоксилази. Про нездатність рослин ефективно використовувати в процесі фотосинтезу високу інтенсивність освітлення за дефіциту азоту свідчать дані Т. Ю. Андрєєвої, А. С. Оканенко [1, 9]. Нестача азоту неоднаково впливає на фотосинтез на фоні різного фізіологічного стану листків, зокрема низький рівень вмісту азоту в кореневмістному шарі ґрунту гальмує фотосинтез у старих листках, але майже не змінює газообмін молодих (можливо через повторне використання азоту старих листків). Асиміляційний апарат у цілому розвивається слабо, площа молодих листків незначна, тому інтенсивність фотосинтезу за азотного голодування дуже низька. Різке зниження рівня поглинання ФАР за нестачі азоту може бути однією із причин пригнічення активності фотосинтетичного апарату. Крім того, встановлено, що нестача азоту значно знижує здатність хлоропластів перетворювати в хімічну поглинуту енергію.

За дефіциту азоту, хлоропласти мають слабкий розвиток ламелярної системи, невелику кількість гран, розірвані міжгранні ламели, а також периферійні оболонки [1, 8]. Такі хлоропласти дуже гіпертрофовані й можуть збільшуватись у два, три рази порівняно з хлоропластами рослин, які вирощуються за оптимальних умов живлення. Подібна модифікація тонкої структури пластид перешкоджає необхідному обміну фотохімічними фондами й субстратами, що значно знижує їх активність. Дефіцит азоту, фосфору й калію порушує структуру хлоропластів та активність окремих ланцюгів процесу асиміляції вуглеводів, змінює активний стан фотосинтетичного апарату і як наслідок обумовлює різке зниження ефективності використання сонячної енергії.

Фосфор у вигляді похідних фосфорної кислоти входить до складу акцепторів CO_2 і проміжних продуктів фотосинтезу, використовується на синтез АТФ. Фосфати є складовою частиною фосфатидів і нуклеїнових кислот. Вони підвищують інтенсивність як фотохімічних, так і темнових реакцій фотосинтезу. Надлишок фосфору гальмує цей процес, очевидно, внаслідок зміни проникливості мембран. За нестачі калію в тканинах засвітла слабо відкриваються продихи й недостатньо закриваються в темряві, а також руйнується структура гран хлоропластів.

Вирішальне значення для зростання врожаю має збільшення розмірів фотосинтетичного апарату. Цей показник позитивно корелює із розмірами листової поверхні й негативно з інтенсивністю фотосинтезу. Підсумкова фотосинтетична продуктивність (урожай) є результатом скоординованої діяльності фотосинтезуючої системи. Вона визначається, з одного боку, числом і розмірами, а з іншого – інтенсивністю роботи й пропускною здатністю робочих одиниць чи систем більш низького порядку. За оптимізації водозабезпечення й мінерального живлення в початковій фазі росту за відносно невеликих об'ємів асимілянтів та енергії для росту коренів, фотосинтетичний апарат із прискоренням починає працювати на особистий ріст і формування органів, синтезуючи у великих кількостях азотовмісні сполуки й активні регулятори ростових процесів. Але у відповідності із генетичною програмою того типу листків, під кінець вегетації, підсилюється утворення інгібіторів, які поступово припиняють їх ріст. Для різних рівнів факторів ґрунтової родючості характерні певні оптимальні норми посіву. За низької забезпеченості (особливо водою й елементами живлення) в посівах розвивається не достатня площа листків, що і є основною причиною зниження врожаю навіть за відносно нормальних середніх показників чистої продуктивності фотосинтезу. Не рідко висока чутливість росту й розвитку до зміни умов водозабезпечення є важливим фактором, який визначає величину врожаю та його якості [3]. Внесення мінеральних добрив оптимізувало умови живлення та сприяло підвищенню продуктивності фотосинтезу до $11,6 \text{ г/см}^2$ у період формування цибулини.

Підживлення мікродобривами активізувало роботу кореневої системи, сприяло зростанню фотосинтезуючої поверхні та її активності. Про це свідчить зростання ЧПФ від $4,2 \text{ г/см}^2$ у контролі (без добрив) до $15,5$ за дворазового позакореневого підживлення ESPO combitor на фоні передпосівного внесення мінеральних добрив. Слід відмітити дію магнію та марганцю, що сприяли не лише наростанню листової поверхні, але й підвищенню її активності. За використання листової аплікації ESPO combitor показники чистої продуктивності фотосинтезу цибулі ріпчастої зростали до $14,9$ та $15,5 \text{ г/см}^2$ відповідно за одноразового та дворазового внесення.

Фотосинтетична активність посівів цибулі зменшувалася за активного формування цибулини. Показники ЧПФ знизилися до $4,1 \text{ г/см}^2$ у контролі та $6,6 \text{ г/см}^2$ за дворазового підживлення ESPO combitor на фоні передпосівного удобрення.

Урожайність безпосередньо пов'язана з величиною фотосинтетичного потенціалу. Його підвищення до 1000 м^2 за добу збільшує урожайність культури на $0,01 \text{ т/га}$. Подальше зростання супроводжується поступовим зниженням урожайності. Позитивна кореляція відмічена між урожайністю та індексом листової поверхні. Підвищення індексу листової поверхні на одиницю в інтервалі 2–8 відповідало збільшенню урожайності на $3,17\text{--}3,61 \text{ т/га}$. Оптимальна величина

індексу листової поверхні за вирощування цибулі ріпчастої становить 4–6. Максимальна величина цього показника, як і фотосинтетичного потенціалу, забезпечувалася за площі живлення 225 см². Зменшення її з 225 до 36 см² обумовило зниження в 2,3 рази показника чистої продуктивності фотосинтезу й деяке зростання коефіцієнту його ефективності. Підвищення останнього, у міру загущення, свідчить про прискорення темпів формування цибулини. За зменшення площі живлення підвищується товарність, але зменшується середня маса цибулини. Максимальний вихід цибулі-ріпки одержаний за площі живлення 81–144 см², однак верхня її межа не забезпечувала стійкого визрівання цибулі. Застосування квадратних схем розміщення рослин підвищувало величину оптимального індексу листової поверхні. В умовах Молдавії ФП 3,5 млн м² за добу/га, індекс листової поверхні 3,5–4,0 і ЧПФ 3 г/м² за добу за густоти 800 тис. шт./га, забезпечувалась урожайність цибулі сорту Вертюжанська до рівня 40,0 т/га [1,6]. Процеси фотосинтезу й азотного обміну тісно пов'язані між собою. За більш інтенсивного фотосинтезу в білки рослин включалась більша кількість не тільки вуглецю, але й азоту. За А.А. Ничипоревичем [9], однією із основних причин зміни складу й різновидності продуктів фотосинтезу можуть служити різні співвідношення в забезпеченні рослин вуглецем та азотом, особливо нітратним. Нітрати, що надходять до рослини, перед використанням для синтезу органічних речовин повинні відновлюватись, а для цього необхідна НАДФ Н₂. У результаті цього остання використовується не для утворення вуглеводів, а амінокислот.

Результати наших досліджень свідчать про те, що внесення мікродобрив у поєднанні з мінеральними за передпосівного удобрення, створювало умови, за яких підвищувалися як показники листового індексу, так і чиста продуктивність фотосинтезу (ЧПФ). Слід відмітити, що проведення позакоренових підживлень добривами, що містять марганець і магній з мінеральними добривами (N₁₂₀P₁₀₀K₁₈₀) активізувало функціонування фотосинтетичного апарату рослин протягом вегетації (табл. 1).

Аналізуючи отримані дані, слід відмітити вплив умов вирощування на фотосинтетичну діяльність рослин. Відомо, що за дефіциту води в клітинах знижується інтенсивність дихання, яке обумовлює гальмування фотосинтезу. За високих температур на фоні припинення синтезу рослина інтенсивно витрачає органічні речовини. Автор [1] встановив, що в умовах наростаючої засухи в тканинах рослин, гідроліз переважає над синтезом, елементи живлення все більше використовуються в підсилюючому процесі дихання без поповнення та внаслідок пригнічення фотосинтезу. Нерівномірність опадів та підвищення температури виступали лімітуючими факторами для формування врожаю цибулі ріпчастої й впливали як на формування фотосинтезуючої поверхні, так і на її активність.

Висновки. Таким чином, створення оптимальних умов живлення є важливим діючим фактором, який впливає як на наростання асимілюючої поверхні рослин цибулі ріпчастої, так і на її продуктивність. Застосування мінеральних добрив (N₁₂₀P₁₀₀K₁₈₀) у поєднанні з позакореновим підживленням ESPO combitor, ESPO mikrotop та ESPO top створювали такі умови росту та розвитку рослин, які забезпечували їх максимальну асимілюючу діяльність.

Список літератури

1. Гиллер Ю. Є. О взаимосвязи фотосинтеза растений с водным режимом и минеральным питанием / Ю. Є. Гиллер. – Душанбе, 1963. – С. 12–14.

2. Жакотэ А. Г. Минеральное питание и активность фотосинтетического аппарата растений / А. Г. Жакотэ. – Кишнев : "Штишица", 1974. – С. 3–135.
3. Тарчевский И. А. Биохимия и биофизика фотосинтеза / И. А. Тарчевский. – М. : Наука, 1965. – 305 с.
4. Тарчевский И. А. Фотозинтез и засуха / И. А. Тарчевский. – Казань : Изд-во Казанского у-та, 1964. – 185 с.
5. Тюлин А. Ф. Органо-минеральные коллоиды в почве, их генезис и значение для корневого питания высших растений / А. Ф. Тюлин. – М. : Изд-во АН СССР, 1958. – 48 с.
6. Ходаківська П.П. Основний обробіток ґрунту і продуктивність озимої пшениці / П. П. Ходаківська, Н. К. Шиманська, Е. І. Бендеревна // Вісник сільськогосподарської науки. – 1984. – № 12. – С. 17–19.
7. Фотосинтез как фактор урожая / [С. И. Лебедев, А. П. Ларин, Л. Г. Литвиненко и др.]. – К. : Наукова думка. 1965. – 204 с.
8. Шлеймович П. И. Физические свойства почв / П. И. Шлеймович. – Алма-Ата : Наука, 1973. – С. 21–161.
9. Keck R. W. Plant physiology / R. W. Keck, J. S. Boyer. – 1974.– P. 474–479.

Рассмотрены результаты изучения влияния внекорневых подкормок микроудобрениями на показатели фотосинтетической активности (листовый индекс, ЧПФ) лука репчатого при выращивании в условиях Левобережной Лесостепи Украины.

Микроудобрения, ESPO combitor, ESPO top, подкормки, листовой индекс, ЧПФ (чистая продуктивность фотосинтеза), лук репчатый.

The influence of foliar application on photosynthesis indexes and on photosynthesis efficiency of onion was studied in conditions of Left-bank Forest-Steppe of Ukraine.

Microfertilizers, EPSO combitor, EPSO top, feeding, leaf index, photosynthesis efficiency, onion.