

УДК 633.854.54(477.41/.42)

## Особливості фотосинтетичної діяльності посівів льону олійного (*Linum usitatissimum* L.) залежно від технології вирощування

А. В. Юник

Національний університет біоресурсів і природокористування України, вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, 03041, Україна, e-mail: yunikav@bigmir.net

**Мета.** Встановити закономірності фотосинтетичної діяльності й формування продуктивності посівами льону олійного за різних норм внесення мінеральних добрив та позакореневого внесення мікроелементів на чорноземах типових малогумусних Правобережного Лісостепу України. **Методи.** Під час проведення досліджень використовували загальноприйняті методики для наукових досліджень в агрономії. **Результати.** Досліджено особливості фотосинтетичної діяльності та формування продуктивності посівами льону олійного в умовах Правобережного Лісостепу. Встановлено динаміку формування площі листкової поверхні в основні періоди росту й розвитку культури. Максимальна площа листкової поверхні рослин була сформована посівами льону олійного у мікростадії ВВСН 65–67 (фаза цвітіння) на варіанті N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>115</sub> та дворазовим позакореневим внесенням комплексу мікроелементів РОСТОК Олійний й складала 31,8 тис. м<sup>2</sup>/га. Найвищі показники чистої продуктивності фотосинтезу посіви льону формують в період ВВСН 15–18 – ВВСН 55–58, передусім у варіанті N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>115</sub>. У період ВВСН 15–18 – ВВСН 55–58 вміст сухої речовини найвищий у варіантах із внесенням N<sub>120</sub>P<sub>80</sub>K<sub>140</sub>. В більш пізні фази (період ВВСН 65–67 – ВВСН 85–88) інтенсивніше накопичення сухої речовини відбувається у варіанті N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>115</sub>. Найвищу врожайність насіння льон олійний формує за внесення N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>115</sub> + РОСТОК Олійний – 2,64 т/га. Подальше збільшення норм внесення мінеральних добрив не призводить до суттєвого її підвищення. **Висновки.** Оптимальні показники фотосинтетичної діяльності посівів льону олійного забезпечує внесення N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>115</sub> + РОСТОК Олійний. Між вмістом сухої речовини та площею листкової поверхні рослин льону олійного у мікростадії ВВСН 65–67 (фаза цвітіння) встановлена пряма кореляційна залежність. Найвищу врожайність льон олійний формує за внесення мінеральних добрив у нормі N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>115</sub>. Проведення позакореневого підживлення в мікростадіях ВВСН 15–16 та ВВСН 50–52 комплексними хелатними мікродобривами «<sup>У</sup>РОСТОК» забезпечує підвищення врожайності льону олійного на 12,8 %.

**Ключові слова:** льон олійний; *Linum usitatissimum* L.; мінеральне живлення; мінеральні добрива; позакоренево підживлення; фотосинтез; суха речовина; врожайність.

### Вступ

Олійні культури є важливою статтею зовнішньої торгівлі багатьох країн і мають постійний попит на світовому та внутрішньому ринках. Тому для забезпечення продовольчої безпеки України потрібно не лише збільшувати посівні площі й врожайність культур, а й розширювати їх видовий склад, наприклад, за рахунок льону олійного, гірчиць та ін. Це дозволить розробляти та впроваджувати науково обґрунтовані збалансовані сівозміни, що є важливим для сучасного рослинництва [1].

У 2019/2020 маркетинговому році світове виробництво насіння льону може підвищитися до 2,95 млн т, що на 11 % перевищить показник поточного періоду (2,65 млн т). Зокрема, експерти прогнозують збільшення валових зборів в Казахстані. На жаль, реалії українського аграрного ринку зовсім інші: якщо у 2016 р. за обсягами виробництва льону олійного з показником 92,2 тис. т Україна посідала сьоме місце в світі, поступаючись Індії, США, Китаю, Казахстану, Канаді та Росії [2], то в 2019 р. експорт насіння льону з України зменшився на 25 % й склав 9 тис. т. Головна

Юник А. В. Особливості фотосинтетичної діяльності посівів льону олійного (*Linum usitatissimum* L.) залежно від технології вирощування. *Новітні агротехнології*. 2019. №7. URL: <http://jna.bio.gov.ua/article/view/204840>.

причина – зменшення посівів і зниження врожайності культури. Цього року посівні площі зменшилися в 3,5 раза – з 60 тис. га до 17 тис. га й було зібрано 20 тис. т насіння. Ці всі чинники «вибивають» Україну зі світового ринку.

На відміну від довгунця, льон олійний – це типова південна культура. Тому більшість наукових досліджень проводилися й проводяться в південних регіонах, залишаючи досить багато нерозв'язаних технологічних питань та проблем. При виборі сорту для вирощування в тому чи іншому регіоні необхідно враховувати його генетичний потенціал, біологічні особливості та цілі використання [3]. Більшість сучасних сортів льону олійного, які вирощуються в Україні, належать до групи різновидностей льону-кучерявця й їх потенційна врожайність складає 2,0–2,5 т/га. На думку ряду дослідників, правильний вибір сорту льону олійного має вирішальне значення для його успішного вирощування [2].

Аналіз літературних джерел свідчить, що питання використання норм внесення мінеральних добрив під льон олійний, а також застосування на посівах мікроелементів в спеціальній літературі висвітлені недостатньо, а результати дослідів досить суперечливі [4–6]. Особливий інтерес має вивчення підвищених норм внесення повного мінерального удобрення для нових сортів, так як дослідження в цьому напрямку не проводились або проводяться недостатньо. Тому питання, які поставлені нами для вивчення, є нез'ясованими і мають як наукове, так і практичне значення [7].

Азот, фосфор і калій, як основні елементи живлення рослин, неоднаково впливають на продуктивність льону олійного, а тому при визначенні норм внесення мінеральних добрив, передусім, необхідно визначити забезпеченість ґрунту елементами живлення та його властивості [8]. В. Синг, В. Мехта, П. Синг [9] рекомендують при вирощуванні льону вносити мінеральні добрива в нормі  $N_{45}P_{90}K_{120}$ .

Для нормального розвитку льону олійного необхідне забезпечення його мікроелементами, які беруть участь у багатьох фізіологічних процесах в рослинах, сприяють активності ферментів, посилюють вуглеводний обмін, підвищують інтенсивність фотосинтезу. Їх роль у живленні рослин не обмежується активізацією ферментів, вони впливають на фізичні властивості і структуру клітини, стан і розвиток кореневої системи, формування репродуктивних органів тощо. На дефіцит цинку, бору й заліза льон реагує відставанням у розвитку та рості й можуть виникати симптоми комплексного хлорозу. Бор позитивно впливає на льон як за внесення до сівби, так і в підживлення. Важливо, щоб цей елемент був в доступній формі та достатній кількості в ґрунті з перших днів розвитку культури. Таким чином, макро- та мікроелементи, внесені в оптимальній кількості, підвищують стійкість рослин до низьких температур на початку вегетації, знижують транспірацію в рослинах; підвищують водоутримуючу здатність тканин; зменшують денну депресію фотосинтезу; підвищують стійкість рослин до засухи та дії високих температур.

**Мета досліджень** – встановити закономірності фотосинтетичної діяльності й формування продуктивності посівами льону олійного за різних норм внесення мінеральних добрив та позакореневого внесення мікроелементів на чорноземах типових малогумусних Правобережного Лісостепу України.

#### **Матеріали та методика досліджень**

Дослідження проводили у 8-пільній стаціонарній зерно-просапній сівозміні кафедри рослинництва на базі ВП НУБіП України «Агрономічна дослідна станція» та в лабораторії аналітичних досліджень кафедри рослинництва протягом 2012–2014 рр. Ґрунти дослідного поля – чорноземи типові малогумусні середньосуглинкові з вмістом гумусу в орному шарі ґрунту 4,38–4,53 %, рН сольової витяжки – 6,9–7,3. До складу мінеральної твердої фази ґрунту входить 37 % фізичної глини та 63 % піску. Щільність ґрунту в рівноважному стані 1,16–1,25 г/см<sup>3</sup>, вологість стійкого в'янення – 10,8 %. Рівень залягання ґрунтових вод – 5–6 м. Дослідна станція знаходиться на території помірно-теплого, помірно-зволоженого агрокліматичного підрайону Київської області. Кількість опадів за рік становить 550 мм, за період з температурами понад +10 °С – 320 мм. Розподіл їх за періодами вегетації та інтенсивністю нерівномірний. В роки проведення досліджень спостерігалися деякі відхилення головних погодних показників від багаторічних даних, але вони, в своїй більшості, задовольняли вимоги культури до тепла та вологи. Дослідження проводили за схемою двофакторного польового дослідів. Площа загальної ділянки – 30 м<sup>2</sup>, облікової – 25 м<sup>2</sup>, повторність – чотириразова, розміщення варіантів – послідовне. Під час проведення досліджень використовували загальноприйняті методики для наукових досліджень в агрономії [10, 11].

Предмет досліджень – районований сорт льону олійного ‘Лірина’, окремі елементи технології вирощування льону. Схема досліду: фактор А – норми внесення мінеральних добрив: без добрив (контроль), N<sub>30</sub>P<sub>20</sub>K<sub>35</sub>, N<sub>60</sub>P<sub>40</sub>K<sub>70</sub>, N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>105</sub>, N<sub>120</sub>P<sub>80</sub>K<sub>140</sub>; фактор В – позакореневе підживлення комплексними мікроелементами: обприскування водою (контроль); позакореневе внесення комплексного мікродобрива «УАРОСТОК».

Сорт льону олійного ‘Лірина’, який вивчався в досліді, занесений до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні для степової і лісостепової зони. Заявник – ТОВ «ДСВ-Україна». Сорт інтенсивного типу використання, потенційна врожайність – 2,5–2,9 т/га з вмістом жиру в насінні 44,3–46,1 %, високою стійкістю до вилягання та осипання, середньостійкий до посухи та хвороб.

Хімічний склад хелатного комплексного мікродобрива «УАРОСТОК»® РОСТОК Олійний, яке використовували в досліді, наведений в таблиці 1.

Таблиця 1

Хімічний склад хелатних мікродобрив РОСТОК Олійний, г/л

Елементи	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	SO <sub>3</sub>	Fe	Mn	B	Zn	Cu	Mo
Вміст	80	-	-	33	40	4	13,4	5,4	8	3	0,15

Позакореневе внесення проводили 2 рази: 1 – у мікростадії ВВСН 15–16 (фаза «ялинки») у нормі 1,5 л/га, 2 – у мікростадії ВВСН 50–52 (початок фази бутонізації) у нормі 2 л/га. Добрива, згідно схеми досліду, безпосередньо перед обприскуванням посівів розчиняли за першого внесення у 150 л/га, другого – 200 л/га води. На контролі посіви обробляли водою у нормі відповідно 150 та 200 л/га. Технологія вирощування культури – загальноприйнята для зони Лісостепу за виключенням досліджуваних елементів.

### Результати досліджень

Фотосинтетичні показники діяльності посівів є основою для прогнозування врожайності культур і суттєво залежать як від біологічних особливостей культури, так і від екологічних факторів навколишнього середовища. Зниження фотосинтетичної активності провокує зниження врожайності насіння, і навпаки – продуктивність фотосинтезу можна підвищити за рахунок оптимізації окремих елементів технології вирощування. Надмірно велика площа листків призводить до зниження інтенсивності фотосинтезу, збільшення транспірації та інших негативних явищ. Однією з причин цього є реакція на надмірне мінеральне живлення [12].

Результати проведених нами досліджень свідчать, що площа листків льону олійного суттєво залежить від стадії росту та розвитку культури, норми внесення макро- та мікроелементів, а також погодних умов вегетаційного періоду (табл. 2).

Таблиця 2

Площа листової поверхні рослин льону олійного, тис. м<sup>2</sup>/га (середнє за 2012–2014 рр.)

Основне удобрення (А)	Позакореневе підживлення (В)	Стадії росту й розвитку рослин льону			
		ВВСН 15–18	ВВСН 55–58	ВВСН 65–67	ВВСН 75–78
Без добрив (контроль)	Контроль*	3,02	12,8	19,1	9,3
	«УАРОСТОК»**	2,98	13,4	20,2	9,8
N <sub>30</sub> P <sub>20</sub> K <sub>35</sub>	Контроль	3,25	14,3	22,6	11,6
	«УАРОСТОК»	3,26	15,1	24,2	12,3
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>70</sub>	Контроль	3,70	17,6	25,4	12,0
	«УАРОСТОК»	3,68	18,7	27,6	12,8
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>115</sub>	Контроль	4,21	19,6	29,9	12,5
	«УАРОСТОК»	4,25	20,8	31,8	13,8
N <sub>120</sub> P <sub>80</sub> K <sub>140</sub>	Контроль	4,41	20,2	31,1	13,2
	«УАРОСТОК»	4,46	21,3	32,6	13,9
	НІР <sub>0,05</sub>	0,2	0,7	1,1	0,6

\* обприскування посівів водою (контроль);

\*\* позакореневе внесення комплексного мікродобрива «УАРОСТОК».

Льон олійний досить повільно розвивається й росте в початкові періоди вегетації, а застосування мінеральних добрив сприяє більш інтенсивному розвитку листків. Нами була встановлена динаміка площі листкової поверхні в основні періоди росту й розвитку культури. В мікростадії ВВСН 15–18 (фаза «ялинка») виявлене невелике збільшення площі листків за збільшення норми внесення мінеральних добрив: в середньому, на 5–7 % з подвоєнням норми внесення добрив. В той же час, різниці між варіантами із внесенням та без внесення мікроелементів не було, що пояснюється мінімальним розривом в часі між внесенням мікроелементів та проведенням обліків.

В мікростадії ВВСН 55–58 (фаза бутонізації) найбільша площа листкової поверхні була сформована рослинами льону у варіантах із позакореневим підживленням та внесенням  $N_{90}P_{60}K_{115}$  й  $N_{120}P_{80}K_{140}$  і становила 20,8–21,3 тис. м<sup>2</sup>/га. Сформована площа листової поверхні в зазначених варіантах перевищувала показник контрольного варіанту на 8,5 тис. м<sup>2</sup>/га.

Період від початку бутонізації до кінця цвітіння (ВВСН 65–67) є особливо важливим в онтогенезі льону олійного. Саме в цей час відбувається не лише інтенсивний ріст вегетативних органів, а й найбільш інтенсивне накопичення біомаси. Формування, продуктивність і тривалість функціонування листків залежать від забезпечення посівів елементами мінерального живлення та інших чинників. Удобрені посіви поглинають сонячної енергії в 2–3 рази більше, ніж неудобрені. Проте добрива можуть по-різному впливати на процеси фотосинтезу: як стимулювати, так і пригнічувати їх [13]. Застосування позакореневого підживлення хелатами мало позитивний вплив на наростання листків по всіх варіантах удобрення із чіткою тенденцією до збільшення відсоткового впливу на більш удобрюваних варіантах (8,6 % у варіанті  $N_{60}P_{40}K_{70}$  проти 5,7 % на контролі без внесення добрив). Максимальна площа листової поверхні рослин була сформована посівами льону олійного у мікростадії ВВСН 65–67 (фаза цвітіння) на варіанті  $N_{90}P_{60}K_{115}$  та дворазовим позакореневим внесенням комплексу мікроелементів РОСТОК Олійний й складала 31,8 тис. м<sup>2</sup>/га. Подальше збільшення норми внесення мінеральних добрив не призводить до суттєвого наростання листкової поверхні.

Динаміка наростання площі листкової поверхні характеризувалася інтенсивним збільшенням до фази цвітіння й спадом у період ВВСН 75–78 (зелена стиглість), що пов'язано із зниженням фотосинтетичної активності і відтоком поживних речовин до репродуктивних органів і коренів. Таким чином, процес формування листкової поверхні може служити як показником ступеня забезпечення посівів елементами мінерального живлення, так і показником відповідності густоти посівів, фенологічних процесів, тривалості основних фаз росту й розвитку.

Формування врожаю залежить не тільки від площі листків, а й від часу їх функціонування. Тому для об'єктивної оцінки процесів фотосинтезу варто використовувати такий показник, як фотосинтетичний потенціал (ФП). На початкових стадіях значення ФП були невисокі, потім спостерігалось активне наростання листкової поверхні, що зумовлювало збільшення даного показника. Свого максимуму він досягав у мікростадії ВВСН 65–67. Підвищення показника ФП знаходилося в кореляційній залежності із збільшенням внесення мінеральних добрив, досягаючи максимуму у варіанті  $N_{90}P_{60}K_{115}$ +РОСТОК Олійний. Подальше зростання норм внесення не мало суттєвого впливу. Після мікростадії ВВСН 75–78, з відмиранням нижніх листків, відбувається поступове зниження значення ФП.

Для оцінки ефективності роботи фотосинтезуючої поверхні листків льону олійного важливим є показник чистої продуктивності фотосинтезу (ЧПФ), який показує ту кількість сухої речовини в грамах, що утворюється за добу, і в значній мірі залежить від сформованої листкової поверхні. На початку вегетації наростання біомаси йде повільно, потім темпи приросту збільшуються (табл. 3).

За результатами розрахунків, найвищі показники чистої продуктивності фотосинтезу посіви льону олійного формують в період ВВСН 15–18 – ВВСН 55–58. Саме в цей період спостерігається інтенсивне наростання листкової поверхні рослин та накопичення ними сухої речовини. Залежно від удобрення показник ЧПФ змінювався в межах 4,64–7,92 г/м<sup>2</sup> за добу й був найвищим у варіанті  $N_{90}P_{60}K_{115}$ . Подальше підвищення норм внесення макроелементів не призводить до суттєвого підвищення ЧПФ. Проведення позакореневого підживлення хелатами мікроелементів на високих агрофонах підвищує показник на 8,8–9,2 %.

На варіантах без внесення добрив (контроль) та  $N_{30}P_{20}K_{35}$  значення ЧПФ складає 4,64–5,83 г/м<sup>2</sup> за добу, що можна оцінити як добрі показники фотосинтезу, а за внесення більших норм добрив ЧПФ зростає й складає більше 6,0 г/м<sup>2</sup> за добу – такі посіви можна оцінити як дуже добрі.

**Чиста продуктивність фотосинтезу льону олійного, г/м<sup>2</sup> за добу  
(середнє за 2012–2014 рр.)**

Основне удобрення (А)	Позакореневе підживлення (В)	Період		
		ВВСН 15–18 – ВВСН 55–58	ВВСН 55–58 – ВВСН 65–67	ВВСН 65–67 – ВВСН 85–88
Без добрив (контроль)	Контроль*	4,64	2,72	1,92
	«УАРОСТОК»**	4,83	2,78	2,03
N <sub>30</sub> P <sub>20</sub> K <sub>35</sub>	Контроль	5,51	3,52	2,15
	«УАРОСТОК»	5,83	3,58	2,10
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>70</sub>	Контроль	6,23	3,88	2,75
	«УАРОСТОК»	6,78	3,98	2,81
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>115</sub>	Контроль	7,21	4,53	3,10
	«УАРОСТОК»	7,86	4,62	3,27
N <sub>120</sub> P <sub>80</sub> K <sub>140</sub>	Контроль	7,25	4,75	3,01
	«УАРОСТОК»	7,92	4,88	3,07
	НІР <sub>05</sub>	0,35	0,21	0,17

\* обприскування посівів водою (контроль);

\*\* позакореневе внесення комплексного мікродобрива «УАРОСТОК».

У період ВВСН 55–58 – ВВСН 65–67 (бутонізація–цвітіння) інтенсивність накопичення сухої речовини знижується, проте спостерігаються ті ж тенденції та залежності від системи удобрення, що й в період інтенсивного росту. Наприкінці вегетації, коли площа листків невелика, добові прирости біомаси також незначні. В цей період відбувається перерозподіл накопичених асимілянтів з листків, стебел і коренів у генеративні органи.

Максимальні показники чистої продуктивності фотосинтезу протягом вегетації на всіх варіантах удобрення були встановлені в період ВВСН 15–18 – ВВСН 55–58. За результатами оцінки кращі показники ЧПФ по всіх фазах росту та розвитку льону олійного отримані у варіанті із внесенням N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>115</sub> + РОСТОК Олійний.

Вивчення динаміки росту та накопичення сухої речовини залежно від умов вирощування та системи мінерального живлення льону олійного становить значний науковий і практичний інтерес. Суха речовина тісно пов'язана з сортовими особливостями та умовами мінерального живлення (табл. 4). Адже процеси утворення та накопичення органічної речовини є комплексним показником усіх фізіологічних та біохімічних процесів, що відбувається в рослинному організмі. Вміст сухої речовини в рослинах визначали за основними стадіями росту й розвитку рослин льону олійного. Дослідженнями встановлено, що його накопичення відбувається нерівномірно й залежить як від погодних умов, так і від рівня мінерального живлення.

У період ВВСН 15–18 – ВВСН 55–58 завдяки активному росту та розвитку рослин вміст сухої речовини збільшується більше як втричі й був найвищим у варіантах із внесенням N<sub>120</sub>P<sub>80</sub>K<sub>140</sub>. В більш пізні фази (період ВВСН 65–67 – ВВСН 85–88) інтенсивніше накопичення сухої речовини відбувається у варіанті N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>115</sub>, що пояснюється більш тривалим функціонуванням листків, менше вражених хворобами. Між вмістом сухої речовини та площею листової поверхні рослин льону олійного у мікростадії ВВСН 65–67 (фаза цвітіння) встановлено пряму кореляційну залежність. Позакореневе внесення мікроелементів сприяє збільшенню накопичення сухої речовини посівами льону від 3,86 % на варіанті без внесення добрив до 7,64 % – за внесення N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>115</sub>.

Ріст і розвиток рослин, формування та нагромадження органічної маси врожаю є наслідком взаємопов'язаних процесів обміну речовин, спрямованих на інтенсифікацію продукційних процесів. Згідно наукових досліджень і результатів виробничих перевірок в умовах Лісостепу України, підвищення урожайності сільськогосподарських культур нерозривно пов'язане з застосуванням науково обґрунтованої системи удобрення культур. Проведені нами експериментальні дослідження свідчать, що шляхом регулювання рівня мінерального живлення можна суттєво впливати на формування врожайності льону олійного (табл. 5).

**Динаміка накопичення сухої речовини посівами льону олійного залежно від факторів впливу, г/м<sup>2</sup> (середнє за 2012–2014 рр.)**

Основне удобрення (А)	Позакореневе підживлення (В)	Стадії росту й розвитку рослин льону			
		ВВСН 15–18	ВВСН 55–58	ВВСН 65–67	ВВСН 85–88
Без добрив (контроль)	Контроль*	52,5	168,2	370,5	471,2
	«УАРОСТОК»**	52,9	172,0	379,8	489,4
N <sub>30</sub> P <sub>20</sub> K <sub>35</sub>	контроль	61,3	205,4	420,6	556,0
	«УАРОСТОК»	62,0	211,3	435,9	581,2
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>70</sub>	Контроль	75,4	242,6	468,1	632,8
	«УАРОСТОК»	76,3	250,5	485,5	668,4
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>115</sub>	Контроль	79,4	254,0	530,0	698,0
	«УАРОСТОК»	80,9	265,2	558,2	751,3
N <sub>120</sub> P <sub>80</sub> K <sub>140</sub>	Контроль	83,4	261,3	536,3	711,5
	«УАРОСТОК»	85,6	273,4	562,5	758,0
НІР <sub>0,05</sub>		0,6	2,8	4,8	9,1

\* обприскування посівів водою (контроль);

\*\* позакореневе внесення комплексного мікродобрива «УАРОСТОК».

На варіанті без внесення добрив (контроль) урожайність насіння була найменшою й склала 1,09 т/га. Внесення мінеральних добрив у нормі N<sub>30</sub>P<sub>20</sub>K<sub>35</sub> забезпечило збільшення врожайності льону порівняно з контрольним варіантом на 0,49 т/га або на 45 %. За підвищення норми мінеральних добрив до N<sub>60</sub>P<sub>40</sub>K<sub>70</sub> урожайність насіння збільшується до 2,10 т/га (+1,01 т/га, або 92,7 %) порівняно з контролем.

Найвищий показник урожайності насіння отримано за внесення N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>115</sub> + РОСТОК Олійний і складає 2,64 т/га. Подальше збільшення норм внесення мінеральних добрив не призводить до суттєвого підвищення врожайності.

**Врожайність льону олійного, т/га (середнє за 2012–2014 рр.)**

Варіант удобрення	Урожайність, т/га		Прибавка врожаю	
	основне удобрення	основне удобрення + «УАРОСТОК» (В)*	т/га	%
Без добрив (контроль) (А)	1,09	1,14	0,05	4,6
N <sub>30</sub> P <sub>20</sub> K <sub>35</sub>	1,58	1,69	0,11	7,0
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>70</sub>	2,10	2,32	0,22	10,5
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>115</sub>	2,35	2,65	0,30	12,8
N <sub>120</sub> P <sub>80</sub> K <sub>140</sub>	2,43	2,70	0,27	11,1
НІР <sub>0,05</sub> (А)	0,08			
НІР <sub>0,05</sub> (В)	0,06		-	-

\* позакореневе внесення комплексного мікродобрива «УАРОСТОК».

На врожайність льону олійного значною мірою впливає проведення позакореневого підживлення мікродобривами в критичні періоди росту та розвитку рослин. Під їх впливом активізуються фізіологічні процеси, збільшується надходження й використання макроелементів на 10–15 %, зменшується враження рослин хворобами. Застосування позакорневих підживлень мікродобривами «УАРОСТОК»® підвищує врожайність насіння льону олійного на 0,11–0,29 т/га (7–12,8 %) залежно від кількості внесених макроелементів. Найвищу врожайність (2,65–2,70 т/га) за позакореневого підживлення РОСТКОМ отримано у варіантах N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>115</sub> та N<sub>120</sub>P<sub>80</sub>K<sub>140</sub>, що на 0,2–

0,30 т/га більше за показник аналогічного варіанту без позакоренових підживлень. Проте різниця у врожайності між варіантами N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>115</sub> та N<sub>120</sub>P<sub>80</sub>K<sub>140</sub> знаходиться в межах найменшої істотної різниці.

Отже, на основі одержаних результатів досліджень можна стверджувати, що двократне проведення позакоренового підживлення в критичні фази росту й розвитку рослин льону олійного (ВВСН 15–16, ВВСН 50–52) хелатними комплексними мікродобривами торгової марки «<sup>УА</sup>РОСТОК»® забезпечує оптимальні умови для формування врожаю.

### Висновки

Встановлені закономірності фотосинтетичної діяльності та формування продуктивності посівами льону олійного в умовах Правобережного Лісостепу. Найвищі показники чистої продуктивності фотосинтезу посіви льону олійного формують в період ВВСН 15–18 – ВВСН 55–58.

Оптимальні показники фотосинтетичної діяльності посівів льону олійного забезпечує внесення N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>115</sub> + РОСТОК Олійний. Між вмістом сухої речовини та площею листової поверхні рослин льону олійного у мікростадії ВВСН 65–67 (фаза цвітіння) встановлена пряма кореляційна залежність.

Найвищу врожайність льон олійний формує за внесення мінеральних добрив у нормі N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>115</sub>. Проведення позакоренового підживлення в мікростадіях ВВСН 15–16 та ВВСН 50–52 комплексними хелатними мікродобривами «<sup>УА</sup>РОСТОК» забезпечує підвищення врожайності льону олійного на 12,8 %.

### Використана література

1. Рудик А. Л., Прошина И. А. Оптимизация современного производства масличных культур в зоне рискованного земледелия. *Современные энерго- и ресурсосберегающие, экологически устойчивые технологии и системы сельскохозяйственного производства* / под ред. Н. В. Бышова. Рязань, 2013. С. 649–655.
2. Столярчук Т. А. Адаптивність льону олійного та стабільність його продуктивності в умовах Правобережного Лісостепу України : дис. ... канд. с.-г. наук : 06.01.09 / НУБіП України. Київ, 2018. 188 с.
3. Лукомец В. М., Бочкарев Н. И., Горлов С. Л., Тишков Н. М. и др. Перспективная ресурсосберегающая технология производства льна масличного. Москва : ФГНУ «Росинформагротех», 2010. 52 с.
4. Шваб С. Б., Рибак М. Ф. Вирощування олійного льону в умовах Полісся України. *Науковий вісник НАУ*. Київ, 2005. Вип. 91. С. 48–51.
5. Шпаар Д., Адам Л., Гинапп Х. та ін. Яровые масличные культуры. Минск : ФУ Аинформ, 1999. 288 с.
6. Дрозд О. М. Продуктивність нових сортів льону-довгунця і льону олійного залежно від способів сівби та системи удобрення : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук : 06.01.09 / Інститут землеробства УААН. Київ, 2005. 19 с.
7. Kalenska S., Rachmetov D., Kalenskij V. та ін. Biodyzelinas: žaliavos gamybos technologijos ir savybes. Kaunas : KORA, 2011. 98 p.
8. Ieremenko O., Kalitka V. Productivity of sunflower hybrids (*Helianthus annuus* L.) under the effect if AKM plant growth regulator in the conditions low moisture of southern Steppe of Ukraine. *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science*. 2016. Vol. 9, Iss. 9. P. 59–64. doi: 10.9790/2380-0909015964
9. Синг В., Мехта В., Синг Р. Влияние азотных и серосодержащих удобрений на урожайность льна масличного и поглощение ими элементов питания. *Технические культуры*. 1987. № 6. С. 58–61.
10. Дослідна справа в агрономії : у 2 кн. Кн. 1. Теоретичні аспекти дослідної справи / за ред. А. О. Рожкова. Харків : Майдан, 2016. 316 с.
11. Дослідна справа в агрономії : у 2 кн. Кн. 2. Статистична обробка результатів агрономічних досліджень / за ред. А. О. Рожкова. Харків : Майдан, 2016. 298 с.
12. Карпець І. П., Дрозд О. М. Якість продукції льону-довгунця і олійного за різних способів сівби й удобрення. *Вісник аграрної науки*. 2005. № 6. С. 21–24.
13. Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф. Рослинництво. Сучасні інтенсивні технології вирощування основних польових культур. Львів : НВФ «Українські технології», 2006. 730 с.

### References

1. Rudik, A. L., & Proshina, I. A. (2013). Optimization of the modern production of oil crops in the area of risky farming. In N. V. Byshov (Ed.), *Sovremennye energo- i resursosberegayushchie, ekologicheski ustoychivye tekhnologii i sistemy sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva* [Modern energy and resource saving, ecologically steady technologies and systems of agricultural production] (pp. 649–655). Ryazan: N.p. [in Russian]

2. Stoliarchuk, T. A. (2018). *Adaptyvnist lonu oliinoho ta stabilnist yoho produktyvnosti v umovakh Pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy* [The adaptiveness of flaxseed and stability of its productivity under the conditions of Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine] (Cand. Agric. Sci. Diss.). *The National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*, Kyiv, Ukraine. [in Ukrainian]
3. Lukomets, V. M., Bochkarev, N. I., Gorlov, S. L., Tishkov, N. M., Piven', V. T., Bushnev, A. S., ... Revyakin, E. L. (2010). *Perspektivnaya resursoberegayushchaya tekhnologiya proizvodstva l'na maslichnogo* [Perspective resource saving technology of flaxseed production]. Moscow: FGNU «Rosinformagrotekh». [in Russian]
4. Shvab, S. B., & Rybak, M. F. (2005). Growing flaxseed in Ukrainian Polissia. *Naukovyi visnyk NAU* [The Bulletin of National Agrarian University], 91, 48–51. [in Ukrainian]
5. Shpaar, D., Adam, L., Ginapp, H., Kratsh, G., Kalenska, S., & Lesovoy, M. (1999). *Yarovye maslichnye kul'tury* [Spring oil crops]. Minsk: FUAinform. [in Russian]
6. Drozd, O. M. (2005). *Produktyvnist novykh sortiv lonu-dovhuntsia i lonu oliinoho zalezho vid sposobiv sivyby ta systemy udobrennia* [The productivity of new varieties of long-stalk flax and oil flax as affected by the methods of sowing and system of fertilization] (Extended Abstract of Cand. Agric. Sci. Diss.). The National Scientific Center "Institute of Agriculture of NAAS", Kyiv, Ukraine. [in Ukrainian]
7. Kalenska, S., Rachmetov, D., Kalenskij, V., Junik, A., Kačura, E., Owczuk, M., ... Zaleckas, E. (2011). *Biodyzelinas: žaliavos gamybos technologijos ir savybes* [Biodiesel: technologies and properties of feedstock]. Kaunas: KOPA. [in Lithuanian]
8. Ieremenko, O., & Kalitka, V. (2016). Productivity of sunflower hybrids (*Helianthus annuus* L.) under the effect of AKM plant growth regulator in the conditions of low moisture of southern Steppe of Ukraine. *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science*, 9(9), 59–64. doi: 10.9790/2380-0909015964
9. Sing, V., Mekhta, V., & Sing, R. (1987). Influence of nitric and sulfur-containing fertilizers on the productivity of oil flax and their uptake by plants. *Tekhnicheskie kul'tury* [Industrial crops], 6, 58–61 [in Russian]
10. Rozhkov, A. O. (Ed.). (2016). *Doslidna sprava v ahronomii. Knyha 1. Teoretychni aspekty doslidnoi spravy* [Experimental aspects in agronomy. Vol. 1. Theoretical aspects of a research case]. Kharkiv: Maidan. [in Ukrainian]
11. Rozhkov, A. O. (Ed.). (2016). *Doslidna sprava v ahronomii. Knyha 2. Statystychna obrobka rezultativ ahronomichnykh doslidzhen* [Experimental case in agronomy. Book 2. Statistical processing of the results of agronomic research]. Kharkiv: Maidan. [in Ukrainian]
12. Karpets, I. P., & Drozd, O. M. (2005). Quality of products of long-stalk flax and oil flax under the different methods of sowing and fertilization. *Visnyk ahrarnoi nauky* [Bulletin of Agricultural Science], 6, 21–24. [in Ukrainian]
13. Lykhochvor, V. V., & Petrychenko, V. F. (2006). *Roslynyntstvo. Suchasni intensyvni tekhnolohii vyroshchuvannia osnovnykh polovykh kultur* [Modern intensive technologies of growing major field crops]. Lviv: NVF «Ukrainski tekhnolohii». [in Ukrainian]

УДК 633.854.54(477.41/.42)

**Юник А. В.** Особенности фотосинтетической деятельности посевов льна масличного (*Linum usitatissimum* L.) в зависимости от технологии выращивания // *Новітні агротехнології*. 2019. № 7. URL: <http://jna.bio.gov.ua/article/view/204840>.

*Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, ул. Героев Оборонь, 15, г. Киев, 03041, Украина, e-mail: yunikav@bigmir.net*

**Цель.** Установить закономерности фотосинтетической деятельности и формирования производительности посевами льна масличного при разных нормах внесения минеральных удобрений и внекорневого внесения микроэлементов на черноземах типичных малогумусных Правобережной Лесостепи Украины. **Методы.** Во время проведения исследований использовали общепринятые методики для научных исследований в агрономии. **Результаты.** Исследованы особенности фотосинтетической деятельности и формирования производительности посевами льна масличного в условиях Правобережной Лесостепи. Изучена динамика формирования площади листьев в основные периоды роста и развития культуры. Максимальная площадь поверхности листьев растений была сформирована посевами льна масличного в микростадии ВВСН 65–67 (фаза цветения) на варианте N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>P<sub>115</sub> с двукратным внекорневым внесением комплекса микроэлементов РОСТОК Масличный и составила 31,8 тыс. м<sup>2</sup>/га. Наивысшие показатели чистой производительности фотосинтеза посева льна формируют в период ВВСН 15–18 – ВВСН 55–58 и были максимальными в варианте N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>115</sub>. В период ВВСН 15–18 – ВВСН 55–58 максимальное содержание сухого вещества – в вариантах с внесением N<sub>120</sub>P<sub>80</sub>K<sub>140</sub>. В более поздние фазы (период ВВСН 65–67 – ВВСН 85–88) более интенсивное накопление сухого вещества происходит в варианте N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>115</sub>. Наивысшую урожайность семян лен масличный формирует при внесении N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>115</sub> + РОСТОК Масличный – 2,64 т/га. Последующее увеличение норм внесения минеральных удобрений не сопровождается существенным ее повышением. **Выводы.** Оптимальные показатели фотосинтетической деятельности посевов льна масличного обеспечивает внесение N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>115</sub> + РОСТОК Масличный. Между содержанием сухого вещества и площадью листьев растений льна масличного в микростадии ВВСН 65–67 (фаза цветения)



установлена прямая корреляционная зависимость. Максимальную урожайность лен масличный формирует при внесении минеральных удобрений в норме  $N_{90}P_{60}K_{115}$ . Проведение внекорневой подкормки в микростадиях BBCH 15–16 и BBCH 50–52 комплексными хелатными микроудобрениями «<sup>У</sup>АРОСТОК» обеспечивает увеличение урожайности льна масличного на 12,8 %.

**Ключевые слова:** лен масличный; *Linum usitatissimum* L.; минеральное питание; минеральные удобрения; внекорневая подкормка; фотосинтез; сухое вещество; урожайность.

UDC 633.854.54(477.41/.42)

**Yunyk, A. V.** (2019). Features of photosynthetic activity of linseed (*Linum usitatissimum* L.) depending on cultivation technology. *Novitni Agrotehnologii* [Advanced Agritechnologies], 7. Retrieved from <http://jna.bio.gov.ua/article/view/204840>. [in Ukrainian]

*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 15 Heroiv Oborony St., Kyiv, 03041, Ukraine, e-mail: yunikav@bigmir.net*

**Purpose.** To establish regularities of photosynthetic activity and formation of productivity by sowing of flaxseed under different norms of introduction of mineral fertilizers and foliar application of trace elements on the black earth of typical low humus Right-Bank Forest Steppe of Ukraine. **Methods.** In the course of the research, conventional methods for agronomic research were used. **Results.** The peculiarities of photosynthetic activity and formation of productivity of flaxseed under the conditions of the Right-Bank Forest Steppe were investigated. The dynamics of leaf area formation during the main periods of the crop growth and development have been established. The maximum area of leaf surface of plants was formed by sowing flaxseed in the micro-stage BBCH 65–67 (flowering phase) on variant  $N_{90}P_{60}K_{115}$  and two-time foliar application of the microelement complex ROSTOK Oil and amounted to 31.8 thousand  $m^2/ha$ . The highest indices of pure photosynthesis productivity of flax were formed in the period BBCH 15–18 – BBCH 55–58 and were the highest in the variant  $N_{90}P_{60}K_{115}$ . During BBCH 15–18 – BBCH 55–58, the dry matter content was the highest in the variants with the introduction of  $N_{120}P_{80}K_{140}$ . In the later phases (BBCH 65–67 – BBCH 85–88), more dry matter accumulation occurred in the  $N_{90}P_{60}K_{115}$  variant. The highest yield of seeds of flax is formed by the application of  $N_{90}P_{60}K_{115}$  + ROSTOK Oil – 2.64 t/ha. Further increase of fertilizer application rates did not lead to a significant increase of yield. **Conclusions.** Optimal indices of photosynthetic activity of flaxseed are provided by applying  $N_{90}P_{60}K_{115}$  + ROSTOK Oil. A direct correlation was established between the dry matter content and the leaf area of the flaxseed plants in the micro-stage of BBCH 65–67 (flowering phase). The highest yield of flaxseed was formed by the application of mineral fertilizers in the standard  $N_{90}P_{60}K_{115}$ . Foliar feeding at BBCH 15–16 and BBCH 50–52 microstages with <sup>U</sup>AROSTOK complex chelate microfertilizers provides 12.8% increase in the flaxseed yield.

**Keywords:** flaxseed; *Linum usitatissimum* L.; mineral nutrition; mineral fertilizers; foliar nutrition; photosynthesis; dry matter; yield.

*Надійшла / Received 10.10.2019*  
*Погоджено до друку / Accepted 21.11.2019*