УДК 633.367.003.13:631.5:
504.054 (477.4)

© 2020

ЛЮПИН ВУЗЬКОЛИСТИЙ — КУЛЬТУРА УНІВЕРСАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ У ЗОНІ ПОЛІССЯ УКРАЇНИ

В.І. Ратошнюк[1], М.М. Гаврилюк[2]
[1]кандидат сільськогосподарських наук
[2]доктор сільськогосподарських наук, академік НААН
[1]Інститут сільського господарства Полісся НААН
Київське шосе, 131, м. Житомир, 10007, Україна
[2]Інститут фізіології рослин і генетики НАН України
вул. Васильківська, 31/17, м. Київ, 03022, Україна
e-mail: [1]viktor.ratoshnyuk@ukr.net, [2]marketing@ifrg.kiev.ua

Надійшла 17.04.2020

Мета. *Дослідити особливості процесів фотосинтезу і симбіотичної азотофіксації, визначити їх вплив на рівень урожайності люпину вузьколистого і встановити можливість використання борошна та олії люпину як харчових добавок у технології приготування тіста для поліпшення біологічної цінності хлібобулочних виробів.* **Методи.** *Спеціальні і загальноприйняті методи досліджень: польовий, лабораторні (морфологічні, фізичні, хімічні, фізіологічні, радіологічні, спектрометричні), математико-статистичні (дисперсійний, регресійний, статистичний, аналітичний).* **Результати.** *Дано комплексну оцінку якості одержаного врожаю за різних елементів технології, запропоновано модель технології, яка сприяє підвищенню потенційної урожайності люпину вузьколистого і його сумішок. Доведено економічну та енергетичну доцільність впровадження розглянутих агротехнологічних заходів за різного способу вирощування культури.* **Висновки.** *Оптимізація умов мінерального живлення за рахунок унесення мінеральних добрив у нормі $N_{30-60}P_{60}K_{60}$ у поєднанні з 2-ма позакореневими підживленнями водорозчинними комплексними добривами з макро- і мікроелементами (Mg, S, B, Cu, Mn, Fe, Mo, Zn) забезпечує формування оптимальних показників площі листкової поверхні, фотосинтетичного потенціалу, накопичення сухої речовини, чистої продуктивності фотосинтезу, фотосинтетичної продуктивності рослин люпину вузьколистого, що створює передумови для одержання його максимальної продуктивності. Використання борошна та олії люпину вузьколистого як харчових добавок у технології приготування тіста поліпшує споживчі властивості та хлібопекарські якості хлібобулочних виробів.*

Ключові слова: *фотосинтез, симбіоз, урожайність, продуктивність, фази розвитку.*

DOI: https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202008-04

Докорінна перебудова системи виробничих відносин в аграрному секторі потребує постійного підвищення ефективності використання земельних угідь через збільшення виробництва високобілкової рослинницької продукції потрібної якості за високої окупності трудових та енергетичних витрат. Успішне розв'язання цієї проблеми в умовах Полісся значною мірою залежить від агроекологічного стану ґрунтового покриву, розроблення і впровадження у виробництво науково обґрунтованих технологій вирощування адаптованих до природних умов сільськогосподарських культур, зокрема люпину вузьколистого.

Вагомий вклад у розвиток агротехнологічних і біологічних основ виробництва люпину внесли вчені А.О. Бабич, М.С. Корнійчук, Н.А. Майсурян, В.Ф. Петриченко, І.П. Проскура, Д.М. Прянишников, Н.В. Солодюк. Вони довели, що ця культура за використання її в структурі сільськогосподарських угідь зберігає й істотно поліпшує родючість ґрунту і є джерелом цінного збалансованого за амінокислотним складом рослинного білка.

Ведення сільськогосподарського виробництва в умовах Полісся за останні десятиліття через відсутність впровадження науково обґрунтованих систем та внесення добрив призвело до зниження родючості ґрунтів і врожайності багатьох сільськогосподарських культур. Зі зменшенням кількості внесених органічних і мінеральних добрив слід шукати способи підвищення продуктивності агроценозів. Один із них – залучення до структури посівних площ зернобобових культур, зокрема люпину вузьколистого в одновидових посівах і сумішках.

Мета досліджень — вивчити особливості процесів фотосинтезу і симбіотичної азотофіксації, визначити їх вплив на рівень урожайності люпину вузьколистого і встановити можливість використання борошна та олії люпину як харчових добавок у технології приготування тіста для поліпшення біологічної цінності хлібобулочних виробів.

Об'єкт досліджень — процеси росту і розвитку та особливості формування урожайності і якості продукції нових сортів люпину вузьколистого на дерново-підзолистих ґрунтах Полісся залежно від способів сівби, норм висіву насіння, добрив, способів обробітку ґрунту.

Предмет досліджень — сорти люпину вузьколистого Олімп, Переможець, Грозинський 9, Віват та Віктан; чинники формування продуктивності (способи обробітку ґрунту, строки та способи сівби, норми висіву насіння і мінеральних добрив, водорозчинні комплексні добрива з мікроелементами) та гідротермічні умови періоду вегетації культури.

Матеріали і методи досліджень. Застосовували спеціальні і загальноприйняті методи досліджень: *польовий* — вивчення взаємодії об'єктів дослідження із біотичними та абіотичними чинниками в умовах досліджуваної зони; *лабораторні* (морфологічні, фізичні, хімічні, фізіологічні, радіологічні, спектрометричні) — визначення біометричних параметрів рослин, показників фізичної якості зерна, хімічного складу вегетативної маси рослин і зерна; *математико-статистичні* (дисперсійний, регресійний, статистичний, аналітичний) — визначення вірогідності даних, виявлення залежностей між досліджуваними показниками, математичного обґрунтування розміщення культури в зоні її основного виробництва.

Результати досліджень. В Україні люпин почали вирощувати на початку XX ст. на зелене добриво. Донедавна в країні посівна площа люпину становила 50 тис. га із середньою урожайністю насіння 1,0 – 1,2 т/га. Світова площа посіву люпину — 0,9 млн га, середня врожайність — 1,45 т/га. Найбільше люпину вирощують в Австралії, де його середня урожайність — понад 1,0 т/га. У структурі виробництва люпину на Австралію припадає 57,5%, Південну Америку — 25,0, Європу — 14,0, Африку — 3,0 та Північну Америку — 1% світового валового збору культури [1, 2].

З урахуванням проблеми дефіциту рослинного білка, деградації родючості ґрунтів в умовах високої вартості мінеральних і недостатньої кількості органічних добрив люпин вузьколистий серед сільськогосподарських культур заслуговує на особливу увагу. Це зумовлено його біологічними властивостями накопичувати в зерні до 34 – 45% сирого протеїну. Він має

велике агротехнічне значення — формувати високі врожаї на слабокислих і кислих ґрунтах, активно накопичувати в ґрунті біологічний азот за рахунок симбіотичної фіксації бульбочковими бактеріями, переводити важкорозчинні сполуки фосфору і калію в доступні для власного живлення [3, 4].

Узагальнені дані зарубіжних і вітчизняних учених свідчать про те, що за умови достатнього забезпечення люпину всіма факторами життя він спроможний упродовж періоду вегетації забезпечити себе біологічним азотом на 60–80% (150–250 кг/га) і накопичувати його в ґрунті в кількості 50–150 кг/га для потреб наступної культури в сівозміні [5–8]. Вартість біологічного азоту в 100–150 разів нижча за вартість технічного азоту. За цих обставин наступні рослини отримують азот без забруднення ґрунту, води і повітря [6]. Азотисті речовини, які містяться у зеленій масі люпину, під час заорювання у ґрунт розкладаються значно легше, ніж азотисті речовини гною.

Люпин має й інші властивості. Його коренева система за рахунок кислих виділень розчиняє фосфорні сполуки ґрунту, недоступні багатьом іншим культурам. Завдяки цьому в ґрунті накопичуються легкорухомі форми фосфору, які необхідні для росту і розвитку рослин та інтенсивно використовуються наступною за люпином культурою у сівозміні. Під час заорювання люпинової маси ґрунт збагачується і фосфором. Розвинена потужна коренева система спроможна проникати глибоко в підґрунтя і засвоювати поживні речовини, транспортуючи їх по коренях у верхні частини рослини, значно поповнюючи їх нестачу в орному шарі ґрунту.

Люпин — одна з культур, яку можна використовувати на зелене добриво. У насінні люпину і його вегетативних органах міститься багато білка, необхідного для годівлі сільськогосподарських тварин. Його вміст у насінні люпину становить 30–40%, у зеленій масі культури — 20–25% у перерахунку на суху речовину. В 1 кг зерна цієї культури може міститися 265–324 г перетравного протеїну. Зерно люпину, на відміну від сої, містить дуже незначну кількість інгібіторів протеолітичних ферментів трипсину і хемотрипсину, що дає змогу згодовувати його тваринам без попередньої термообробки. Отже, зернофураж люпину має значну кормову цінність [4, 6]. За вмістом незамінних амінокислот білок люпину практично не відрізняється від білка сої, має однакову біологічну цінність для комбікормової промисловості. Його собівартість найнижча серед усіх бобових культур [3].

За 2005–2019 рр. загальні площі люпину в Україні зростали з 5,4 тис. га (2006 р.) до 42,7 тис. га (2010 р.), зокрема в зоні Полісся — з 3,6 тис. га до 25,2 тис. га від-

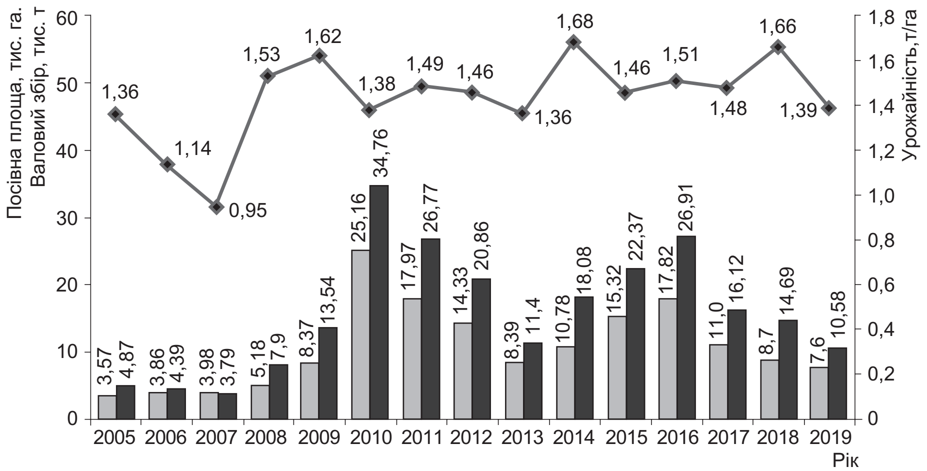

Рис. 1. Динаміка виробництва зерна люпину по регіону Полісся: — посівна площа, тис. га; — валовий збір, тис. т; — урожайність, т/га

повідно. За середньої по країні врожайності 1,06–1,83 т/га, зокрема на Поліссі — 0,95–1,68 т/га, валові збори зерна становили 6,58–60,96 тис. т в Україні та 3,79– 34,76 тис. т — зоні Полісся (рис. 1).

У 2005–2007 рр. посівні площі люпину в зоні Полісся становили лише 3,6–4,0 тис. га, валові збори зерна — 3,79–4,87 тис. т, однак, максимальну площу посіву культури — 25,2 тис. га з валовим збором зерна 34,76 тис. т отримали в 2010 р. У 2019 р. посівні площі люпину становили 7,6 тис. га, а валовий збір зерна перебував на рівні 10,58 тис. т.

На основі експериментальних даних за 2005–2019 рр. нами розроблено математичну модель залежності врожайності культури (У) від середньої температури повітря (Х) і сумарної кількості опадів за вегетаційний період (X_1), виражену рівнянням багатовимірної криволінійної регресії, коефіцієнт множинної кореляції (R) якої становив 0,951. Розрахована за рівнянням регресії урожайність по адміністративним областям наближена до фактичних даних (рис. 2).

Період з 2005 по 2019 рр. не завжди був сприятливим для вирощування люпину. Аналіз чинників погоди свідчить про те, що амплітуда коливань показників їх кількісного рівня значно перевищує абсолютні величини в окремі роки спостережень. Виявлено істотні відхилення показників погодних умов від середніх багаторічних значень.

Установлено, що на території адміністративних областей зони Полісся у 2005–2019 рр. спостерігався негативний вплив погоди на рівень урожайності люпину вузьколистого, що свідчить про наявність тісної залежності його росту і розвитку від погодних умов у період висівання, сходів рослини та формування генеративних органів і наливу зерна.

Тривалість періоду вегетації польових культур є генетично зумовленою ознакою. В однорічних культур норма реакції за цією ознакою на зміну чинників зовнішнього середовища становить 5–10%. Величина періоду вегетації та окремих етапів органогенезу сільськогосподарських культур — важливі чинники, які визначають повноту реалізації потенціалу продуктивності сорту або гібрида. Збільшення або зменшення цих періодів відповідно подовжує або скорочує термін споживання рослинами фотосинтетично активної радіації, вологи, елементів живлення.

Фенологічними спостереженнями за розвитком рослин люпину встановлено, що тривалість періоду вегетації люпину залежить і від сортових особливостей культури, строків її сівби, норм висіву насіння, унесення мінеральних добрив та гідротермічних умов року. Найістотніший вплив на тривалість етапів органогенезу рослин має сума активних температур. Так, температура ґрунту, за якої проводили висів насіння,

$$У = -4013{,}6809 + 493{,}9891 \cdot X - 14{,}7713 \cdot X^2 - 3{,}2260 \cdot X_1 + 0{,}0247 \cdot X_1^2, \quad R = 0{,}951;\ D = 90{,}4;$$

де, У — урожайність, т/га; Х — температура повітря, °С; X_1 — опади, мм

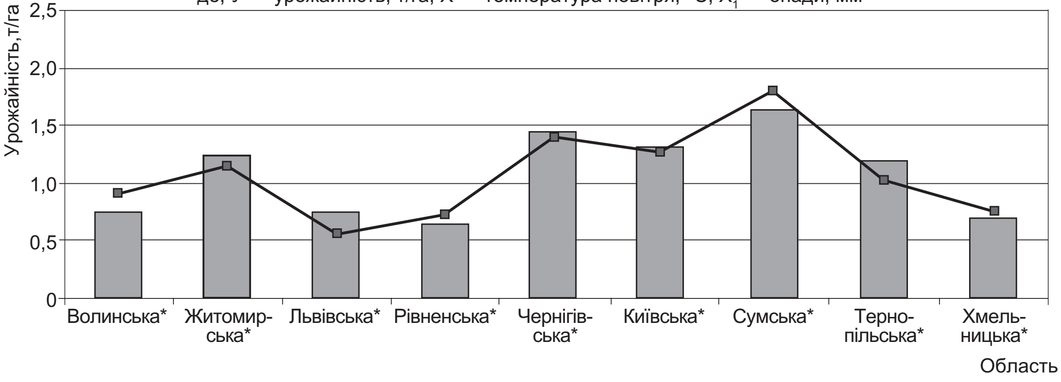

Рис. 2. Фактична та розрахункова врожайність люпину вузьколистого по адміністративних областях зони Полісся України, т/га: * — окремі райони; — фактична; — розрахована за рівнянням

істотно впливала на фази росту та розвитку рослин. За сівби культури в період, коли температура ґрунту досягла 8 °С, цей показник був найкоротшим — 12 днів [9].

Зі збільшенням норми висіву з 0,6 до 1,2 млн шт./га пришвидшувався розвиток рослин і дозрівання зерна та зменшувався вегетаційний період в усіх варіантах досліду залежно від сорту на 5–10 днів.

Унесення азотних добрив зумовлювало збільшення тривалості періоду вегетації люпину і спричиняло подовження фаз гілкування — бутонізація у посівах на 1–2 дні, бутонізація — повне цвітіння — 2, цвітіння – налив насіння — на 1 день.

Так, унесення повного мінерального живлення у нормі $N_{60}P_{60}K_{60}$ та проведення 2-х позакореневих підживлень водорозчинними комплексними добривами з мікроелементами у фазах бутонізації та початку наливу насіння сприяло збільшенню тривалості вегетаційного періоду люпину на 6–9 днів порівняно з варіантами без унесення добрив.

Завдяки фотосинтезу, який проходить у зелених листках рослин під впливом засвоюваної сонячної енергії, вуглекислого газу та води, у них утворюється 90–95% сухої речовини врожаю. Тому врожайність сільськогосподарських культур значною мірою залежить від динаміки зростання площі листкової поверхні рослин впродовж періоду вегетації.

Головним рушієм формування органічної речовини в усіх зелених рослин є процес фотосинтезу. Величина площі листкової поверхні в рослин люпину залежить від сортових особливостей, фази розвитку, густоти стеблостою, мінерального живлення тощо [10]. Установлено, що площа листків у процесі росту та розвитку рослин культури поступово збільшується, досягаючи максимальних величин у фазі початку наливу насіння. Надалі спостерігається зменшення площі листкової поверхні. За норми висіву 1,2 млн нас./га площа листкової поверхні люпину набула максимальних величин у фазі наливу насіння. У сортів Олімп, Переможець, Грозинський 9 за рядкового способу сівби (15 см) вона становила 22,8–27,9 тис. м²/га, черезрядкового (30 см) — 22,5–27,9, широкорядного (45 см) — 18,6–22,3 тис. м²/га відповідно (рис. 3).

Унесення мінеральних добрив у варіантах за різних строків, способів сівби і норм висіву насіння сприяло збільшенню площі

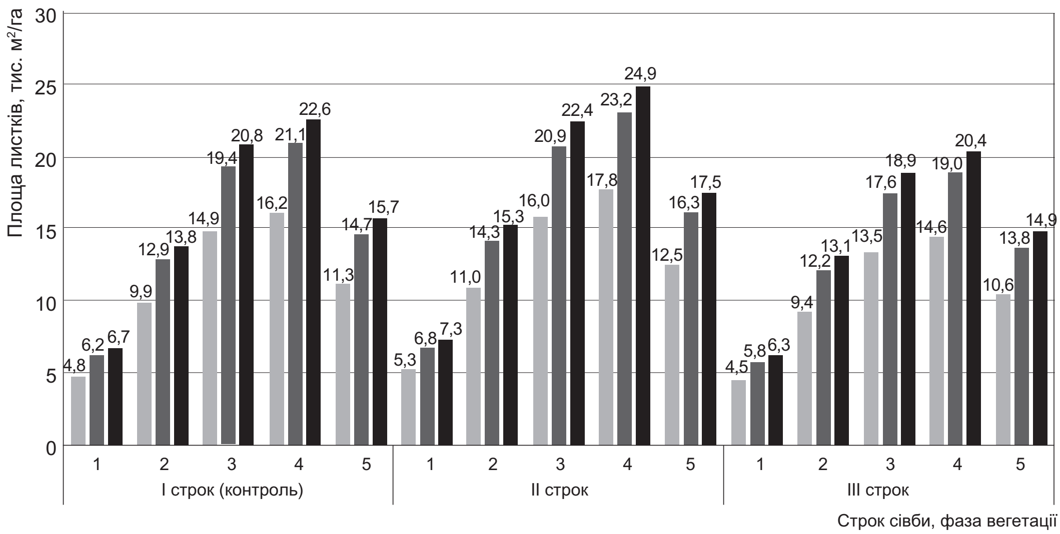

Рис. 3. Площа листкової поверхні рослин люпину вузьколистого за фазами розвитку залежно від строку, способу сівби та норми висіву насіння: — 0,6 млн шт./га; — 0,9 млн шт./га; — 1,2 млн шт./га; 1 — гілкування; 2 — бутонізація; 3 — цвітіння; 4 — налив насіння; 5 — дозрівання плодів і насіння

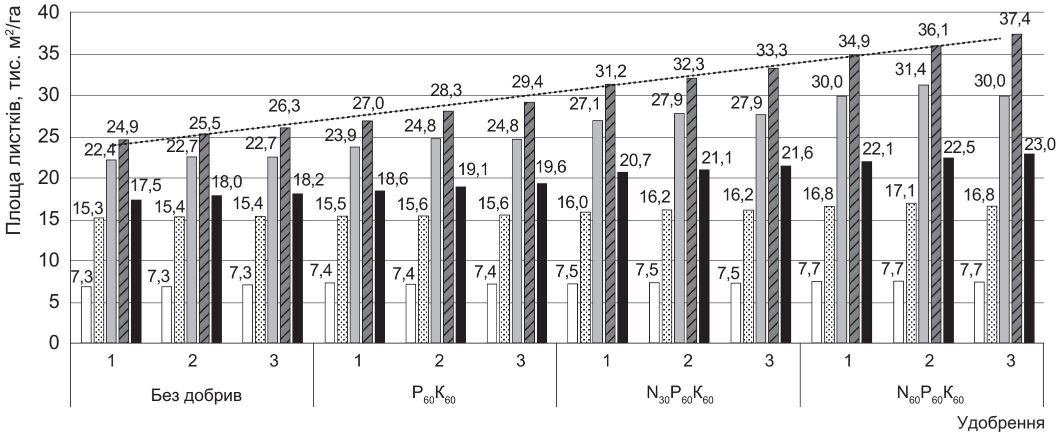

Рис. 4. Площа листкової поверхні рослин люпину вузьколистого за фазами розвитку залежно від строку сівби та удобрення; — гілкування; — бутонізація; — цвітіння; — налив насіння; — дозрівання плодів і насіння; 1 — без підживлення; 2 — одне підживлення (у фазі бутонізації); 3 — два підживлення (перше — у фазі бутонізації, друге — у фазі початок наливу насіння)

листкової поверхні в 1,5 раза порівняно з площею листкової поверхні без унесення добрив (рис. 4).

Збільшення дози внесеного азоту до N_{60} забезпечило зростання листкової поверхні люпину у сортів Олімп, Переможець та Грозинський 9 за різних строків висіву насіння до 29,0–35,4 тис. м²/га (I строк), 31,9–39,0 (II строк) та 26,1–32,0 тис. м²/га (III строк) відповідно.

На формування листкової поверхні помітно впливали і позакореневі підживлення водорозчинними комплексними добривами з мікроелементами. Відповідно до фаз розвитку культури в сортів Олімп, Переможець та Грозинський 9 вона зростала з 0,1–0,3 у фазі бутонізації до 1,2–2,5 тис. м²/га у фазі наливу насіння.

Рекомендованого показника листкового індексу (4–6 м²/м²) було досягнуто лише у варіантах із висівом 1,2 млн нас./га звичайним рядковим або черезрядковим способом сівби за внесення повного мінерального добрива $N_{30}P_{60}K_{60}$ та $N_{60}P_{60}K_{60}$ у поєднанні з 2-ма позакореневими підживленнями водорозчинними комплексними добривами з мікроелементами.

На процес формування сухої маси рослин люпину впливали строки і способи сівби, норми висіву насіння та внесення добрив. Максимальна продуктивність рослин формувалася у фазі фізіологічної стиглості насіння. За цих обставин строки і способи сівби дали можливість оцінити біологічні особливості люпину, а норми висіву насіння і норми добрив — ефективність використання фотосинтетичного потенціалу для формування високопродуктивних посівів люпину вузьколистого.

Установлено, що найбільша маса сухої речовини накопичувалася у фазі дозрівання плодів і насіння у бобах. Максимальні її значення (у сортах Олімп — 9,6 г, Переможець — 8,8, Грозинський 9 — 10,9 г) спостерігали у варіантах із нормою висіву 0,6 млн нас./га звичайним рядковим способом із шириною міжрядь 15 см за 2-го строку сівби, що на 0,6 г перевищувало зазначені показники за 1-го та на 3,3 г — за 3-го строків висіву насіння. Зміна способу сівби призводила до зменшення маси 1 рослини, яка на посівах із шириною міжрядь 30 см залежно від сорту знижувалася на 0,3–0,9 г, а за сівби на 45 см за тієї самої норми висіву — на 0,9–2,7 г.

Зміна умов мінерального живлення також істотно вплинула на формування кількості сухої маси люпину (таблиця). Виявлено, що внесення $N_{30-60}P_{60}K_{60}$ у поєднанні з 2-ма позакореневими підживленнями водорозчинними комплексними добривами з мікроелементами забезпечило зростання сухої

Накопичення сухої маси рослинами люпину вузьколистого за фазами розвитку залежно від строку сівби та удобрення на прикладі сорту Олімп (середнє за 2011–2013 рр.), г/рослину

Позакореневе підживлення	Площа листкової поверхні рослин за фазами і стадіями розвитку														
	I строк (контроль)					II строк					III строк				
	гілкування	бутонізація	цвітіння	налив насіння	дозрівання насіння	гілкування	бутонізація	цвітіння	налив насіння	дозрівання насіння	гілкування	бутонізація	цвітіння	налив насіння	дозрівання насіння
							Без добрив								
1		2,7	3,6	6,8	9,0		2,8	3,9	7,3	9,6		1,8	2,4	4,5	6,0
2	2,2	2,8	3,8	7,2	9,5	2,3	3,0	4,1	7,6	10,1	1,4	1,9	2,5	4,7	6,3
3				7,4	9,8				7,9	10,4				4,9	6,5
							$P_{60}K_{60}$								
1		3,0	4,1	7,7	10,1		3,2	4,3	8,2	10,8		2,0	2,7	5,1	6,8
2	2,5	3,2	4,3	8,1	10,7	2,6	3,4	4,6	8,7	11,5	1,6	2,1	2,9	5,4	7,2
3				8,5	11,3				9,1	12,0				5,7	7,5
							$N_{30}P_{60}K_{60}$								
1		3,3	4,5	8,5	11,2		3,5	4,8	9,0	11,9		2,2	3,0	5,6	7,4
2	2,7	3,6	4,9	9,3	12,2	2,9	3,9	5,3	9,9	13,1	1,8	2,4	3,3	6,2	8,1
3				9,8	12,9				10,4	13,8				6,5	8,6
							$N_{60}P_{60}K_{60}$								
1		3,3	4,4	8,3	11,0		3,5	4,7	8,9	11,7		2,2	2,9	5,5	7,3
2	2,7	3,4	4,7	8,8	11,7	2,8	3,7	5,0	9,4	12,5	1,8	2,3	3,1	5,9	7,8
3				9,5	12,5				10,1	13,4				6,3	8,3
HIP_{05}	0,16	0,20	0,27	0,50	0,66	0,17	0,21	0,28	0,53	0,70	0,10	0,13	0,17	0,33	0,43

Примітка. 1 — без підживлення; 2 — одне підживлення (у фазі бутонізації); 3 — два підживлення (перше — у фазі бутонізації, друге — у фазі початку наливу насіння).

маси рослин різних сортів до рівня 12,3–15,7 г/рослину.

Зі збільшенням густоти рослин і поліпшенням умов мінерального живлення максимальні показники накопичення маси сухої речовини різних сортів люпину зростали з 6,27 до 10,96 т/га за 2-го строку сівби з шириною міжрядь 15 см та нормою висіву насіння 1,2 млн шт./га. У фазі повної стиглості цей показник був більшим на 1,69–2,84 т/га за 1-го; 1,78–2,96 — 2-го та на 0,99–1,67 т/га — за 3-го строків сівби порівняно з мінімальною нормою висіву насіння 0,6 млн шт./га. За таких обставин тенденції щодо впливу строку і способу сівби на зазначений показник були подібними до тих, за якими формувалася маса 1 середньозваженої рослини.

Унесення $N_{30}P_{60}K_{60}$ та застосування 2-х позакореневих підживлень за найоптимальніших умов вирощування (висів 1,2 млн нас./га за рядкового способу сівби) забезпечило формування сухої речовини за варіантами досліду в межах 5,44–10,96 ц/га, що на 1,65–3,32 т/га більше, ніж у варіантах без унесення мінеральних добрив.

Оптимальне використання рослинами сонячної енергії залежить від площі їх листкової поверхні й тривалості активної роботи листкового апарату. Динаміка фотосинтетичного потенціалу (ФП) у люпину подібна до формування площі листкової поверхні і зростала у період фази сходи — перша пара листків до фази цвітіння та зменшувалася в період від фази повного цвітіння до повної стиглості культури. Унесення $N_{60}P_{60}K_{60}$

і проведення 2-х позакореневих підживлень водорозчинними комплексними добривами з мікроелементами сприяли формуванню ФП за варіантами досліду в межах 1,6–2,8 млн м^2·діб/га, проте зменшення дози азоту до 30 кг/га діючої речовини за ФП в межах 1,1–2,6 млн м^2·діб/га виявилося ефективнішим щодо величини врожаю.

Альтернативою мінеральному азоту на сучасному етапі є біологічний азот, фіксація якого з повітря може бути визначальним чинником у розв'язанні проблеми стабілізації урожайності зернобобових культур.

Симбіотична азотофіксація культури люпину вузьколистого має велике значення у розв'язанні проблеми рослинного білка, біологізації землеробства, збереження і підвищення родючості ґрунту [11, 12]. Процес засвоювання атмосферного азоту певною мірою залежить від активності бульбочкових бактерій. На формування бульбочок у рослин люпину вузьколистого впливали основні агротехнологічні заходи. Максимальна їх кількість на коренях сформувалася у фазі початку наливу насіння (рис. 5).

Найбільше бульбочок, кількість яких за висіву 0,6 млн нас./га становила 30,3–34,8 шт./рослину, що на 5–7 % перевищувало показники за норми висіву 0,9 млн нас./га та на 19–20% — за норми висіву 1,2 млн нас./га, утворилося у фазі початку наливу насіння люпину за сівби культури звичайним рядковим способом у ґрунт, температура якого досягла рівня 8°С [13]. Збільшення норми висіву посівного матеріалу з 0,6 млн шт./га до 1,2 млн шт./га позитивно впливало на загальну кількість утворених бульбочок на коренях рослин і на їх активну форму. Крім того, установлено, що за сівби насіння з міжряддями 30 і 45 см зменшувалася кількість бульбочок на коренях культури порівняно з її висівом рядковим способом на 15 см.

Важливим чинником впливу на активність бульбочкових бактерій є норми та строки внесення добрив під час проведення дослідів. Унесення фосфорних і калійних добрив позитивно впливало на формування кількості бульбочок на коренях рослин люпину, сівбу якого проводили звичайним рядковим способом за норми 0,6 та 0,9 млн нас./га. При цьому показники загальної кількості бульбочок перевищували показники загальної кількості бульбочок у варіанті без добрив на 3,8–5,5 шт. за 1-го та на 4,0–5,8 шт. — за 2-го строків сівби. За мінімальної норми висіву насіння (0,6 млн нас./га) у досліджуваних сортів у фазі наливу насіння вони були на рівні 31,3–36,0 шт. за 1-го строку сівби, 34,3–39,7 шт. — 2-го та 28,3–32,4 шт. — за 3-го строків сівби.

Рис. 5. Бульбочки з бактеріями на кореневій системі люпину вузьколистого

У варіантах із висівом 1,2 млн нас./га із застосуванням фосфорних і калійних добрив рослинами у фазі початку наливу насіння було сформовано 25,8–29,7 бульбочок на рослину за 1-го та 27,4–31,6 шт. — за 2-го строків сівби рядковим способом. Висів насіння із міжряддями 30 і 45 см на зазначеному фоні удобрення став причиною зменшення кількості бульбочок відповідно до 23,8–27,1 шт. і 25,8–29,7 шт. за 1-го та 25,8–23,5 і 24,8–28,0 шт./рослину за 2-го строків сівби.

Унесення N_{30} та N_{60} на фоні $P_{60}K_{60}$ зменшувало кількість біологічно фіксованого азоту на 36 і 42%, що негативно впливало на формування симбіотичного апарату рослин люпину. Позитивно діяли на формування кількості бульбочок у рослин позакореневі підживлення водорозчинними

комплексними добривами з мікроелементами (Mg, S, B, Cu, Mn, Fe, Mo, Zn).

Максимальна кількість загальних бульбочок і обсяг їх активних форм у різних сортів люпину (Олімп — 31,7–40,5 загальних та 18,5–22,8 активних шт./рослину, Переможець — 29,9–37,9 загальних і 17,6–21,5 активних шт./рослину, Грозинський 9 — 34,8–44,1 загальних та 20,0–24,5 активних шт./рослину), які досягли фази початку наливу насіння, формувалися на посівах 2-го строку сівби звичайним рядковим способом із шириною міжрядь 15 см на фоні внесення фосфорних і калійних добрив ($P_{60}K_{60}$) у поєднанні з позакореневими підживленнями.

Експериментально встановлено, що динаміка наростання маси загальних та активних бульбочок упродовж вегетаційного періоду люпину залежала від технологічних заходів і була аналогічною динаміці формування їх кількісних показників у різні фази росту та розвитку рослин.

Максимальні показники маси бульбочок на коренях люпину в сортів Олімп (667–908 мг/рослину загальних та 337–449 мг/рослину активних), Переможець (612–826 загальних та 306–408 активних), Грозинський 9 (755–1010 загальних та 377–500 мг/рослину активних) формувалися у фазі початку наливу насіння за внесення $P_{60}K_{60}$ у поєднанні з 2-ма позакореневими підживленнями водорозчинними комплексними добривами з мікроелементами Новалон Фоліар за висіву 1,2 млн нас./га. Найбільша кількість загальної маси бульбочок та активна їх частка на рослинах утворювалися за 2-го строку сівби.

Установлено, що впродовж вегетації люпину кількість азоту, фіксованого бульбочковими бактеріями у варіантах досліду, варіювала з 28,6–65,4 кг/га за норми висіву 0,6 млн нас./га до 49,3–112,3 кг/га за норми висіву 1,2 млн нас./га.

Частка симбіотично фіксованого азоту, задіяна у формуванні врожаю люпину вузьколистого, у зазначених варіантах варіювала з 50,2–73,1% — на контролі (за сівби 0,6 млн нас./га) до 63,0–90,0% із застосуванням моделі технології, яка передбачає висів 1,2 млн нас./га (з максимальним значенням 87,9–90,0% — за 3-го строку сівби). На посівах із шириною міжрядь 30 та 45 см незалежно від строків сівби частка фіксованого азоту була меншою порівняно з часткою фіксованого азоту за рядкового способу сівби з міжряддям 15 см.

Отже, люпин вузьколистий здатний частково залежно від норм, строків і способів сівби та удобрення задовольняти свої потреби в азоті за рахунок симбіотичної азотофіксації. У разі вирощування люпину вузьколистого за моделлю технології, що передбачає висівання 0,9 млн нас./га в 2-й строк із шириною міжрядь 15 см, складаються найсприятливіші умови для формування максимальних значень фотосинтетичної продуктивності посівів, а із застосуванням моделі з нормою висіву 1,2 млн нас./га формуються найвищі рівні азотофіксації. Ця культура не потребує удобрення азотом на родючих ґрунтах і за вирощування після удобрених попередників.

Одним із завдань щодо створення повноцінного екологічного харчування є використання нових рослинних джерел білка. Нині в харчовій промисловості широко використовують продукти переробки бобових культур як білкових збагачувачів. Люпин є однією із перспективних культур серед інших бобових і заслуговує особливої уваги.

У своєму складі вітчизняні сорти містили 35,9–39,2% білка та 5,8–6,4% олії. При цьому найбільшу кількість білка (39,2%) містив сорт Олімп, а найбільшу кількість олії (6,4%) – сорт Віват. Люпинова олія містить жирні кислоти, які поділяються на 3 групи: насичені — міристинова, пальмітинова, стеаринова, ейкозанова та бегенова; мононенасичені — пальмітолеїнова, олеїнова; поліненасичені — лінолева, ліноленова кислоти. У складі олії виявлено високий уміст поліненасичених жирних кислот (ПНЖК). Співвідношення ПНЖК до суми ненасичених жирних кислот для ліпідів насіння люпину становило 1,8–2,2, а ненасичених жирних кислот до кількості насичених — 3,6–4,1. Особливістю олій люпину з досліджуваних сортів є високий сумарний уміст лінолевої і ліноленової кислот (36,44–43,54 %).

У харчовій промисловості нині широкого використання набувають продукти переробки бобових культур як білкових збагачувачів. Використання люпинового борошна в хлібопекарській та кондитерській галузях

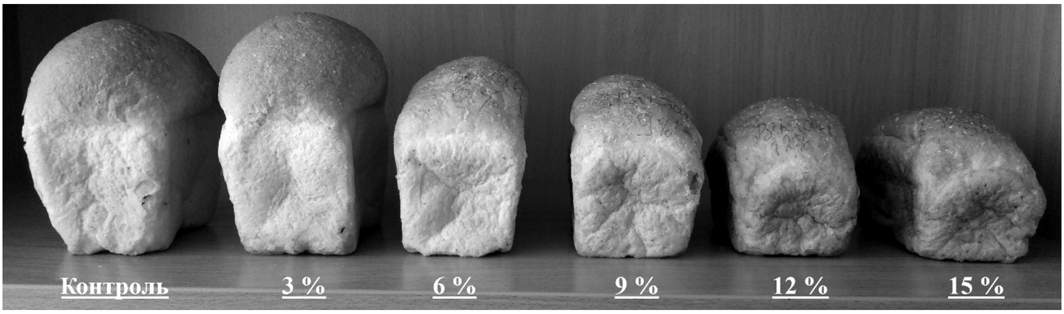

Рис. 6. Об'єм хліба за додавання 3; 6; 9; 12 і 15% борошна люпину вузьколистого

3–6% у загальній суміші борошна поліпшило якість хлібобулочних виробів. Дозування люпинового борошна в складі пшеничного не більше 6% до загальної маси борошна виявилося оптимальним щодо забезпечення належних структурно-механічних властивостей тіста та необхідного підвищення біологічної цінності хліба (рис. 6) [14].

Додавання 3% люпинового борошна до складу пшеничного позитивно вплинуло на формування об'єму хліба, який на 26–118 мл перевищував контроль та зростав до 916–1008 мл із загальною хлібопекарською оцінкою 7,1–8,2 бала за 7-баловою оцінкою на контролі.

Додавання 6–15% люпинового борошна до пшеничного для виробництва бісквітного напівфабрикату в 2,0–2,5 раза збільшує час утворення тіста та показник його розтяжності. При цьому співвідношення пружності тіста до його розтяжності в різних сортів перебуває на рівні 1,9–2,3 — за 6 %-ої кількості борошна бобової культури, 2,5–3,1 — 9% його вмісту, 3,1–4,6 — 12% та 4,0–5,2 — за 15% кількості борошна люпину вузьколистого. Водночас за додавання 3% кількості борошна люпину цей показник становив 1,4–1,5, у контрольному варіанті, де використовували борошно пшениці озимої сорту Подолянка, — 1,1.

Зазначені показники слід вважати визначальними під час формування об'єму використання борошна люпину на етапі замісу тіста для виготовлення бісквітного напівфабрикату, що сприяє оптимізації технологічного процесу.

Висновки

Для сортів Олімп, Переможець та Грозинський 9 унесення $N_{30}P_{60}K_{60}$ у поєднанні з позакореневими підживленнями комплексними добривами з макро- і мікроелементами у фазі бутонізації та початку наливу насіння у посівах 2-го строку сівби рядковим (15 см) і черезрядковим (30 см) способами з нормою висіву 1,2 млн нас./га забезпечує формування оптимальних сукупних показників для росту й розвитку рослин люпину — площі листкової поверхні (30,4–41,9 і 30,6–42,4 тис. м^2/га), фотосинтетичного потенціалу (2,0–2,6 та 2,1–2,7 млн м^2/га), накопичення сухої речовини (6,27–10,96 і 5,69–10,10 т/га), чистої продуктивності фотосинтезу (6,2–7,1 та 5,5–6,2 г·м^2/добу), фотосинтетичної продуктивності (1203–1403 і 1031–1201 г/1000 од. ФП) та створює умови для одержання високої урожайності зерна (2,51–3,07 і 2,24–2,76 т/га відповідно).

Люпин вузьколистий залежно від варіантів технології вирощування здатний формувати 428,4–1009,8 кг/га сирих бульбочок (з них активних —244,8–499,8 кг/га) та фіксувати з атмосфери 138,2–168,9 кг/га азоту, що частково на 50,2–90,0% (у варіанті без добрив) та 82,0–96,1% (у варіанті 2-го строку сівби з нормою висіву 1,2 млн нас./га звичайним рядковим способом за внесення $P_{60}K_{60}$ у поєднанні 2-ма позакореневими підживленнями) задовольняє потреби рослин в азоті. Підвищення урожайності зерна до рівня 2,43–3,07 т/га

потребує додаткового внесення мінерального азоту в дозі 30 кг/га діючої речовини.

Використання люпинового борошна в хлібопекарській і кондитерській галузях поліпшує якість хлібобулочних виробів. Найкращий ефект від додавання борошна люпину вузьколистого до рецептурної пшеничної борошняної суміші забезпечила доза 3%, за якої об'єм хліба зростав до 910–1010 мл із загальною хлібопекарською оцінкою 7,0–8,1 бала за 7-баловою оцінкою на контролі. Додавання 6–15 % люпинового борошна до пшеничного для виробництва бісквітного напівфабрикату в 2,0–2,5 раза збільшує час утворення тіста та показник його розтяжності.

Ratoshniuk V.[1], Havryliuk M.[2]
[1]Institute of Agriculture of the Polissia of NAAS, 131 Kyivske shose, Zhytomyr, 10007, Ukraine, [2]Institute of Plant Physiology and Genetics of the NAS of Ukraine, 31/17 Vasylkivska, Kyiv, 03022, Ukraine; e-mail: viktor.ratoshnyuk@ukr.net, [2]marketing@ifrg.kiev.ua

Lupinus angustifolius — the culture of universal use in the Polissia area of Ukraine

Goal. To study the features of photosynthesis and symbiotic nitrogen fixation, and to determine their impact on the level of the yield of lupine as well as to establish the possibility to use lupine flour and oil as food additives in the technology of dough preparation to improve the biological value of bakery products. **Methods.** Special and generally accepted research methods: field, laboratory (morphological, physical, chemical, physiological, radiological, spectrometric), mathematical and statistical (dispersion, regression, statistical, analytical). **Results.** The complex assessment of the quality of the received crop at different elements of technology is given, the model of the technology which promotes an increase of potential productivity of lupine and its mixes is offered. The economic and energy expediency of the introduction of the considered agrotechnological measures in different way of cultivation of culture is proved. **Conclusions.** Optimization of mineral nutrition conditions by applying mineral fertilizers in the norm of $N_{30-60}P_{60}K_{60}$ in combination with 2 foliar fertilization with water-soluble complex fertilizers with macro- and microelements (Mg, S, B, Cu, Mn, Fe, Mo, Zn) provides the formation of optimal indicators of the area of leaf surface, photosynthetic potential, dry matter accumulation, net productivity of photosynthesis, photosynthetic productivity of plants of Lupinus angustifolius, which creates the preconditions for obtaining its maximum productivity. The use of lupine flour and oil as food additives in the technology of dough preparation improves the consumer properties and baking qualities of bakery products.

Key words: *photosynthesis, symbiosis, yield, productivity, phases of development.*

DOI: https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202008-04

Бібліографія

1. *Бабич А.О.* Світові земельні, продовольчі і кормові ресурси. Київ: Аграрна наука, 1996. 570 с.
2. *Reyna J., Gomez-Sanchez I., Ildefonso G.* Comparative biological evaluation of the protein quality of traditional andean food. *Lupin, an ancient crop for the new Millenium*: *Proceedings of the 9-th International Lupin Conference*. Auburn University: Auburn, 2000. P. 283–302.
3. *Пида С.В.* Значення люпину в біологічному землеробстві. *Агроекологічний журнал*. 2002. № 4. С. 39–45.
4. *Солодюк Н.В., Кравченко Л.О., Короленко О.І.* та ін. Ефективність люпинової сидерації *Зб. наук. праць Інституту землеробства УААН*. Київ: Фітосоціоцентр, 2004. Вип. 1. С. 38–43.
5. *Люпин*; за ред. І.П. Проскури. Київ: Урожай, 1999. 139 с.
6. *Дейсан М. М., Дідківський М. П., Ратошнюк І. Ю.* та ін. Методичні рекомендації з вирощування люпину вузьколистого на корм і насіння Інститут сільського господарства Полісся НААН, Житомир. 2013. 36 с.
7. *Feldheim W.* The use of lupins in human nutrition. *Lupin, an ancient crop for the new Millenium*; ed.: E. Van Santen, M. Wink, S. Weissmann, P. Romer. Proceedings of the 9-th International Lupin Conference. Auburn University: Auburn, 2000. P. 434–437.
8. *David & Jacqui McNaughton*. Production & Utilisation of Lupins in the UK. Fareham. 2003. P. 9.
9. *Ратошнюк В.І.* Шляхи підвищення продуктивності люпину вузьколистого в умовах радіоактивного забруднення районів зони Полісся. *Електронний журнал «Наукові доповіді НУБіП України»*. 2017. № 66 (квітень), URL: http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/issue/view/339
10. *Ничипорович А.А.* Фотосинтез и урожай. Москва: Знание, 1996. 270 с.

11. *Петриченко В.Ф., Чоловський Ю.М.* Продуктивність люпину вузьколистого залежно від моделей технологій вирощування в Правобережному Лісостепу України. *Корми і кормовиробництво.* 2008. Вип. 60. С. 43–50.

12. *Bahmat M.I., Mazur V.A., Didur I.M.* et al. Bioenergy efficiency of the usage of biopreparations for the growth of white lupine in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology.* 2018. V. 8(3). P. 203–208.

13. *Ратошнюк В.І.* Формування загального та активного симбіотичного потенціалу люпину вузьколистого залежно від елементів технології вирощування. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України.* Серія «Агрономія». 2016. Вип. 235. С. 109–120.

14. *Ратошнюк В.І.* Доцільність використання продуктів переробки безалкалоїдного люпину для підвищення харчової і біологічної цінності хлібобулочних виробів. *Електронний журнал «Наукові доповіді НУБіП України»*. 2017. № 4 (68). URL: http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/9115

ОГОЛОШЕННЯ

НАЦІОНАЛЬНА НАУКОВА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКА БІБЛІОТЕКА НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ

оголошує конкурсний прийом у 2020 р. в аспірантуру та докторантуру за спеціальністю 032 – Історія та археологія

Вступники до **аспірантури** подають такі документи:

1. Заяву на ім'я директора наукової установи.
2. Особовий листок з обліку кадрів, засвідчений печаткою тієї установи, в якій вступник до аспірантури навчається або працює.
3. 2 фотокартки 3×4.
4. Автобіографію.
5. Список опублікованих наукових праць і винаходів; ксерокопії опублікованих статей/тез (за наявності) або дослідницьку пропозицію з обраної спеціальності.
6. Медичну довідку про стан здоров'я за формою № 086/о.
7. Засвідчену копію диплома про закінчення вищого навчального закладу.
8. Рекомендацію вченої ради вищого навчального закладу або наукової установи (за наявності).
9. Копію довідки про присвоєння ідентифікаційного коду.
10. Копію паспорта.
11. Міжнародний сертифікат з іноземної мови, який засвідчує рівні С1–С2 (за наявності).
12. Паперову папку-швидкозшивач.

Особи, які вступають до **докторантури**, подають такі документи:

1. Заяву на ім'я директора бібліотеки.
2. Особовий листок з обліку кадрів з фотокарткою, завірений за місцем роботи.
3. 2 фотокартки 3×4.
4. Автобіографію.
5. Список опублікованих наукових праць і винаходів, завірений за місцем роботи.
6. Медичну довідку про стан здоров'я за формою № 086/о.
7. План-проспект докторської дисертації.
8. Письмову характеристику наукової діяльності вступника, написану передбачуваним науковим консультантом.
9. Лист-направлення від організації (або витяг із засідання вченої ради установи чи кафедри) з рекомендацією до вступу в докторантуру з характеристикою наукової діяльності, підписаний керівником установи, яка направляє на навчання.
10. Копію диплома про вищу освіту.
11. Копії документів про науковий ступінь, вчене звання, завірені за місцем роботи.
12. Копію паспорта та ідентифікаційного коду.
13. Паперову папку-швидкозшивач.

Документи приймаються з 23 липня до 23 серпня поточного року.
Паспорт і диплом про вищу освіту подаються особисто.
Документи подавати або надсилати за адресою:
03127, м. Київ, вул. Героїв Оборони, 10.
Довідки за телефоном: 258-21-42.