

## ВПЛИВ ЗАСТОСУВАННЯ КОМПЛЕМЕНТАРНИХ ШТАМІВ БУЛЬБОЧКОВИХ І ФОСФАТМОБІЛІЗУВАЛЬНИХ БАКТЕРІЙ НА НАСІННЄВУ ПРОДУКТИВНІСТЬ ЛЮЦЕРНИ

**ГОЛОБОРОДЬКО С.П.** – доктор сільськогосподарських наук, професор  
<https://orcid.org/0000-0002-6968-985X>

Інститут зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України

**ДИМОВ О.М.** – кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник  
<https://orcid.org/0000-0002-7839-0956>

Інститут зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України

**ІУТИНСЬКА Г.О.** – доктор біологічних наук, професор, член-кореспондент  
Національної академії наук України

<https://orcid.org/0000-0001-6692-1946>

Інститут мікробіології і вірусології імені Д.К. Заболотного

Національної академії наук України

**ТИТОВА Л.В.** – кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник

<https://orcid.org/0000-0003-3131-4355>

Інститут мікробіології і вірусології імені Д.К. Заболотного

Національної академії наук України

**Постановка проблеми.** У сучасному польовому й лучному кормовиробництві розвинутих країн Європейського Союзу, а також США, Канади й Австралії разом з інтенсивним використанням мінерального азоту, за стабільного його виробництва, широко ведуться наукові дослідження з пошуку способів подальшого підвищення частки симбіотичного азоту, фіксованого багаторічними бобовими травами і передусім люцерною у симбіозі з бульбочковими бактеріями [1]. Динаміка азотфіксації люцерною, конюшиною лучною й лядвенцем рогатим досконало вивчена в університеті штату Міннесота в США із застосуванням ізотопного методу. Дослідженнями встановлено, що найбільша фіксація атмосферного азоту виявлена у люцерни, а саме 15,9 г/м<sup>2</sup>, проти 11,9 у конюшини лучної та 10,6 г/м<sup>2</sup> у лядвенцю рогатого. Загальна кількість азоту, фіксованого люцерною в штаті Нью-Йорк, склала 230–290 кг/га на рік, штаті Кентуккі – 210, а в штаті Міннесота – 150 кг/га проти 180 кг/га азоту, фіксованого конюшиною лучною і 130 кг/га, фіксованого конюшиною білою.

Отже, збільшення посівних площ люцерни на сучасному етапі розвитку сільського господарства має базуватись на використанні селекційних сортів нового покоління, які в умовах глобальної та регіональної зміни клімату сприяють підвищенню фіксації симбіотичного азоту з атмосфери. При цьому вирощування високопродуктивних сортів люцерни на насіння має проводитись в найбільш сприятливій природно-кліматичній зоні Степу за умов поліпшення матеріально-технічної бази галузі насінництва та удосконалення його організації на державному й регіональному рівнях [2].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Аналіз історичного шляху розвитку галузі землеробства у розвинутих країнах світу свідчить про те, що отримання високої продуктивності сільськогосподарських культур досягається шляхом удосконалення структури посівних площ та підвищення родючості ґрунтів, тому основним напрямом наукових досліджень у сучасних умовах

господарування має бути вивчення процесів накопичення органічної речовини й фіксації симбіотичного азоту бобовими багаторічними травами за інокуляції насіння новими, ефективнішими штамми бульбочкових бактерій.

На зміну складу ґрунтового мікробіоценозу істотно впливає його азотфіксувальна здатність [3; 4]. При цьому ефективність азотфіксації симбіотичної системи «бобова рослина – бульбочкові бактерії» визначається наявністю у бульбочкових бактерій цілого комплексу таких симбіотичних ознак [5]:

- нодуляційна активність – здатність бульбочкових бактерій входити в контакт з кореневою системою бобових рослин, проникати в тканини коріння, розмножуватися в них та індукувати утворення бульбочок;

- специфічність – здатність вступати в ефективний симбіоз з певним набором сортів та видів бобових рослин;

- конкурентоспроможність – здатність внесеного в ґрунт певного штаму бульбочкових бактерій утворювати бульбочки за присутності інших штамів того ж виду;

- азотфіксувальна активність – здатність зв'язувати азот атмосфери за допомогою спеціальної ферментативної системи та перетворювати його на іони амонію;

- ефективність – здатність збільшувати урожай і вміст білка у бобовій рослині-господаря за рахунок передачі рослині фіксованого азоту та синтезованих біологічно активних речовин.

Отже, під час вирощування зернобобових культур і багаторічних бобових трав велике значення має застосування нових бактеріальних препаратів на основі бактерій родів *Sinorhizobium*, *Rhizobium*, особливо якщо бобові рослини вперше висіваються на цьому типі ґрунту. При цьому інокуляцію насіння бобових рослин доцільно проводити більш активними штамми ризобій, оскільки спонтанні штами, особливо на дерново-підзолистих та осолонцюваних ґрунтах, мають знижену активність.

Важливою особливістю азотфіксувальних мікроорганізмів є їх велика потреба в мікроелементах, насамперед у борі та молібдені [6]. За нестачі бору в живильному середовищі спостерігається порушення анатомічної будови рослин, передусім слабкий розвиток ксилеми, роздрібненість флоєми основної паренхіми та дегенерація камбію. Разом із наведеним суттєвий вплив бор чинить на процеси запліднення, проростання пилку, опадання зав'язей та посилення інтенсивного розвитку генеративних органів бобових багаторічних трав загалом.

**Матеріали та методика досліджень.** Завданням наукових досліджень було встановлення впливу інокуляції насіння люцерни новим комплементарним бактеріальним препаратом Ековітал та позакореневого підживлення борним мікродобривом Авангард Р Бор на формування урожаю насіння люцерни у різні за забезпеченістю опадами роки. Польовий дослід з удосконалення енергоощадної технології вирощування люцерни на насіння проводили на неполивних землях ДП «ДГ «Копані»» Інституту зрошувального землеробства НААН. Ґрунт дослідного господарства темно-каштановий середньосуглинковий, глибина гумусного шару становить 45–50 см. Вміст гумусу (за Тюрнімом) у 0–20 см шарі складає 2,34%, у шарі 20–40 см – 2,02%, нітратного азоту (за Грандваль-Ляжу) – 8,0–12,3 мг на 1 кг ґрунту, рухомого фосфору (за Мачигінім) – 24,2–36,3, а обмінного калію (на полуменовому фотометрі) – до 330–413 мг/кг ґрунту.

Закладання двофакторного польового дослідження проводили методом розщеплених ділянок, де ділянки першого порядку – інокуляція насіння люцерни сорту Анжеліка мікробним препаратом Ековітал, субділянки – позакоренево підживлення висококонцентрованим мікродобривом Авангард Р Бор гектарною нормою 1,0 л/га. Площа посівної ділянки складає 60 м<sup>2</sup>, облікової – 20 м<sup>2</sup>. Повторність чотириразова.

Передпосівну інокуляцію насіння люцерни сорту Анжеліка проводили комплементарним препаратом Ековітал для люцерни, створеним в Інституті мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України на основі симбіотичних азотфіксувальних бактерій *Sinorhizobium meliloti* УКМ В-6076 та фосфатмобілізувальних бактерій *Bacillus megaterium* УКМ В-5724. Гектарна норма внесення препарату на 1 га становила 150 мл.

Вологість ґрунту визначали термостатно-ваговим методом. Зразки ґрунту відбирали пошарово, через 10 см, у триразовій повторності. Баланс продуктивної вологи, сумарне водоспоживання насінневої люцерни за міжфазними періодами й загалом за вегетаційний період у 0–100 см шарі ґрунту визначали за О.М. Костяковим [7].

Протягом вегетаційного періоду насінневої люцерни сорту Анжеліка встановлювали вплив регіональної зміни клімату на проходження продукційних процесів за основними фазами росту й розвитку культури, таких як початок відростання, початок бутонізації, початок цвітіння, масове цвітіння та дозрівання насіння.

Ступінь забезпеченості насінневої люцерни вологою протягом її вегетаційного періоду визначали за міжфаз-

ними періодами, такими як початок відростання – початок бутонізації (Пв – Пб); початок бутонізації – початок цвітіння (Пб – Пц), початок цвітіння – масове цвітіння (Пц – Мц), масове цвітіння – дозрівання насіння (Мц – Дн), які встановлювали за показниками випаровуваності (Ео, мм), дефіциту вологозабезпечення (ΔЕо, мм) та коефіцієнта зволоження (К<sub>з</sub>) за Н.Н. Івановим [8]. Метеорологічні показники наведено за даними спостережень в Україні та метеорологічної станції м. Херсон [9; 10; 11].

Визначення структури урожаю за варіантами польового дослідження виконували за М.А. Бурнашовою [12], статистичний аналіз врожайних даних проводили за В.О. Ушкаренком, Р.А. Вожеговою, С.П. Голобородьком, С.В. Коковініним [13]. Облік урожаю насіння люцерни сорту Анжеліка за варіантами польового дослідження проводили за 100% дозрівання насіння в бобах.

Економічну ефективність вирощування люцерни на насіння розраховували за фактичними витратами, які передбачалися технологією вирощування культури. Під час визначення економічної ефективності брали до уваги загальноприйняті показники, такі як вартість отриманого урожаю, виробничі витрати, собівартість, умовно чистий прибуток, рівень рентабельності.

Енергетичну ефективність вирощування люцерни на насіння в умовах природного зволоження (без зрошення) визначали за О.К. Медведовським, П.І. Іваненком [14]. Визначення енергетичних витрат за варіантами польового дослідження проводили шляхом складання технологічних карт із використанням в ДП «ДГ «Копані»» ІЗЗ НААН прийнятих норм виробітку та енергетичних еквівалентів 1 години експлуатаційного часу. Загальні витрати сукупної енергії й вихід з 1 га валової та обмінної енергії визначали за енергетичними еквівалентами, рекомендованими для застосування в Україні.

**Результати досліджень.** Насіннева продуктивність люцерни є надзвичайно складною складовою частиною репродукційного процесу, що істотно залежить від гідротермічних умов вегетаційного періоду культури, біологічних особливостей сорту, способу й строку сівби, густоти стояння рослин, тривалості за роками використання травостоїв, системи удобрення, водного режиму, видового складу диких запилювачів та їх чисельності, інтегрованої системи захисту рослин від шкідників, хвороб і бур'янів, способу й строку збирання врожаю [15].

У середньовологому (25%) за забезпеченістю опадами 2019 р. загалом за вегетаційний період люцерни загальна кількість атмосферних опадів становила 259,3 мм. За середньодобової температури, що дорівнює 18,0°C, та відносної вологості повітря у 68,1% випаровуваність складала 433,9 мм, а дефіцит вологозабезпечення не перевищував 174,6 мм (табл. 1).

У сухому (95%) за забезпеченістю опадами 2020 р. загалом за вегетаційний період насінневої люцерни загальна кількість атмосферних опадів складала 113,4 мм. За середньодобової температури 16,1°C й відносної вологості повітря 59,7% випаровуваність досягала 496,0 мм, а дефіцит вологозабезпечення зростав до 382,6 мм, що в умовах природного зволоження

Гідротермічні умови під час вирощування насіннєвої люцерни у підзоні Південного Степу України протягом 2019–2020 рр.

Календарні дати	Середня температура повітря, °С	Кількість опадів, мм	Відносна вологість повітря, %	Випаровуваність, мм	Дефіцит вологозабезпечення, мм	Коефіцієнт зволоження (КЗ)
Середньовологий (25%) за забезпеченістю опадами 2019 р.						
початок відростання – початок бутонізації (52 доби)						
20.III–11.V	10,5	61,2	68,4	71,7	10,5	0,85
початок бутонізації – початок цвітіння (10 діб)						
12.V–21.V	18,0	1,3	70,4	98,5	97,2	0,01
початок цвітіння – масове цвітіння (10 діб)						
22.V–31.V	20,4	59,2	71,4	106,1	46,9	0,56
масове цвітіння – дозрівання насіння (47 діб)						
01.VI–17.VII	23,2	137,6	62,3	157,6	20,0	0,87
Разом						
119	18,0	259,3	68,1	433,9	174,6	0,60
Сухий (95%) за забезпеченістю опадами 2020 р.						
початок відростання – початок бутонізації (54 доби)						
16.III–08.V	9,3	16,0	56,9	91,3	75,3	0,17
початок бутонізації – початок цвітіння (10 діб)						
09.V–18.V	15,0	1,2	57,2	123,3	122,1	0,01
початок цвітіння – масове цвітіння (9 діб)						
19.V–27.V	14,0	11,9	63,9	98,8	86,9	0,12
масове цвітіння – дозрівання насіння (51 доба)						
28.V–17.VII	26,0	84,3	61,0	182,6	98,3	0,46
Разом						
124	16,1	113,4	59,7	496,0	382,6	0,23

(без зрошення) суттєво впливало на формування врожаю насіння культури.

Сумарне водоспоживання продуктивної вологи насіннєвою люцерною за роки досліджень суттєво залежало від кількості атмосферних опадів, а також початкового запасу вологи в ґрунті й глибини розрахункового шару ґрунту. У середньовологому (25%) за забезпеченістю опадами 2019 р. сумарне водоспоживання з шару з шару 0–100 см складало 3062 м<sup>3</sup>/га. При цьому витрати продуктивної вологи на формування врожаю насіння люцерни з 0–100 см шару із запасів ґрунту не перевищували 15,3% за рахунок атмосферних опадів, що склали 84,7% (табл. 2).

У сухому (95%) за забезпеченістю опадами 2020 р. сумарне водоспоживання продуктивної вологи насіннєвою люцерною з розрахункового шару ґрунту 0–100 см не перевищувало 2 355 м<sup>3</sup>/га, яке найбільшою мірою залежало від вкрай недостатньої кількості атмосферних опадів, що випадали за міжфазними періодами культури, а також початкового запасу продуктивної вологи в ґрунті. Витрати насіннєвою люцерною вологи атмосферних опадів у відносних відсотках до сумарного водоспоживання, з 0–100 см шару склали 44,3%, а 55,7% використовувались із запасів ґрунту.

Через екстремальні погодні умови, що спостерігалися у 2020 р. у критичному міжфазному періоді «початок бутонізації – початок цвітіння», урожайність кондиційного насіння люцерни формувалась невисо-

ким чином та істотно залежала від факторів впливу, що вивчалися. За вирощування люцерни на насіння на темно-каштановому ґрунті в умовах природного зволоження (без зрошення) урожайність насіння культури за елімінації впливу інокуляції насіння Ековіталом у контрольному варіанті без інокуляції насіння й застосування борних мікродобрив (контроль 1) не перевищувала 125–143 кг/га, а у контрольному варіанті з обприскуванням водою (контроль 2) – 126–144 кг/га. Під час застосування борних мікродобрив на початку бутонізації урожайність насіння люцерни зростала до 135–165 кг/га, відповідно, на початку цвітіння й у фазу масового цвітіння – до 136–166 кг/га (табл. 3).

Під час застосування борних мікродобрив приріст урожайності кондиційного насіння люцерни без інокуляції насіння Ековіталом порівняно з контролем 1 був істотно вищим і складав під час обприскування на початку бутонізації 10,0 кг/га (8,0%), на початку цвітіння й масового цвітіння – 11,0 кг/га (8,8%).

За інокуляції насіння Ековіталом та застосування борних мікродобрив Авангард Р Бор на початку бутонізації приріст урожайності кондиційного насіння люцерни сорту Анжеліка досягав 22,0 кг/га (15,4%), відповідно, на початку цвітіння і масового цвітіння – 23,0 кг/га (16,1%). Порівняно з контролем 2 приріст урожайності кондиційного насіння люцерни без інокуляції насіння Ековіталом був таким: початок бутонізації – 9,0 кг/га (7,1%); початок цвітіння й масове

Таблиця 2

Сумарне водоспоживання продуктивної вологи насінневою люцерною в Південному Степу України, м<sup>3</sup>/га (у 2019 та 2020 рр.)

Міжфазні періоди	Тривалість, діб	Початковий запас	Опади	Усього	Кінцевий запас	Сумарне водоспоживання
Середньовологий (25%) за забезпеченістю опадами 2019 р.						
0–100 см						
Пв – Пб	20.III–11.V	895	612	1 507	1 434	73
Пб – Пц	12.V–21.V	1434	13	1 447	838	609
Пц – Мц	22.V–31.V	838	592	1 430	412	1 018
Мц – Дн	01.VI–17.VII	412	1 376	1 788	426	1 362
Усього	X	895	2 593	3 488	426	3 062
Сухий (95%) за забезпеченістю опадами 2020 р.						
0–100 см						
Пв – Пб	16.III–08.V	1 519	160	1 679	1 434	245
Пб – Пц	09.V–18.V	1 434	12	1 446	1 255	191
Пц – Мц	19.V–27.V	1 255	119	1 374	1 292	82
Мц – Дн	28.V–17.VII	1 292	843	2 135	298	1 837
Усього	X	1 519	1 134	2 653	298	2 355

Примітка: Пв – Пб – початок відростання – початок бутонізації; Пб – Пц – початок бутонізації – початок цвітіння; Пц – Мц – початок цвітіння – масове цвітіння; Мц – Дн – масове цвітіння – дозрівання насіння

Таблиця 3

Урожайність кондиційного насіння люцерни сорту Анжеліка першого року використання залежно від інокуляції насіння Ековіталом і застосування борних мікродобрих, кг/га (середнє за 2019–2020 рр.)

інокуляція насіння (А)	Варіанти застосування борних мікродобрих (В)	Урожайність, кг/га	Приріст урожайності порівняно			
			з контролем 1		з контролем 2	
			кг/га	%	кг/га	%
Без інокуляції насіння Ековіталом (А <sub>1</sub> )	контроль 1	125	–	–	–	–
	контроль 2	126	1,0	0,8	–	–
	початок бутонізації	135	10,0	8,0	9,0	7,1
	початок цвітіння	136	11,0	8,8	10,0	7,9
	масове цвітіння	136	11,0	8,8	10,0	7,9
За інокуляції насіння Ековіталом (А <sub>2</sub> )	контроль 1	143	–	–	–	–
	контроль 2	144	1,0	0,7	–	–
	початок бутонізації	165	22,0	15,4	21,0	14,6
	початок цвітіння	166	23,0	16,1	22,0	15,3
	масове цвітіння	166	23,0	16,1	22,0	15,3
А. Оцінка істотності часткових відмінностей: НІР <sub>05</sub> (А) – 2,10 кг/га; НІР <sub>05</sub> (В) – 2,04 кг/га						
В. Оцінка істотності середніх (головних) ефектів: НІР <sub>05</sub> (А) – 0,94 кг/га; НІР <sub>05</sub> (В) – 1,44 кг/га						

Примітка: контроль 1 – без обприскування; контроль 2 – обприскування насіння водою

цвітіння – 10,0 кг/га (7,9%), відповідно, за інокуляції насіння Ековіталом спостерігаємо такі показники: початок бутонізації – 21,0 кг/га (14,6%); початок цвітіння і масове цвітіння – 22,0 кг/га (15,3%).

Формування біологічної врожайності насіння люцерни сорту Анжеліка в умовах природного зволоження (без зрошення) південної частини зони Степу загалом залежало від гідротермічних умов, що склалися за фазами росту й розвитку культури, а саме кількості рослин на 1 м<sup>2</sup>, відповідно, стебел на одній рослині, бобів на одній китиці, числа насінин в одному бобі й маси 1 000 штук насінин. При цьому зазначені показники значною мірою залежали від видового складу

й чисельності диких поодиноких бджіл, а також рівня запилення ними квіток.

В середньому за два роки досліджень (2019–2020 рр.) біологічна урожайність люцерни за елімінування інокуляції насіння Ековіталом у контрольному варіанті 1 (без інокуляції насіння й застосування борних мікродобрих) складала 222–254 кг/га відповідно, у контрольному варіанті 2 (обприскування водою) – 227–260 кг/га. Під час застосування на насінневих посівах люцерни борних мікродобрих у фазі «початок бутонізації» біологічна врожайність зростала до 330–410 кг/га, відповідно, на початку цвітіння – до 334–392, а масового цвітіння – до 321–400 кг/га. При цьому порівняно з контролем підви-

щення біологічної урожайності найбільшою мірою досягалося за рахунок утворення більшої кількості китиць на одному стеблі, а саме 13,1–13,3 шт., та числа бобів, що формувалися в одній китиці, а саме 7,9–8,5 шт.

Фактична врожайність насіння люцерни сорту Анжеліка першого року використання в умовах природного зволоження (без зрошення) була недостатньо високою, яка за елімінування інокуляції насіння Ековіталом у контрольному варіанті 1 складала 125–143 кг/га, а у контрольному варіанті 2 – 126–144 кг/га. Під час застосування борних мікродобрив у різні фази розвитку культури фактична урожайність кондиційного насіння дещо зростала й незалежно від інокуляції насіння Ековіталом не перевищувала 136–166 кг/га.

Статистичний аналіз структури врожаю насінневої люцерни першого року використання показав, що величина стандартного відхилення (S) виявлена високою для кількості китиць на одному стеблі рослини, а також кількості бобів, що зав'язалися на одній китиці. Коефіцієнт варіації ( $V_{\%}$ ) як відносний показник ступеня мінливості досліджуваних ознак для зазначених елементів структури врожаю складав 2,33% і 4,87% відповідно. Незначну мінливість структури врожаю мали кількість рослин на 1 м<sup>2</sup> (3,85%), кількість стебел на 1 рослині (9,64%) та кількість насінин в 1 бобі (3,09%). Мінливість ознаки вважається незначною, якщо коефіцієнт варіації менший або дорівнює 10%, середньою, якщо він становить 10–20%, і значною – понад 20% [13]. Абсолютна (S) й відносна ( $S_{\%}$ ) похибки вибірки як міри відхилення вибіркової середньої від генеральної сукупності досліджуваних ознак елементів структури врожаю виявлені незначними, які, відповідно, не перевищували 0,03–0,16 або 0,98–3,22%, що свідчить про репрезентативність всієї вибіркової сукупності загалом (табл. 4).

Мінливість результативних ознак джерел варіювання (дисперсій) згідно з дисперсійним аналізом урожайності насіння люцерни, отриманої в польовому досліді за інокуляції насіння люцерни комплексним препаратом Ековітал і застосування борних мікродобрив, у серед-

ньому за два роки (2019–2020 рр.) мала такі показники: інокуляція насіння (фактор А) – 66,4%; застосування борних мікродобрив (В) – 29,9%; взаємодія факторів (АВ) – 3,1% і повторень – 0,1%. Залишкове варіювання ( $C_2$ ) не перевищувало 0,5%, що свідчить про відсутність випадкових помилок під час проведення польового досліді в умовах неполивного землеробства Південного Степу України (рис. 1).

Визначений за Е.І. Шконде й І.Є. Корольовою [16] вміст фракційного складу азоту в 0–20 см та 20–40 см шарах темно-каштанового ґрунту за інокуляції насіння Ековіталом порівняно з варіантами без інокуляції був істотно вищим. При цьому найвищий вміст азоту у 0–20 см шарі ґрунту за інокуляції насіння Ековіталом незалежно від застосування борних мікродобрив спостерігався у фазі цвітіння люцерни, у тому числі загального – 1 248,65–1 306,11 мг/кг ґрунту, відповідно, мінерального ( $N-NO_3+N-NH_4$ ) – 43,60–46,71; лужногідролізованого – 139,32–147,45; важкогідролізованого – 186,04–196,16; негідролізованого – 869,57–925,91 мг/кг ґрунту (табл. 5).

Розрахунок економічної та енергетичної ефективності вирощування люцерни на насіння проведено шляхом складання технологічних карт із використанням тарифних ставок та норм виробітку, а також вартості насіння, комплементарного інокулянта Ековітал, борних мікродобрив і пально-мастильних матеріалів, які склалися у ДП «ДГ «Копані»» Інституту зрошувального землеробства НААН у 2019 та 2020 рр. Дослідженнями встановлено, що собівартість 1 кг насіння люцерни у варіанті без інокуляції й застосування борних мікродобрив (контроль 1) істотно залежала від суми прямих витрат на вирощування врожаю культури й незалежно від інокуляції насіння Ековіталом складала 27,3–28,0 грн.

Обприскування насінневих посівів водою (контроль 2) порівняно з контролем 1 суттєво не сприяло підвищенню урожайності насіння культури, через що його собівартість була досить високою і досягала 27,4–28,1 грн/кг. Під час застосування борних мікродо-

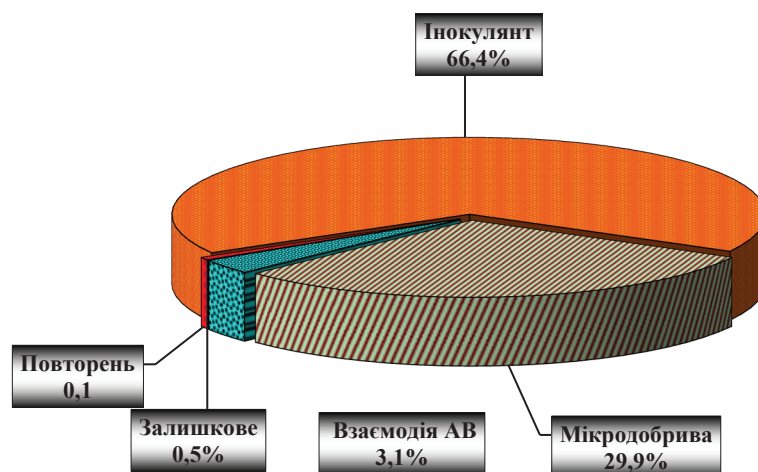


Рис. 1. Мінливість джерел варіювання (дисперсій) за інокуляції насіння люцерни комплементарним штамом Ековітал та застосування борних мікродобрив (середнє за 2019–2020 рр.)

Таблиця 4

Структура урожаю насіння люцерни сорту Анжеліка першого року використання залежно від інюляції насіння Ековіталом та позакореневого підживлення борними мікродобривами (в середньому за 2019–2020 рр.)

інюляція насіння (А)	Варіанти застосування борних мікродобрив (В)	Кількість, шт.						Маса 1 000 шт. насінин, г	Біологічна урожайність, кг/га	Фактична урожайність, кг/га
		рослин на 1 м <sup>2</sup>	стебел на 1 рослині	китиць на 1 стеблі рослин	бобів на 1 китиці	насінин в 1 бобі				
Без інюляції насіння Ековіталом	контроль 1	13	3,6	12,7	7,0	2,7	1,98	222	125	
	контроль 2	13	3,6	12,8	7,1	2,7	1,98	227	126	
	початок бутонізації	14	4,2	13,1	7,9	2,7	2,01	330	135	
	початок цвітіння	14	4,2	13,2	7,9	2,7	2,02	334	136	
	масове цвітіння	13	4,3	13,5	7,8	2,7	2,02	321	136	
За інюляції насіння Ековіталом	контроль 1	13	3,6	13,1	7,7	2,7	1,99	254	143	
	контроль 2	13	3,6	13,2	7,8	2,7	2,00	260	144	
	початок бутонізації	14	4,4	13,3	8,5	2,9	2,03	410	165	
	початок цвітіння	14	4,4	13,5	8,3	2,8	2,03	392	166	
	масове цвітіння	13	4,5	13,5	8,6	2,9	2,03	400	166	
	X	13,4	4,04	13,2	9,3	2,7	2,01	315	144	
	S	0,52	0,39	0,28	0,45	0,08	0,02	71,4	15,9	
	V <sub>%</sub>	3,85	9,64	2,33	4,87	3,09	1,01	22,7	11,0	
	S	0,16	0,12	0,09	0,14	0,03	0,01	22,6	5,04	
	S%	3,22	3,05	0,67	0,54	0,98	0,32	7,17	3,49	
	НІР <sub>05</sub>	0,37	0,28	0,20	0,33	0,06	0,01	51,7	11,5	

Примітка: 1 – контроль 1 (без обприскування посівів); 2 – контроль 2 (обприскування водою); 3 – обприскування посівів борними мікродобривами у фазі початку бутонізації; 4 – обприскування посівів борними мікродобривами у фазі початку цвітіння; 5 – обприскування посівів борними мікродобривами у фазі масового цвітіння

Фракційний склад азоту в темно-каштановому ґрунті ДП «ДГ «Копані» Інституту зрошуваного землеробства НААН (2020 р.)

Варіант		Шар ґрунту, см	Фракційний склад азоту, мг/кг				
інокулянт (А)	борні мікродобрива (В)		загальний	мінеральний	лужно-гідролізований	важкогідролізований	негідролізований
Без інокуляції	контроль	0–20	1 209,66	38,80	132,61	174,80	863,45
		20–40	883,42	18,47	87,68	129,07	648,20
	Пб	0–20	1 214,48	43,39	136,24	180,61	854,24
		20–40	877,95	18,92	96,80	146,57	615,66
	Пц	0–20	1 262,90	44,12	133,64	183,04	902,10
		20–40	913,27	20,25	96,09	134,21	662,72
Мц	0–20	1 248,65	43,60	139,32	196,16	869,57	
	20–40	940,52	21,48	98,97	152,11	667,96	
За інокуляції Ековіталом	контроль	0–20	1 247,10	39,67	134,68	176,97	895,78
		20–40	917,29	23,55	97,70	137,56	658,48
	Пб	0–20	1 289,67	44,62	141,92	190,12	913,01
		20–40	936,73	21,79	98,46	137,62	678,86
	Пц	0–20	1 320,30	45,81	144,25	191,42	938,82
		20–40	956,09	22,31	96,44	149,05	688,29
Мц	0–20	1 306,11	46,71	147,45	186,04	925,91	
	20–40	964,40	22,24	96,59	153,92	691,65	
НІР <sub>05</sub> (0–20 см), мг/кг			32,83	2,25	4,36	6,00	24,77
НІР <sub>05</sub> (20–40 см), мг/кг			25,65	1,43	2,87	7,37	19,85

Примітка: мінеральний азот – (N –NO<sub>3</sub>+N–NH<sub>4</sub>); Пб – початок бутонізації; Пц – початок цвітіння; Мц – масове цвітіння

бров собівартість насіння люцерни суттєво знижувалася й не перевищувала 24,2–26,4 грн/кг.

Умовно чистий прибуток насіння люцерни у контрольному варіанті 1 за елімінування інокуляції насіння Ековіталом не перевищував 7 748,9–8 970,8 грн/га, відповідно, у контрольному варіанті 2 – 7 794,8–9 016,7 грн/га й 8 556,6–10 858,5 грн/га під час застосування борних мікродобрив у фазу «початок бутонізації» та 8 646,6–10 948,5 за проведення позакореневого підживлення борними мікродобривами у фази «початок цвітіння» і «масове цвітіння» культури (табл. 6).

Витрати сукупної енергії на виробництво 1 кг насіння люцерни за елімінування впливу інокуляції насіння у контрольному варіанті 1 досягали 92,2–104,8 МДж, відповідно, у контрольному варіанті 2 – 93,4–106,0 МДж. Під час застосування борних мікродобрив у фазі «початок бутонізації» незалежно від інокуляції насіння Ековіталом енергоємність 1 кг насіння люцерни складала 87,8–106,7 МДж, а на початку цвітіння та в період масового цвітіння – 87,3–105,9 МДж.

При цьому найбільш суттєве зниження енергетичних витрат на виробництво 1 кг насіння люцерни встановлено під час проведення інокуляції насіння бактеріальним препаратом Ековітал і застосування борних мікродобрив Авангард Р Бор.

**Висновки.** За інокуляції насіння комплементарним бактеріальним препаратом Ековітал і застосування борних мікродобрив Авангард Р Бор порівняно з контролем 1 (без інокуляції насіння й підживлення борними мікродобривами) та контролем 2 (обприскування водою), незважаючи на складні погодні умови

протягом 2019–2020 рр., отримано суттєвий приріст урожаю насіння люцерни. Істотно вищий урожай насіння культури за інокуляції насіння Ековіталом та внесення борних мікродобрив отримано за рахунок формування більшої маси повітряно-сухого снопа й насамперед вегетативних та генеративних органів культури.

Собівартість 1 кг насіння люцерни у варіанті без застосування борних мікродобрив (контроль 1) істотно залежала від прямих витрат на вирощування урожаю і незалежно від інокуляції насіння Ековіталом складала 27,3–28,0 грн. Обприскування насінневих посівів водою (контроль 2) порівняно з контролем 1 не сприяло суттєвому підвищенню урожайності насіння культури, через що його собівартість досягала 27,4–28,1 грн/кг. Під час застосування борних мікродобрив собівартість насіння люцерни суттєво знижувалася і не перевищувала 24,1–26,4 грн/кг.

Умовно чистий прибуток під час вирощування люцерни на насіння першого року використання за елімінування інокуляції насіння Ековіталом в умовах звітного року у контрольному варіанті 1 не перевищував 7 748,9–8 970,8 грн/га, відповідно, у контрольному варіанті 2 – 7 794,8–9 016,7 грн/га і 8 556,6–10 948,5 грн/га під час застосування борних мікродобрив.

Витрати сукупної енергії на виробництво 1 кг насіння люцерни під час елімінування впливу інокуляції у контрольному варіанті 1 (без інокуляції насіння і застосування борних мікродобрив) складала 92,2–104,8 МДж, відповідно, у контрольному варіанті 2 (обприскування водою) – 93,4–106,0 МДж. Під час застосування борних мікродобрив у фазі початку бутонізації незалежно від інокуляції насіння Ековіталом енергоємність 1 кг насіння

## Економічна та енергетична ефективність вирощування насіннєвої люцерни за інокуляції насіння Ековіталом та застосування борних мікродобрих Авангврд Р Бор (середнє за 2019–2020 рр.)

Варіанти		Вартість уро- жаю, грн.	Витрати на 1 га		Собівартість 1 кг насіння, грн.	Умовно чистий при- буток з 1 га, грн.	Витрати енергії на 1 кг насіння, МДж
інокуляція насіння (А)	борні мікродо- брива (В)		грн.	МДж			
Без інокуляції	контроль 1	11 250	3 501,1	13 097	28,0	7 748,9	104,8
	контроль 2	11 340	3 545,2	13 363	28,1	7 794,8	106,0
	Пб	12 150	3 593,4	14 399	26,6	8 556,6	106,7
	Пц	12 240	3 593,4	14 399	26,4	8 646,6	105,9
	Мц	12 240	3 593,4	14 399	26,4	8 646,6	105,9
За інокуляції	контроль 1	12 870	3 899,2	13 183	27,3	8 970,8	92,2
	контроль 2	12 960	3 943,3	13 449	27,4	9 016,7	93,4
	Пб	14 850	3 991,5	14 485	24,2	10 858,5	87,8
	Пц	14 940	3 991,5	14 485	24,1	10 948,5	87,3
	Мц	14 940	3 991,5	14 485	24,1	10 948,5	87,3

Примітка: Пб – початок бутонізації; Пц – початок цвітіння; Мц – масове цвітіння; вартість 1 кг кондиційного насіння сортів люцерни становить 90 грн.

люцерни досягала 87,8–106,7 МДж, відповідно, початку цвітіння і масового цвітіння – 87,3–105,9 МДж. При цьому найбільш суттєве зниження енергетичних витрат на виробництво 1 кг насіння люцерни встановлено під час проведення інокуляції насіння перед сівбою бактеріальним препаратом Ековітал і застосування борних мікродобрих Авангврд Р Бор у фазах початку цвітіння та масового цвітіння культури.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Лубенец П.А. Люцерна: *Medicago L. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 1972. Т. 47. Вып. 3. С. 3–68.
2. Черенков А.В. Формування насіннєвої продуктивності люцерни та еспарцету першого року життя в умовах Північного Степу України. *Вісник ЦНЗ АПВ Харківської області*. 2009. Вип. 5. С. 138–144.
3. Базилинская М.В. Использование биологического азота в земледелии. Москва : ВНИИТЭИСХ, 1985. 45 с.
4. Доросинский Л.М. Бактериальные удобрения – эффективное средство повышения урожая. Москва : Всесоюзное объединение «Союзсельхозтехника» ; Бюро технической информации и рекламы, 1962. 60 с.
5. Посыпанов Г.С., Кобозева Т.П., Тазин И.И. Современные методы определения количества фиксированного азота воздуха в полевых условиях. *Известия ТСХА*. 2006. Вып. 2. С. 29–134.
6. Влияние микроэлементов на формирование генеративных органов люцерны первого года жизни / Эффективность применения бора и молибдена на семенной люцерне. Режим доступа: <http://www.vivliophica.com/articles/agriculture/487616>.
7. Костяков А.Н. Основы мелиорации. Москва : Сельхозгиз, 1960. 662 с.
8. Иванов Н.Н. Показатель биологической эффективности климата. *Известия Всесоюзного географического общества*. 1962. Т. 94. Вып. 1. С. 65–70.

9. Агрометеорологический бюллетень по территории Херсонской области. Херсон : Херсонский областной центр з гидрометеорологии, 1976–2015.
10. Кульбіда М.І., Барабаш М.Б., Сільвестрова Л.О. та ін. Клімат України у минулому... і майбутньому? : монографія. Київ : Сталь, 2009. 234 с.
11. Семенова И.Г. Метеорологические и синоптические условия засухи в Украине осенью 2011 г. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2012. № 10. С. 58–64.
12. Бурнашева М.А. Вопросы селекции и семеноводства люцерны. Ташкент : ФАН, 1977. 120 с.
13. Ушкаренко В.О., Вожегова Р.А., Голобородько С.П., Коковіхін С.В. Методика польового досліджу : навчальний посібник. Херсон : Грінь Д.С., 2014. 445 с.
14. Медведовський О.К., Іваненко П.І. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві. Київ : Урожай, 1988. 205 с.
15. Голобородько С.П., Погинайко О.А. Люцерна... на корм та насіння. *Агро Перспектива*. 2014. № 4 (166). С. 60–65.
16. Шконде Э.И., Королева И.Е. О природе и подвижности почвенного азота. *Агробиология*. 1964. № 10. С. 17–36.

## REFERENCES:

1. Lubenets, P.A. (1972). *Liutserna: Medikaho L. [Alfalfa: Medicago L.]. Trudy po prikladnoi botanike, genetike i selektsyi – Works on applied botany, genetics and breeding, Vol. 47, 3, 3–68 [in Russian]*.
2. Cherenkov, A.V. (2009). *Formuvannia nasinnievoi produktyvnosti liutserny ta espartsetu pershoho roku zhyttia v umovakh Pivnichnoho Stepu Ukrainy [Formation of seed productivity of alfalfa and sainfoin of the first year of life in the conditions of the Northern Steppe of Ukraine]. Visnyk TsNZ APV Kharkivskoi oblasti – Bulletin of the CSE of the AIP of the Kharkiv region, 5, 138–144 [in Ukrainian]*.
3. Bazilinskaia, M.V. (1985). *Ispolzovaniie biolohicheskoho azota v zemledelii [Use of biological nitrogen in agriculture]. M.: VNIITEISKH [in Russian]*.



4. Dorosinskii, L.M. (1962). *Bakterialnyie udobreniia – effektivnoie sredstvo povysheniia urozhaiev [Bacterial fertilizers are an effective means of increasing yields]*. M.: Vsesoiuznoie obiedineniie “Soiuzselhoztekhnikha”. Biuro tekhn. Informatsyi i reklamy [in Russian].
  5. Posypanov, G.S., Kobozeva, T.P., & Tazin, I.I. (2006). *Sovremennyye metody opredeleniia kolichstva fiksirovannogo azota v polevykh usloviakh [Modern methods for determining the amount of fixed air nitrogen in the field]*. *Izvestiia TSKhA – News of the TSKhA*, 2, 29–134 [in Russian].
  6. Vliianie mikroelementov na formirovaniie henerativnykh orhanov liutserny pervoho hoda zhyzni [The influence of trace elements on the formation of generative organs of alfalfa in the first year of life] (n.d.). *Proceedings from Efficiency of boron and molybdenum application on seed alfalfa*. Retrieved from [vivliophica.com/articles/agriculture/487616](http://vivliophica.com/articles/agriculture/487616) [in Russian].
  7. Kostikov, A.N. (1960). *Osnovy melioratsyi [Basics of land reclamation]*. M.: Selkhozgiz [in Russian].
  8. Ivanov, N.N. (1962). *Pokazatel biolohicheskoi effektivnosti klimata [Climate biological efficiency indicator]*. *Izvestiia Vsesoiuznogo geograficheskoho obshchestva – Proceedings of the All-Union Geographical Society*, Vol. 94, 1, 65–70.
  9. *Ahrometeorolohichniy biuleten po terytorii Khersonskoi oblasti [Agrometeorological bulletin for the territory of the Kherson region] (1976–2015)*. Kherson: Khersonskiy oblasnyi tsentr z hidrometeorolohii [in Ukrainian].
  10. Kulbida, M.I., Barabash, M.B., & Silvestrova, L.O. et al. (2009). *Klimat Ukrainy u mynulomu... i maibutniomu? : monografiia [Ukraine's climate in the past... and future? : monograph]*. M.I. Kulbida, M.B. Barabash (Eds.). K.: Stahl [in Ukrainian].
  11. Semionova, I.G. (2012). *Meteorologicheskie i sinopticheskie usloviia zasukhi v Ukraine oseniu 2011 g. [Meteorological and synoptic conditions of drought in Ukraine in autumn 2011]*. *Ukrainskyi hidrometeorolohichniy zhurnal - Ukrainian hydrometeorological Journal*, 10, 58–64 [in Russian].
  12. Burnasheva, M.A. (1977). *Voprosy selektsyi i semenovodstva liutserny [Questions of alfalfa breeding and seed production]*. Tashkent: FAN [in Russian].
  13. Ushkarenko, V.O., Vozhehova, R.A., Holoborodko, S.P., & Kokovikhin, S.V. (2014). *Metodyka poliovoho doslidu : navchalnyi posibnyk [Methodology of field experiment : study guide]*. Kherson: Hrin D.S. [in Ukrainian].
  14. Medvedovskyi, O.K., & Ivanenko, P.I. (1988). *Enerhetychnyi analiz intensyvnykh tekhnolohii v silskohospodarskomu vyrobnytstvi [Energy analysis of intensive technologies in agricultural production]*. K.: Urozhai [in Ukrainian].
  15. Holoborodko, S.P., & Pohynaiko, O.A. (2014). *Liutserna... na korm ta nasinnia [Alfalfa... for feed and seeds]*. *Ahro Perspektyva – Agro Perspective*, 4 (166), 60–65 [in Ukrainian].
  16. Shkonde, E.I., & Koroleva, I.Ye. (1964). *O prirode i podvizhnosti pochvennoho azota [On the nature and mobility of soil nitrogen]*. *Ahrokhimiia – Agrochemistry*, 10, 17–36 [in Russian].
- Голобородько С.П., Димов О.М., Іутинська Г.О., Титова Л.В. Вплив застосування комплементарних штамів бульбочкових і фосфатмобілізувальних бактерій на насіннєву продуктивність люцерни**
- Мета.** Встановлення впливу інокуляції насіння люцерни новим комплементарним бактеріальним препаратом Ековітал та позакореневого підживлення борним мікродобривом Авангард Р Бор на формування урожаю насіння люцерни. **Методи.** Закладання двофакторного польового досліду проводили методом розщеплених ділянок, де ділянки першого порядку – інокуляція насіння люцерни мікробним препаратом Ековітал, субділянки – позакоренево підживлення борним мікродобривом Авангард Р Бор. Ступінь забезпеченості насіннєвої люцерни вологою, дефіцит вологозабезпечення та коефіцієнт зволоження встановлювали за Н.Н. Івановим. Визначення структури урожаю виконували за М.А. Бурнашовою, статистичний аналіз врожайних даних проводили за В.О. Ушкаренком, Р.А. Вожеговою, С.П. Голобородьком, С.В. Коковіхіним. Економічну ефективність вирощування люцерни на насіння розраховували за фактичними витратами, енергетичну ефективність – за О.К. Медведовським, П.І. Іваненком. **Результати.** За вирощування люцерни на насіння на темно-каштановому ґрунті в умовах природного зволоження урожайність насіння культури у контрольному варіанті без інокуляції насіння й застосування борних мікродобрив (контроль 1) не перевищувала 125–143 кг/га, а у варіанті з обприскуванням водою (контроль 2) – 126–144 кг/га. Під час застосування борних мікродобрив приріст урожайності насіння люцерни без інокуляції насіння Ековіталом порівняно з контролем 1 був істотно вищим, складаючи під час обприскування на початку бутонізації 10,0 кг/га (8,0%), на початку цвітіння й масового цвітіння – 11,0 кг/га (8,8%). За інокуляції насіння Ековіталом та застосування борних мікродобрив Авангард Р Бор на початку бутонізації приріст урожайності насіння люцерни сорту Анжеліка досягав 22,0 кг/га (15,4%), відповідно, на початку цвітіння і масового цвітіння – 23,0 кг/га (16,1%). Порівняно з контролем 2 приріст урожайності насіння люцерни без інокуляції Ековіталом становив на початку бутонізації 9,0 кг/га (7,1%); на початку цвітіння й у період масового цвітіння – 10,0 кг/га (7,9%), відповідно, за інокуляції насіння та початку бутонізації – 21,0 кг/га (14,6%); початку цвітіння і масового цвітіння – 22,0 кг/га. **Висновки.** За інокуляції насіння комплементарним бактеріальним препаратом Ековітал і застосування борних мікродобрив Авангард Р Бор порівняно з контролем 1 (без інокуляції насіння й підживлення борними мікродобривами) та контролем 2 (обприскування водою) у 2019–2020 рр. отримано суттєвий приріст урожаю насіння люцерни перш за все за рахунок формування більшої маси вегетативних і генеративних органів культури.
- Ключові слова:** інокуляція насіння, позакоренево підживлення, гідротермічні умови, урожайність, фракційний склад азоту, економічна та енергетична ефективність.
- Holoborodko S.P., Dymov O.M., Iutynska H.O., Tytova L.V. Influence of the use of complementary strains of nodule and phosphate-mobilizing bacteria on alfalfa seed productivity**
- Purpose.** Determination of the effect of alfalfa seed inoculation with a new complementary bacterial preparation Ecovital and foliar top dressing with Avangard R Boron boric microfertilizer on the formation of alfalfa seed yield.

**Methods.** Laying of the two-factor field experiment was carried out by the method of split sections, where the first – order sections are inoculation of alfalfa seeds with the microbial preparation Ecovital, and the sub-plots are foliar top dressing with Avangard R Boron boric microfertilizer. The degree of moisture supply of alfalfa seeds, the lack of moisture supply and the moisture coefficient were determined by N.N. Ivanov. Determination of the crop structure was carried out according to M.A. Burnashova, statistical analysis of yield data was carried out according to V.O. Ushkarenko, R.A. Vozhehova, S.P. Holoborodko, S.V. Kokovikhin. The economic efficiency of growing alfalfa for seeds was calculated according to actual costs, energy efficiency – according to O.K. Medvedovsky, P.I. Ivanenko. **Results.** When growing alfalfa for seeds on dark-chestnut soil in conditions of natural moisture, the seed yield of the crop in the control version without seed inoculation and the use of boric microfertilizers (control 1) did not exceed 125–143 kg/ha and in the version with water spraying (control 2) – 126–144 kg/ha. When using boric microfertilizers, the increase in alfalfa seed yield without inoculation with Ecovital compared to control 1 was significantly higher and amounted to: when sprayed at the beginning of budding – 10.0 kg/ha

(8.0%), at the beginning of flowering and mass flowering – 11.0 kg/ha (8.8%). According to inoculation of seeds with Ecovital and the use of boric microfertilizers Avangard R Boron at the beginning of budding, the yield of alfalfa seeds of the Angelica variety reached 22.0 kg/ha (15.4%), respectively, at the beginning of flowering and mass flowering – 23.0 kg/ha (16.1%). Compared to control 2, the increase in alfalfa seed yield without Ecovital inoculation was: the beginning of budding – 9.0 kg/ha (7.1%); the beginning of flowering and mass flowering – 10.0 kg/ha (7.9%), respectively, with seed inoculation – the beginning of budding – 21.0 kg/ha (14.6%); the beginning of flowering and mass flowering – 22.0 kg/ha. **Conclusions.** According to the inoculation of seeds with the complementary bacterial preparation Ecovital and the use of boric microfertilizers Avangard R Boron, compared with control 1 (without inoculation of seeds and top dressing with boric microfertilizers) and control 2 (spraying with water) in 2019–2020, a significant increase in the yield of alfalfa seeds was obtained, primarily due to the formation of a larger mass of vegetative and generative organs of the crop.

**Key words:** seed inoculation, foliar top dressing, hydrothermal conditions, yield, nitrogen fractional composition, economic and energy efficiency.