

ЕФЕКТИВНІСТЬ ІНОКУЛЯЦІЇ НАСІННЯ РІЗНИХ СОРТІВ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО В УМОВАХ ЛІВОБЕРЕЖНОГО ПОЛІССЯ

О. Ю. Локоть¹, С. М. Селінний¹, М. М. Пархоменко¹, О. В. Логоша^{1,2}

¹Національний університет «Чернігівська політехніка»
вул. Шевченка, 95; м. Чернігів, 14030, Україна

²Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН
вул. Шевченка, 97; м. Чернігів, 14030, Україна

e-mail: loy6209@stu.cn.ua

Мета. Визначити особливості росту і розвитку рослин різних за скоростиглістю сортів льону олійного та формування їхнього врожаю в умовах Лівобережного Полісся за бактеризації насіння Поліміксобактерином. **Методи.** Польового дослідження (дослідження проводили на дерново-середньопідзолистому суглинковому ґрунті; площа посівної ділянки — 60 м², облікової — 25 м², повторність — чотириразова). У досліді використано 7 сортів льону олійного (ранньостиглий: Дебют; середньостиглі: Південна ніч, Айсберг, Орфей; пізньостиглі: Байкал, Урал та Золотистий). Для бактеризації насіння льону застосовували мікробний препарат Поліміксобактерин на основі *Raepibacillus polytuxa* КВ. Дослід проводили по фоні мінерального живлення N₁₅P₃₀K₄₅, добрива вносили під передпосівний обробіток ґрунту. **Результати.** В середньому за три роки передпосівна інокуляція Поліміксобактерином насіння льону олійного сприяла зростанню загальної висоти рослин, як порівняти з контролями (без інокуляції): у фазі ялинки — на 1,4 см (11,1 %), у період швидкого росту — на 2,1 см (10,1 %), бутонізації — на 2,1 см (7,5 %), цвітіння — на 2,4 см (6,8 %) та повної стиглості — на 2,3 см (5,5 %). Використання Поліміксобактерину сприяло зростанню кількості коробочок на рослині на 1,9 шт. (16,1 %) та маси 1000 насінин на 0,13 г (2,3 %) щодо контролю. Приріст урожаю соломи досліджуваних сортів у варіантах із застосуванням Поліміксобактерину в середньому складав 0,33 т/га, що на 14,2 % вище, ніж у контрольних варіантах (без інокуляції). Урожайність насіння льону також зростала за застосування бактеризації. В середньому за сортами приріст до контролів складав 0,23 т/га (25 %). Максимальна урожайність насіння в середньому за три роки була отримана у ранньостиглого сорту Дебют: перевищувала врожайність інших сортів у варіанті з бактеризацією на 0,03–0,28 т/га (2,4–28 %) і становила 1,04 т/га. **Висновки.** За результатами досліджень у зональних умовах Лівобережного Полісся України встановлено, що за використання біопрепарату Поліміксобактерину досягається найвища врожайність сортів льону олійного різних типів скоростиглості, навіть за несприятливих погодних умов вегетаційного періоду.

Ключові слова: льон олійний, ранньостиглі, середньостиглі, пізньостиглі сорти, бактеризація, Поліміксобактерин, фосфатмобілізувальні бактерії.

Вступ. В Україні спостерігаються загальносвітові тенденції до впровадження та розвитку альтернативного землеробства, зокрема на базі вітчизняних екологічно збалансованих енерго- та ресурсощадних технологій. Одним із позитивних чинників цих техно-

логій є застосування мікробних препаратів. Проте, попри значні перспективи цього агрозаходу, технологічні прийоми ефективного використання біопрепаратів, особливо з урахуванням генотипових особливостей культур та наявного біокліматичного потенціалу зони

виращування, недостатньо відпрацьовані [1–3]. Відомо також, що мінеральні добрива в аграрних технологіях є однією з основних статей витрат [1; 4], а вартість одного кілограма діючої речовини NPK в Україні перейшла межу можливої окупності і приріст урожаю не покриває фінансові вкладення на придбання цього ресурсу [5; 6]. Тому виникає необхідність пошуку шляхів більш раціонального використання поживних елементів ґрунту і добрив [7; 8]. А з огляду на загальне погіршення екологічної ситуації в сільськогосподарському виробництві конче необхідно в сучасних аграрних технологіях застосовувати прийоми, що сприяють оптимізації живлення рослин і водночас є екологічно безпечними та економічно доцільними [9–11].

Реальним доповненням до мінеральних добрив можуть бути мікробні препарати, оскільки мікроорганізми, що застосовуються для виготовлення біодобрив, за рахунок прояву функціональних особливостей, продукуванню гідролітичних ферментів та дії фізіологічно активних речовин забезпечують активізацію постачання рослинам макро- і мікроелементів [12–14].

Враховуючи значний вплив глобальних змін клімату в Україні за останні 30 років середні місячні температури повітря перевищували кліматичну норму на 2–3 °С, відбулося деяке збільшення річної кількості опадів — в середньому на Поліссі до 2 %, істотно — у 1,5 раза збільшилася частота аномалій обох показників. Частка їхнього впливу на продуктивність льону варіює в межах 30–90 %, тому льонової виробникам рекомендується звертати увагу на адаптацію виробничого процесу до цих змін [13; 15].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За останні декілька десятиліть вітчизняними науковцями проведено низку досліджень ефективності біологічних препаратів у технологіях вирощування льону олійного в різних ґрунтово-кліматичних зонах України [16–19]. Зокрема, Шувар зі співавт. [16] вивчали ефективність застосування комплексних мікродобрив, біопестицидів і рістстимуляторів у вирощуванні льону олійного в ґрунтово-кліматичних умовах Лісостепу Західного та показали, що це сприяє істотному підвищенню продуктивності культури та покращенню показників якості продукції.

В інших дослідженнях Шувар зі співавт. [17] здійснювали оцінку ефективності біологічних препаратів і мікродобрив в органічній технології вирощування льону олійного в ґрунтово-кліматичних умовах Карпатського регіону України та встановили, що застосування комплексного мікродобрива і біопрепаратів сприяло зниженню ураження рослин льону олійного антракнозом і, як наслідок, підвищенню продуктивності та урожайності культури. Сябрук зі співавт. [18] застосовували на посівах льону олійного різні за походженням та механізмами дії біологічні препарати і встановили, що в умовах природного вологозабезпечення Південного Степу України це сприяє підвищенню виходу олії за рахунок збільшення урожайності та вмісту олії в насінні. Думич [19] показав, що застосування біопрепаратів на посівах льону олійного забезпечило підвищення врожайності насіння на 10,8–21,7 %.

У ґрунтово-кліматичних умовах зони Полісся подібні дослідження не проводили. З огляду на це, метою наших досліджень було визначення особливостей росту і розвитку рослин різних за скоростиглістю сортів льону олійного та формування їх урожаю за використання для обробки насіння мікробного препарату Поліміксобактерину в умовах Лівобережного Полісся.

Матеріали та методи досліджень. Польові дослідження проводили у 2008–2010 рр. на дослідному полі Чернігівського інституту агропромислового виробництва НААН (с. Прогрес Козелецького району Чернігівської області). Ґрунт дослідного поля — дерново-середньо-підзолистий суглинковий, характерний для зони Лівобережного Полісся і придатний для вирощування льону олійного. Площа посівної ділянки — 60 м², облікової — 25 м². Повторність — чотириразова. У досліді використано 7 сортів льону олійного (ранньостиглий: Дебют; середньостиглі: Південна ніч, Айсберг, Орфей; пізньостиглі: Байкал, Урал та Золотистий), характеристику яких наводимо у табл. 1.

Технологія вирощування льону в досліді є типовою для зони [20; 21]. Всі обліки, спостереження за ростом і розвитком рослин у посівах, морфологічні показники та аналізи в досліді проводили згідно із загальноприйнятими методиками [22; 23].

Бактеризацію насіння льону проводили за рекомендаціями розробника (Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН). Застосовано мікробний препарат Поліміксобактерин (ПМБ) [24]. Діючим чинником біопрепарату є фосфатмобілізувальна і рістстимулювальна бактерія *Paenibacillus polymyxa* KB, механізм дії якої пояснюється здатністю продукувати органічні кислоти, а також фермент фосфатазу, що сприяє розчиненню важкорозчинних мінеральних і органічних фосфатів ґрунту та добрив, унаслідок чого активізується процес засвоєння фосфору рослинами. Цей елемент рослинам льону олійного необхідний упродовж всього періоду вегетації. Бактерії також продукують фітогормональні речовини, які стимулюють ріст і розвиток рослин, активно впливають на формування й розвиток кореневої системи та її абсорбувальної здатності. *P. polymyxa* KB виявляє природну резистентність до низки пестицидів, отже, бактеризацію насіння можна проводити одночасно з обробітком умовно сумісними фунгіцидами та інсектицидами [25; 26].

Дослід проводили на фоні мінерального живлення $N_{15}P_{30}K_{45}$, добрива вносили шляхом розкидання мінеральних добрив по поверхні під передпосівний обробіток ґрунту.

Аналіз метеорологічних умов вегетації у роки досліджень свідчить про значні відхилення показників гідротермічного режиму від середнього багаторічного рівня. Так, у 2008 році середньодобова температура повітря за вегетаційний період дорівнювала

20,15 °С, або була вищою за середній багаторічний показник на 2,65 °С, або 113,2 % норми (17,5 °С). Кількість опадів за час вегетації культури сягала 111,3 мм за норми 191,0 мм (58,3 %). Сума ефективних температур ($t > 10$ °С) становила відповідно 964,5 °С, або складала 137,4 % норми (702 °С). Показник гідротермічного коефіцієнту (ГТК за Г. Т. Селяниновим) за період вегетації дорівнював 1,15 за норми 2,72 (42,3 %).

Щодо умов росту та розвитку льону олійного у 2009 році, то середньодобова температура повітря протягом вегетаційного періоду перевищувала, норму на 2,6 °С, або на 17 % (за норми 15,6 °С). Кількість опадів за цей термін дорівнювала лише 60 % норми, або була меншою за неї на 104 мм (за норми 261 мм). Сума ефективних температур ($t > 10$ °С) становила 1103,8 °С (131 % норми 843 °С). Показник ГТК не перевищував 46 % норми, або був 1,42 за норми 3,09, що значно подовжило тривалість вегетаційного періоду льону олійного в середньому за сортами на 38 днів (142 %) з коливаннями від 27 до 45 днів. Це свідчить про те, що, незважаючи на порівняно підвищений термічний режим протягом вегетаційного періоду, рослинам льону олійного все ж не вистачило певної кількості суми позитивних ефективних температур для повноцінного росту та розвитку, особливо у поєднанні з низькою вологозабезпеченістю.

Аналіз метеорологічних умов вегетаційного періоду 2010 року свідчить про те, що середньодобовий режим повітря був на рівні

Таблиця 1. Характеристика сортів льону олійного

Сорти	Параметри				
	Висота рослин, см	Маса 1000 насінин, г	Веgetаційний період, дні	Потенційна урожайність насіння, т/га	Вміст олії в насінні, %
Дебют	57–58	7,6–8,0	84–86	1,7–2,0	46,0–47,0
Південна ніч	52–55	7,9–8,2	88–90	1,7–1,8	44,0–45,5
Айсберг	54–57	7,6–8,0	86–88	1,8–2,1	47,0–49,0
Орфей	55–58	7,5–7,9	87–89	1,8–2,0	47,0–48,0
Байкал	68	6,7	100–102	3,3	43,0–47,0
Урал	65	7,9	98	3,3	45,0–47,0
Золотистий	65–66	7,4–8,0	88–90	2,5	48,0–49,5

Примітка: оригінатор сортів Байкал та Урал — французька компанія Laboulet Semences. Усі інші сорти створено в Інституті олійних культур НААН України.

19,2 °С, або перевищував норму на 1,7 °С (+10 %), сума опадів за цей період була меншою за середній багаторічний показник на 39,4 мм, або 80 % норми. Сума ефективних температур ($t > 10\text{ }^{\circ}\text{C}$) була, відповідно, 796,3 °С, або становила 128 % норми (622,8 °С). Показник ГТК за період вегетації дорівнював 1,97 за норми 3,16 (62 %).

Отримані дані обробляли статистично за використання програми Statistica 6.0, StatSoft Inc. (США). Значення ймовірності $< 0,05$ використовували для визначення статистично значимих відмінностей.

Результати досліджень та їх обговорення. Застосування біологічного засобу під час вирощування олійного льону позитивно вплинуло на ріст і розвиток окремих органів та рослинного організму загалом. Як свідчать отримані дані, в середньому за три роки передпосівна інокуляція насіння сприяла посиленню інтенсивності лінійного росту рослин. Так, на фоні бактеризації показники приросту загальної висоти рослин льону зростали в середньому: у фазі ялинки — на 1,4 см (11,1 %), у період швидкого росту —

на 2,1 см (10,1 %), бутонізації — на 2,1 см (7,5 %), цвітіння — на 2,4 см (6,8 %), повної стиглості — 2,3 см (5,5 %) (рис. 1). Найвищий відсоток приросту загальної висоти рослин у варіанті з інокуляцією ПМБ спостерігали на початкових стадіях розвитку рослин, тоді як в подальші фази відсоток приросту зменшувався.

За трирічними даними перед збиранням загальна висота рослин на фоні інокуляції в середньому за сортами складала 44,3 см, або була вищою за контролю на 2,3 см (5,5 %). Водночас коливання показника висоти рослин за окремими сортами перебували в межах від 1,2 см (2,8 %) до 4,5 см, або 11,4 %. Аналогічним виявився вплив біопрепарату і на показники технічної висоти рослин (табл. 2).

За трирічними даними встановлено (загалом за сортами), що найменша кількість коробочок на рослині та маса 1000 насінин формувалися в посівах на контролі без інокуляції — 12,4 шт. і 5,73 г відповідно. Використання ПМБ сприяло зростанню цих показників на 1,9 шт. (16,1 %) і 0,13 г, або 2,3 % (табл. 2). Отже, інокуляція насіння ПМБ

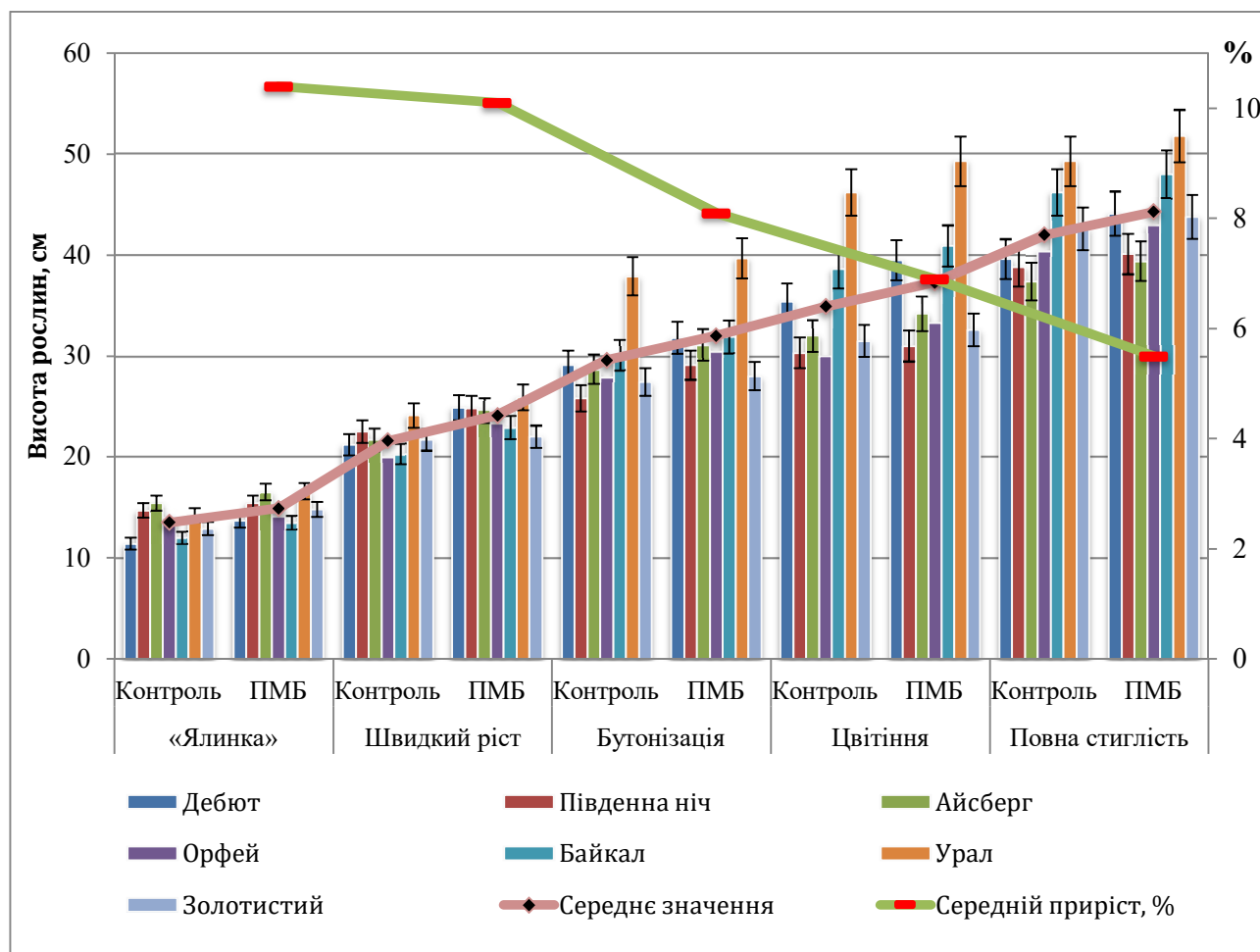


Рис. 1. Вплив ПМБ на динаміку росту рослин різних сортів льону олійного (2008–2010 рр.).

Таблиця 2. Вплив ПМБ на технічну висоту рослин і формування репродуктивних органів рослин олійного льону (середнє за 2008–2010 рр.)

Показники	Варіанти інокуляції (фактор Б)	Сорти (фактор А)							Середнє значення за фактором А
		ранньо-стиглий	середньостиглі			пізньостиглі			
		Дебют	Південна ніч	Айсберг	Орфей	Байкал	Урал	Золотистий	
Технічна висота рослин, см	Без інокуляції, контроль	28,1	21,3	26,2	23,2	31	33,2	23,5	26,6
	Інокуляція ПМБ	30,7	22,4	27,2	25,3	32,7	36,7	24,1	28,4
	Приріст, % до контролю	9,3	5,2	3,8	9,1	5,5	10,5	2,6	6,6
Кількість коробочок на одній рослині, шт.	Без інокуляції, контроль	15,4	10,5	10,1	12,1	12,5	12,7	13,8	12,4
	Інокуляція ПМБ	16,2	12,7	13,9	14,8	14,1	13,8	14,5	14,3
	Приріст, % до контролю	5,2	21,0	37,6	22,3	12,8	8,7	5,1	16,1
Маса 1000 насінин, г	Без інокуляції, контроль	6,16	5,43	5,51	6,00	5,41	5,38	6,20	5,73
	Інокуляція ПМБ	6,21	5,59	5,53	6,15	5,55	5,67	6,30	5,86
	Приріст, % до контролю	0,8	2,9	0,4	2,5	2,6	5,4	1,6	2,3

є ефективним способом покращення біометричних показників льону олійного.

Бактеризація насіння мікробним препаратом сприяла підвищенню врожайності соломи. Так, приріст урожаю соломи за сортами загалом складав на фоні ПМБ 0,33 т/га, або +14,2 % за урожаю на контролі (без інокуляції) — 2,33 т/га. Водночас приріст за окремими сортами варіював від 0,17 до 0,51 т/га (8,9–16,8 %). Найбільшу врожайність льоносоломи, незалежно від інокуляції, отримали по сорту Байкал (табл. 3).

Урожайність насіння льону також зростала за застосування бактеризації (табл. 4). В середньому за сортами на фоні інокуляції врожайність насіння істотно підвищувалася щодо контролів. Приріст складав 0,23 т/га (+25 %) за врожайності на контролях у середньому 0,92 т/га. Окремо за сортами приріст коливався на фоні бактеризації від 0,16 до 0,34 т/га (+16,7–39,5 %). Максимальну урожайність насіння в середньому за три роки отримано по ранньостиглому сорту Дебют.

Так, на контрольному фоні вона становила 1,04 т/га, що перевищувало показники інших сортів на 0,08–0,22 т/га (8,3–26,8 %), на фоні бактеризації ця різниця була в межах 0,03–0,28 т/га, або 2,4–28 % (табл. 4).

Аналіз метеорологічних умов вегетації у роки досліджень свідчить про значні відхилення показників гідротермічного режиму від середнього багаторічного рівня, що визначило досить суттєвий вплив погодних умов (фактор — рік вирощування) на продуктивність сортів льону олійного (рис. 2).

Так, вплив погодних умов року вирощування на формування врожайності насіння складав 92,3 %, а соломи — 86,3 %. У зв'язку з цим інші чинники впливали на врожайність льону менш істотно. Фактор генотипових особливостей сортів щодо врожаю соломи дорівнював 7,7 %, а щодо врожаю насіння — 1,0 %.

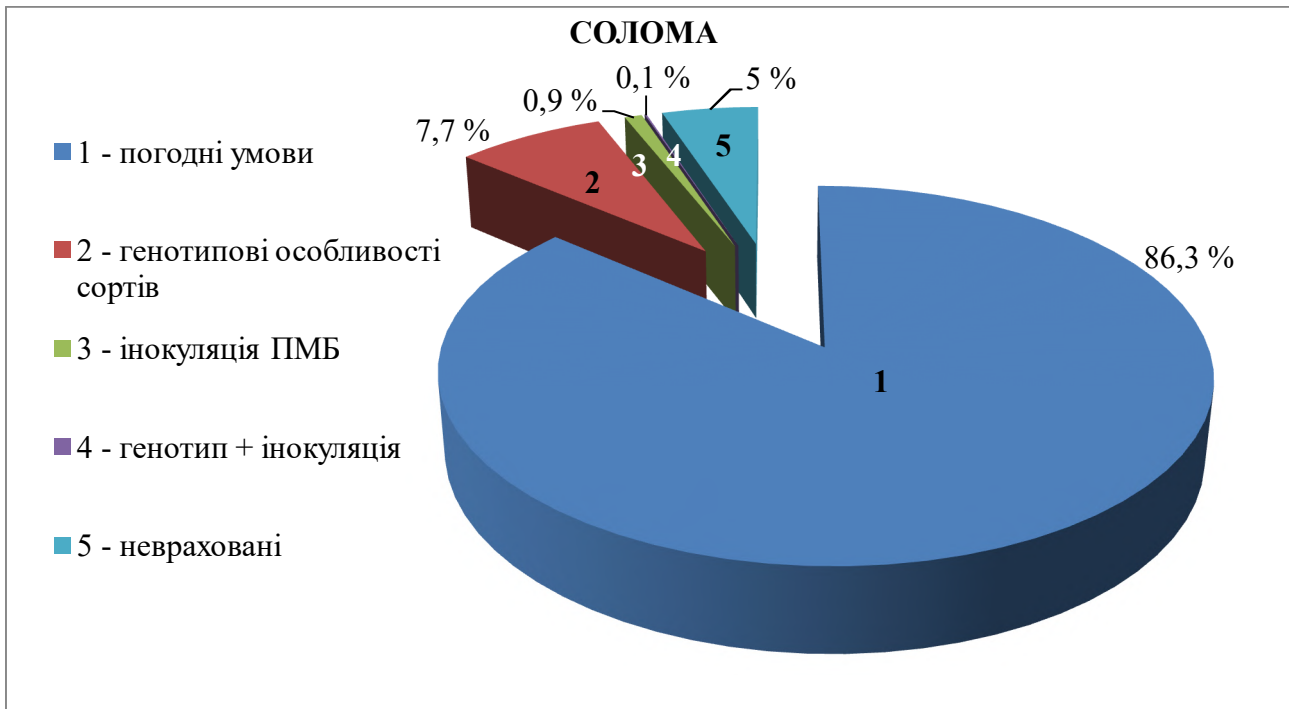
Інокуляція насіння льону олійного Поліміксобактерином в умовах досліджень вплинула на рівень урожайності значно меншою

Таблиця 3. Урожайність соломи різних сортів льону олійного залежно від інокуляції насіння ПМБ (середнє за 2008–2010 рр.)

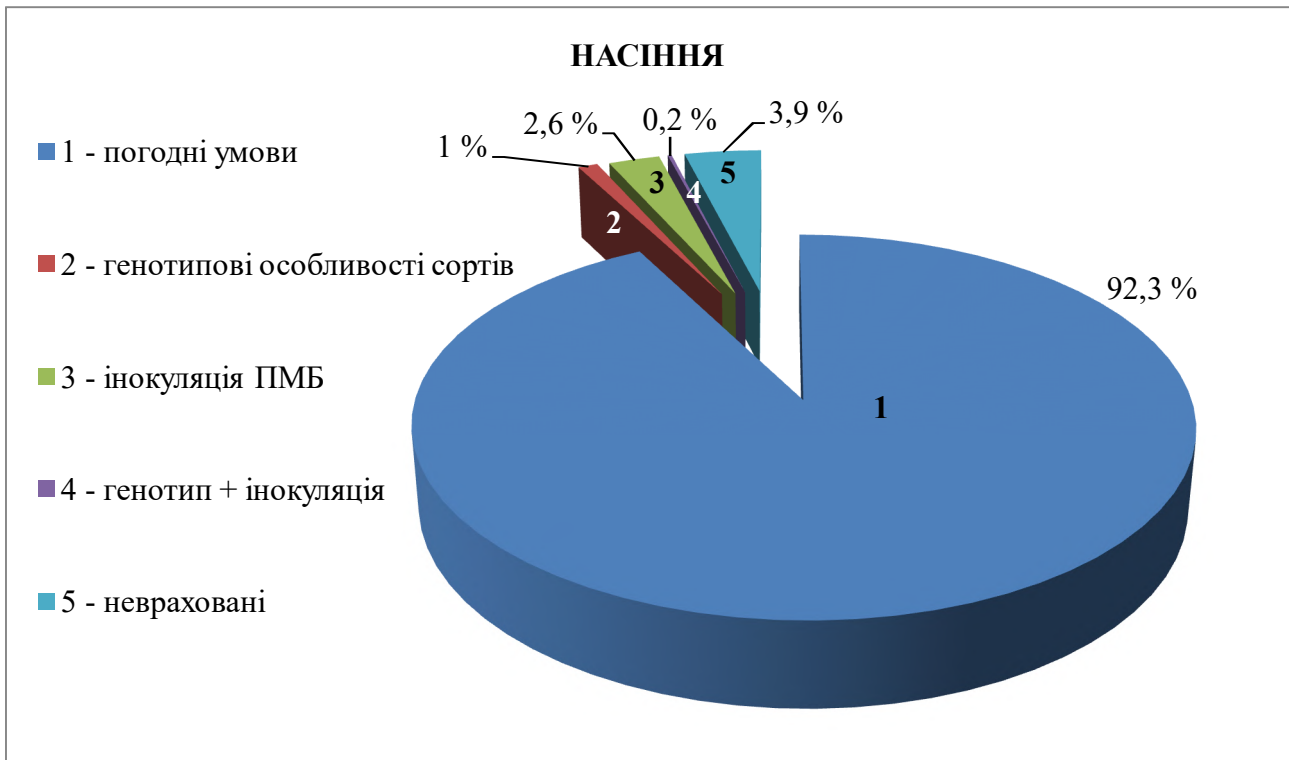
Сорти (фактор А)	Варіанти інокуляції (фактор Б)						Середнє за фактором А		
	без інокуляції — контроль			інокуляція					
	т/га	приріст		т/га	приріст		т/га	приріст	
		±	%		±	%		±	%
Дебют	2,02	–	–	2,36	+0,34	16,8	2,19	–	100
Південна ніч	2,07	–	–	2,36	+0,29	14,0	2,21	+0,02	0,9
Айсберг	1,91	–	–	2,23	+0,32	16,7	2,07	–0,12	–5,5
Орфей	2,42	–	–	2,77	+0,35	14,5	2,59	+0,40	18,3
Байкал	3,03	–	–	3,54	+0,51	16,8	3,28	+1,09	49,8
Урал	2,98	–	–	3,29	+0,31	10,4	3,13	+0,94	42,9
Золотистий	1,90	–	–	2,07	+0,17	8,9	1,98	–0,21	–9,6
Середнє за фактором Б	2,33	–	–	2,66	+0,33	14,2	–	–	–
НІР _{0,5} , т/га:	для будь-яких середніх						0,837		
	для сорту (А)						0,592		
Р, % 11,5	для інокуляції (Б)						0,316		
	для взаємодії (АБ)						0,592		

Таблиця 4. Урожайність насіння різних сортів льону олійного залежно від інокуляції ПМБ (середнє за 2008–2010 рр.)

Сорти (фактор А)	Варіанти інокуляції (фактор Б)						Середнє за фактором А		
	без інокуляції — контроль			інокуляція					
	т/га	приріст		т/га	приріст		т/га	приріст	
		±	%		±	%		±	%
Дебют	1,04	–	–	1,28	+0,24	23,1	1,16	–	100
Південна ніч	0,94	–	–	1,10	+0,16	17,0	1,02	–0,14	–12,1
Айсберг	0,89	–	–	1,13	+0,24	27,0	1,01	–0,15	–12,9
Орфей	0,86	–	–	1,20	+0,34	39,5	1,03	–0,13	–11,2
Байкал	0,92	–	–	1,25	+0,33	35,9	1,08	–0,08	–6,9
Урал	0,96	–	–	1,12	+0,16	16,7	1,04	–0,12	–10,4
Золотистий	0,82	–	–	1,00	+0,18	21,9	0,91	–0,25	–21,6
Середнє за фактором Б	0,92	–	–	1,15	+0,23	25,0	–	–	–
НІР _{0,5} , т/га:	для будь-яких середніх						0,303		
	для сорту (А)						0,214		
Р, % 1,0	для інокуляції (Б)						0,114		
	для взаємодії (АБ)						0,214		



А)



Б)

Рис. 2. Частка впливу факторів на продуктивність льону олійного (середнє за 2008–2010 рр.), %
 А) — солома, Б) — насіння

мірою. По насінню частка фактора складала 2,6 %, а по соломі — 0,9 %, проте була істотною. Взаємодія факторів (генотип + інокуляція), відповідно, складала по соломі 0,1 %, насінню — 0,2 %, що в обох випадках не виходило за межі похибки досліду.

Висновки. За результатами польових дослідів у зональних умовах Лівобережного

Полісся встановлено, що за використання біопрепарату Поліміксобактерину досягається найвища врожайність сортів льону олійного різних типів скоростиглості, навіть за несприятливих погодних умов вегетаційного періоду.

Отже, бактеризація насіння сортів льону олійного мікробним препаратом Поліміксо-

бактерином забезпечувала приріст урожайності в середньому за семи сортами — соломи 0,33 т/га (14,2 %), насіння — 0,23 т/га (25 %) — за показників на контролі (без інокуляції), відповідно, 2,33 т/га та 0,92 т/га. Максимальний урожай в умовах досліджень по насінню на фоні бактеризації забезпечив Дебют — 1,28 т/га за коливань величин цього показника за іншими сортами від 1,00 до 1,25 т/га.

ЦИТОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Сучасні технології відтворення родючості ґрунтів та підвищення продуктивності агроєко-систем. Науково-технологічне забезпечення аграрного виробництва / за ред. Ю. О. Тараріко. Київ : Аграрна наука, 2004. 12 с.

2. Відтворення родючості ґрунтів у ґрунтозахисному землеробстві / за ред. М. К. Шикили. Київ : Оранта, 1998. 680 с.

3. Кисіль В. І. Біологічне землеробство в Україні: проблеми і перспективи. Харків : Штрих, 2000. 161 с.

4. Shanmugavel D., Rusyn I., Solorza-Feria O., Kamaraj S.-K. Sustainable SMART fertilizers in agriculture systems: A review on fundamentals to in-field applications. *Science of The Total Environment*. 2023. Vol. 904. № 166729. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.166729>

5. Сільське господарство України. Статистичний збірник. Державна служба статистики України. 2022 р.

6. Penuelas J., Coello F., Sardans J. A better use of fertilizers is needed for global food security and environmental sustainability. *Agriculture & Food Security*. 2023. Vol. 12, № 1. <https://doi.org/10.1186/s40066-023-00409-5>

7. Bindraban P. S., Dimkra C., Nagarajan L., Roy A., Rabbinge R. Revisiting fertilisers and fertilisation strategies for improved nutrient uptake by plants. *Biology and Fertility of Soils*. 2015. Vol. 51, № 8. P. 897–911. <https://doi.org/10.1007/s00374-015-1039-7>

8. Дегодюк Е. Г., Проненко М. М., Ігнатенко Ю. О., Пипчук Н. М., Мулярчук А. О. Сучасні системи удобрення в землеробстві України: науково-методичні та науково-практичні рекомендації / за ред. д-ра с.-г. наук С. Е. Дегодюка. Вінниця : ТВОРИ, 2020. 84 с.

9. Мікробні препарати у землеробстві. Теорія і практика / за ред. В. В. Волгогона. Київ : Аграрна наука, 2006. 312 с.

10. Вінюков О. О., Бондарева О. Б. Біологізація технології вирощування зернових як засіб екологізації та підвищення зернової продуктивності. *Формування нової парадигми розвитку агропромислового сектору в XXI столітті : колек-*

тивна монографія : у 2 ч. / відп. за випуск О. В. Аверчев. Львів-Торунь : Ліга-Прес. 2021. С. 563–592. <https://doi.org/10.36059/978-966-397-240-4-20>

11. Kour D., Rana K. L., Yadav A. N., Yadav N., Kumar M., Kumar V. ... Saxena A. K. Microbial biofertilizers: Bioresources and eco-friendly technologies for agricultural and environmental sustainability. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. 2020. Vol. 23. 101487. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2019.101487>

12. Гриник І. В., Локоть О. Ю., Корнута Ю. П. Мікробні препарати як засіб підвищення продуктивності льону-довгунця та екологічної безпечності технології його вирощування. *Агроєкологічний журнал*. 2009. № 3. С. 63–68.

13. Елементи біорегуляції в агротехнологіях прядивних та олійних культур для сталого розвитку в адаптивній системі землеробства : [колект.] монографія / за ред. О. Ю. Локотя. Чернівці : Чернігівська політехніка, 2023. 778 с.

14. Shahwar D., Mushtaq Z., Mushtaq H., Alqarawi A. A., Park Y., Alshahrani T. S., Faizan, S. Role of microbial inoculants as bio fertilizers for improving crop productivity: A review. *Heliyon*. 2023. Vol. 9, № 6. e16134. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16134>

15. Зміна клімату: наслідки та заходи адаптації: аналіт. доповідь / за ред. С. П. Іванюти. Київ : НІСД, 2020. 110 с.

16. Шувар А. М., Рудавська Н. М., Дзюбайло А. Г. Продуктивність льону олійного залежно від впливу біопрепаратів та комплексних мікродобрив. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2021. Вип. 69, № 1. С. 142–156. [https://doi.org/10.32636/01308521.2021-\(69\)-9](https://doi.org/10.32636/01308521.2021-(69)-9)

17. Шувар А., Сало Я. Застосування комплексних мікродобрив та біопрепаратів за органічного виробництва льону олійного. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України*. 2021. Вип. 29, № 43. С. 184–194. [http://doi.org/10.31473/2305-5987-2021-1-29\(43\)-17](http://doi.org/10.31473/2305-5987-2021-1-29(43)-17)

18. Сябрук Т. А., Коновалова В. М., Левенець Т. П., Рудік О. Л. Вплив біологічних препаратів на продуктивність льону олійного в умовах Південного Степу України. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2021. Вип. 34. С. 61–68. <https://doi.org/10.35868/1997-3004.34.61-68>

19. Думич В. Дослідження ефективності застосування біопрепаратів у технології вирощування льону олійного. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України*. 2019. Вип. 24, № 38. С. 296–301. [https://doi.org/10.31473/2305-5987-2019-1-24\(38\)-31](https://doi.org/10.31473/2305-5987-2019-1-24(38)-31)

20. Шеремет Ю. В., Дідора В. Г., Шваб С. Б. Сорткові особливості технології вирощування льону олійного в умовах Полісся України.

Луб'яні та технічні культури. 2014. Вип. 3, № 8. С. 102–106.

21. Онюх Ю. М. Особливості вирощування льону олійного в умовах Західного Полісся. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2017. Вип. 27. С. 37–44.

22. Методика проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Загальна частина / уклад.: С. О. Ткачик, О. І. Присяжнюк, Н. В. Лещук; Укр. ін-т експертизи сортів рослин. 4-те вид., випр. і допов. Вінниця : Корзун Д. Ю., 2016. 118 с.

23. Методи визначення показників якості продукції рослинництва. Державна служба з охорони прав на сорти рослин. Український інститут експертизи сортів рослин. Київ : Арефа, 2000. 152 с.

24. Спосіб бактеризації насіння фосфатомобілізуєчими препаратами: пат. 76153 Україна. МПК А01С1/06, Л. М. Токмакова, В. І. Канівець, В. І. Сорока, П. К. Пасічник, Н. М. Близнюк, І. В. Ларченко, І. М. Піщур; заявник і патенто власник: Інститут сільськогосподарської мікробіології УААН. № 20031212168, заявл. 23.12.2003; опубл. 17.07.2006, Бюл. № 7.

25. Токмакова Л. М., Шевченко Л. А., Трепач А. О. *Paenibacillus polymyxa* KB — продуцент біологічно активних речовин. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2022. Вип. 35. С. 42–57. <https://doi.org/10.35868/1997-3004.35.42-57>

26. Токмакова Л. М., Трепач А. О., Шевченко Л. А. Ефективність фосфорного живлення рослин кукурудзи за дії Поліміксобактерину. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2019. № 1. С. 73–80. <https://doi.org/10.31210/visnyk2019.01.09>

Отримано 24.04.2024

<https://doi.org/10.35868/1997-3004.39.60-70>

UDC 633.521

EFFICIENCY OF INOCULATION OF VARIOUS COMMON FLAX PLANTS UNDER THE CONDITIONS OF THE LEFT BANK POLISSIA

O. Yu. Lokot¹, S. M. Selinnyi¹, M. M. Parkhomenko¹, O. V. Lohosha^{1,2}

¹Chernihiv Polytechnic National University

²Institute of Agricultural Microbiology and Agroindustrial Manufacture, NAAS, Chernihiv

e-mail: loy6209@stu.cn.ua

Objective. Determine the peculiarities of the growth and development of plants of differently ripening varieties of common flax and the formation of their harvest under the conditions of the Left Bank Polissia after bacterization of seeds with Polimiksobacteryn. **Methods.** Field experiment (the study was carried out on sod-medium-podzolic loamy soil; the area of the sowing plot is 60 m², the area of the accounting plot is 25 m², repetition is four times). In the experiments, 7 varieties of common flax were used (early-ripening: Debiut, medium-ripening: Pivdenna Nich, Aisberh, Orfei and late-ripening: Baikal, Ural and Zolotystyi). Microbial preparation Polimiksobacteryn based on *Paenibacillus polymyxa* KB was used for bacterization of flax seeds. The experiment was carried out against the background of mineral nutrition with N₁₅P₃₀K₄₅, fertilizers were applied under pre-sowing soil treatment. **Results.** On average, over three years, pre-sowing inoculation of flax seeds with Polimiksobacteryn contributed to the growth of the total height of plants versus controls (without inoculation): in the 'fir-tree' phase by 1.4 cm (11.1 %), in the period of rapid growth by 2.1 cm (10.1 %), budding — by 2.1 cm (7.5 %), flowering — by 2.4 cm (6.8 %) and full ripening — by 2.3 cm (5.5 %). The use of Polimiksobacteryn contributed to an increase in the number of pods on the plant by 1.9 pcs. (16.1 %) and weight of 1000 seeds by 0.13 g (2.3 %) versus the control. The increase in the yield of straw of the studied varieties in the variants with Polimiksobacteryn was on average 0.33 t/ha, which is 14.2 % higher than in the control variants (without inoculation). The yield of flax seeds also increased after bacterization. On average, increase in the different varieties versus the controls was 0.23 t/ha (25 %). The maximum yield of seeds in an average of three years was obtained with the early-ripening Debiut variety, it exceeded the yield of other varieties

in the variant with bacterization by 0.03–0.28 t/ha (2.4–28.0 %) and amounted to 1.04 t/ha. **Conclusion.** According to the results of study, in the zonal conditions of the Left Bank Polissia of Ukraine, it was established that the use of the biological preparation Polimiksobacteryn results in the highest yield of common flax varieties of different types of ripening, even under unfavourable weather conditions of the growing season.

Key words: common flax, early-ripening, medium-ripening, late-ripening varieties, bacterization, Polimiksobacteryn, phosphate-mobilizing bacteria.

REFERENCES

1. Tarariko, Yu. O. (Ed.). (2004). *Suchasni tekhnologii vidtvorennia rodiuchosti gruntiv ta pidvyshchennia produktyvnosti ahroekosystem. Naukovo-tekhnologichne zabezpechennia ahrarynoho vyrobnytstva* [Modern technologies for reproducing soil fertility and increasing the productivity of agroecosystems. Scientific and technological support of agricultural production]. Kyiv: Ahrarna nauka [in Ukrainian].
2. Shykula, M. K. (Ed.). (1998). *Vidtvorennia rodyuchosti gruntiv u gruntozakhysnomu zemlerobstvi* [Reproduction of soil fertility in soil protection agriculture]. Kyiv: Oranta [in Ukrainian].
3. Kysil, V. I. (2000). *Biologichne zemlerobstvo v Ukraini: problemy i perspektyvy* [Biological farming in Ukraine: problems and prospects]. Kharkiv: Shtrykh [in Ukrainian].
4. Shanmugavel, D., Rusyn, I., Solorza-Feria, O., & Kamaraj, S.-K. (2023). Sustainable SMART fertilizers in agriculture systems: A review on fundamentals to in-field applications. *Science of the Total Environment*, 904, 166729. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.166729>
5. *Sil'ske hospodarstvo Ukrainy. Statystychnyi zbirnyk* [Agriculture of Ukraine. Statistical collection]. (2022). Kyiv: Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy [in Ukrainian].
6. Penuelas, J., Coello, F., & Sardans, J. (2023). A better use of fertilizers is needed for global food security and environmental sustainability. *Agriculture & Food Security*, 12 (1). <https://doi.org/10.1186/s40066-023-00409-5>
7. Bindraban, P. S., Dimkpa, C., Nagarajan, L., Roy, A., & Rabbinge, R. (2015). Revisiting fertilizers and fertilisation strategies for improved nutrient uptake by plants. *Biology and Fertility of Soils*, 51 (8), 897–911. <https://doi.org/10.1007/s00374-015-1039-7>
8. Dehodiuk, S. E. (Ed.). (2020). *Suchasni systemy udobrennia v zemlerobstvi Ukrainy: naukovo-metodychni ta naukovo-praktychni rekomendatsii* [Modern fertilization systems in agriculture of Ukraine: scientific-methodical and scientific-practical recommendations]. Vinnytsia: TVORY [in Ukrainian].
9. Volkohon, V. V. (Ed.). (2006). *Mikrobnii preparaty u zemlerobstvi. Teoriia i praktyka* [Microbial preparations in agriculture. Theory and practice]. Kyiv: Ahrarna nauka [in Ukrainian].
10. Viniukov, O. O., & Bondareva, O. B. (2021). *Biologizatsiia tekhnologii vyroshchuvannia zernovykh yak zasib ekolohizatsii ta pidvyshchennia zernovoi produktyvnosti. Formuvannia novoi paradyhmy rozvytku ahropromyslovoho sektoru v XXI stolitti* [Biologization of grain growing technology as a means of greening and increasing grain productivity. The formation of a new paradigm for the development of the agricultural sector in the XXI century], 563–592 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.36059/978-966-397-240-4-20>
11. Kour, D., Rana, K. L., Yadav, A. N., Yadav, N., Kumar, M., Kumar, V. ... Saxena, A. K. (2020). Microbial biofertilizers: Bioresources and eco-friendly technologies for agricultural and environmental sustainability. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 23, 101487. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2019.101487>
12. Hrynyk, I. V., Lokot, O. Yu., & Kornuta, Yu. P. (2009). Mikrobnii preparaty yak zasib pidvyshchennia produktyvnosti lonu-dovhuntsia ta ekolohichnoi bezpechnosti tekhnologii yoho vyroshchuvannia [Microbial preparations as a means of increasing the productivity of flax and the ecological safety of its growing technology]. *Ahroekolohichnyi Zhurnal — Agroecological Journal*, 3, 63–68 [in Ukrainian].
13. Lokot, O. Yu. (Ed.). (2023). *Elementy biorehuliatcii v ahrotekhnologiiakh priadyvnykh ta oliinykh kultur dlia staloho rozvytku v adaptivnykh systemi zemlerobstva* [Elements of bioregulation in agrotechnologies of cotton and oilseed crops for sustainable development in an adaptive farming system] Chernihiv: Chernihivska politekhnika [in Ukrainian].
14. Shahwar, D., Mushtaq, Z., Mushtaq, H., Alqarawi, A. A., Park, Y., Alshahrani, T. S., & Faizan, S. (2023). Role of microbial inoculants as bio fertilizers for improving crop productivity: A review. *Heliyon*, 9 (6), e16134. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16134>
15. Ivaniuta, S. P. (Ed.). (2020). *Zmina klimatu: naslidky ta zakhody adaptatsii: analit. Dopovid* [Climate change: consequences and measures of adaptation: analytical report]. Kyiv: NISD [in Ukrainian].
16. Shuvar, A. M., Rudavska, N. M., & Dziubailo, A. H. (2021). Produktyvnist lonu oliinoho

- zalezno vid vplyvu biopreparativ ta kompleksnykh mikrodobryv [The impact of biopreparations and complex microfertilizers on the productivity of oil flax]. *Peredhirne ta Hirske Zemlerobstvo i Tvarynytstvo — Foothill and Mountain Agriculture and Stockbreeding*, 69 (1), 142–156 [in Ukrainian]. [https://doi.org/10.32636/01308521.2021-\(69\)-9](https://doi.org/10.32636/01308521.2021-(69)-9)
17. Shuvar, A., & Salo, Ya. (2021). Zastosuvannia kompleksnykh mikrodobryv ta biopreparativ za orhanichnoho vyrobnytstva lonu oliinoho [Application of complex fertilizers and biopreparations in organic production of oil flax]. *Tekhniko-Tekhnologichni Aspekty Rozvytku ta Vyprobuvannia Novoi Tekhniki i Tekhnologii Dlia Silskoho Hospodarstva Ukrainy — Technical and Technological Aspects of Development and Testing of New Machinery and Technologies for Agriculture of Ukraine*, 29 (43), 184–194 [in Ukrainian]. [http://doi.org/10.31473/2305-5987-2021-1-29\(43\)-17](http://doi.org/10.31473/2305-5987-2021-1-29(43)-17)
18. Siabruk, T. A., Konovalova, V. M., Levenets, T. P., & Rudik, O. L. (2021). Vplyv biologichnykh preparativ na produktyvnist lonu oliinoho v umovakh Pivdennoho Stepu Ukrainy [Influence of biopreparations on oil flax productivity under conditions of Southern Steppe of Ukraine]. *Silskohospodarska mikrobiologhiia — Agricultural Microbiology*, 34, 61–68 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.35868/1997-3004.34.61-68>
19. Dumych, V. (2019). Doslidzhennia efektyvnosti zastosuvannia biopreparativ u tekhnologii vyroshchuvannia lonu oliinoho [Investigation of the efficiency of biopreparations application in the technology of the cultivating of flax]. *Tekhniko-Tekhnologichni Aspekty Rozvytku ta Vyprobuvannia Novoi Tekhniki i Tekhnologii Dlia Silskoho Hospodarstva Ukrainy — Technical and Technological Aspects of Development and Testing of New Machinery and Technologies for Agriculture of Ukraine*, 24 (38), 296–301 [in Ukrainian]. [https://doi.org/10.31473/2305-5987-2019-1-24\(38\)-31](https://doi.org/10.31473/2305-5987-2019-1-24(38)-31)
20. Sheremet, Yu. V., Didora, V. H., & Shvab, S. B. (2014). Sortovi osoblyvosti tekhnologii vyroshchuvannia lonu oliinoho v umovakh Polissia Ukrainy [Features of varietal technology of seed rates and doses of fertilizers and their effect on linseed's programmable crop on light gray soils of Ukrainian Polissia]. *Lubiani ta tekhnichni kultury — Bast and technical crops*, 3 (8), 102–106 [in Ukrainian].
21. Oniukh, Yu. M. (2017). Osoblyvosti vyroshchuvannia lonu oliinoho v umovakh Zakhidnoho Polissia [Oil flax growing features in Western Polissya conditions]. *Podilskyi visnyk: silske hospodarstvo, tekhnika, ekonomika — Podilian Bulletin: agriculture, engineering, economics*, 27, 37–44 [in Ukrainian].
22. Tkachyk, S. O., Prysiazhniuk, O. I., & Leshchuk, N. V. (2016). *Metodyka provedennia kvalifikatsiinoi ekspertyzy sortiv roslin na prydatnist do poshyrennia v Ukraini. Zahalna chastyna* [Methodology for the qualification examination of plant varieties for suitability for distribution in Ukraine. General part]. Ukrainian Institute for Plant Variety Examination. Vinnytsia: Korzun D. Yu. [in Ukrainian].
23. *Metody vyznachennia pokaznykiv yakosti produktsii roslinnytstva* [Methods of determining quality indicators of crop production]. (2000). Derzhavna sluzhba z okhorony prav na sorty roslin. Ukrainian Institute for Plant Variety Examination. Kyiv: Arefa [in Ukrainian].
24. Pat. 76153 UA, MPK A01S1/06. The method of seed sterilization with phosphate-mobilizing drugs, Tokmakova, L. M., Kanivets, V. I., Soroka, V. I., Pasichnyk, P. K., Blyzniuk, N. M., Larchenko, I. V., Pishchur, I. M., Publ. 17.07.2006 [in Ukrainian].
25. Tokmakova, L. M., Shevchenko, L. A., & Trepach, A. O. (2022). Paenibacillus polymyxa KV — produtsent biologichno aktyvnykh rehovyn [Paenibacillus polymyxa KB — producer of biologically active substances]. *Silskohospodarska mikrobiologhiia — Agricultural Microbiology*, 35, 42–57 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.35868/1997-3004.35.42-57>
26. Tokmakova, L. M., Trepach, A. O., & Shevchenko, L. A. (2019). Efektyvnist fosforno zhyvlennia roslin kukurudzy za dii Polimiksobakterynu [The effectiveness of phosphorus corn plants' nutrition with Polymixobacterin]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii — Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 1, 73–80 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.31210/visnyk2019.01.09>

Received 24.04.2024