

УДК 631.547:57.087

Особливості формування врожайності гороху в разі застосування заходів підвищення толерантності до посухового стресу в умовах Правобережного Лісостепу України

О. І. Присяжнюк^{1*}, А. С. Заришняк², Т. П. Костина³,
В. М. Сінченко¹, І. В. Свистунова⁴, К. А. Калатур¹

¹Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України, вул. Клінічна, 25, м. Київ, 03110, Україна, *e-mail: ollpris@gmail.com

²Національна академія аграрних наук України, вул. Михайла Омеляновича-Павленка, 9, м. Київ, 01010, Україна

³ТОВ «БАСФ Т.О.В», б-р Миколи Міхновського, 19, м. Київ, 01042, Україна

⁴Національний університет біоресурсів і природокористування України, вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, 03041, Україна

Мета. Установити закономірності формування врожайності та якості насіння гороху в разі застосування заходів підвищення толерантності до посухового стресу культури в умовах зони нестійкого зволоження Правобережного Лісостепу України. **Методи.** Польові дослідження проводили в умовах Уладово-Люлинецької ДСС Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН (Вінницька обл., зона нестійкого зволоження Правобережного Лісостепу України) упродовж 2015–2019 рр. Горох сорту 'Юлій' вирощували за схемою чотирифакторного польового дослідження із застосуванням вологоутримувача Aquasorb (200 кг/га), обробки ґрунту мікоризоутворювальним біопрепаратом Мікофренд (1 л/га), обробки насіння регулятором росту рослин Келпак РК (3 л/т) та позакореневого внесення в період вегетації мікродобрив Біовіт (7 л/га, ВВСН 14) і Фрея-Аква Бобові (1,5 л/га, ВВСН 14). Вологоутримувач Aquasorb уносили під ранньовесняну культивування суцільним способом за допомогою розкидача типу Amazone ZA-TS 3200. **Результати.** У середньому на рослині гороху формувалось 6,4 боба, з них 5,3 шт. – з насінням. При цьому найкращим варіантом було застосування передпосівної обробки насіння регулятором росту Келпак РК, внесення в ґрунт вологоутримувальних полімерів Aquasorb та мікоризоутворювального біопрепарату Мікофренд з наступною обробкою рослин мікродобривами Біовіт або Фрея-Аква Бобові, що сприяло формуванню 6,2–6,3 шт./рослину виповнених бобів. При цьому в разі застосування додаткових елементів агротехніки відсоток виповнених бобів зростав до 85–86 (контроль – 77,5 %). У середньому за роки досліджень застосування передпосівної обробки насіння регулятором росту Келпак РК, внесення в ґрунт Aquasorb та мікоризоутворювального біопрепарату Мікофренд, з наступною обробкою рослин мікродобривами Біовіт або Фрея-Аква Бобові сприяло формуванню найвищої врожайності гороху на рівні 5,55 та 5,57 т/га зі збором сирого протеїну по 1,43 т/га, жиру – по 0,09 т/га, крохмалю – 2,85 і 2,86 т/га відповідно. **Висновки.** Серед факторів впливу на формування врожайності гороху можна виділити важливе значення умов року (31 %), особливо активний вплив яких спостерігався у варіантах без застосування вологоутримувача. Гідрогель визначав 29 % приросту врожаю, регулятор росту – 19 %, мікоризоутворювальний препарат – 11 % та мікродобрива – 9 %.

Ключові слова: адсорбент; регулятор росту рослин; мікродобриво; мікоризоутворювальний біопрепарат; урожайність; протеїн; жир; крохмаль.

Вступ

Горох належить до культур інтенсивного землеробства, що за сівби в оптимальні строки та формування добрих умов для росту й розвитку рослин здатні забезпечувати високу продуктивність [1, 2]. Зокрема, досліді, проведені у 2017–2019 рр. на дослідному полі Львівського національного аграрного університету на темно-сірому опідзоленому легкосуглинковому ґрунті, показали можливість підвищення врожайності гороху до рівня 6,5–7,0 т/га. Причому В. В. Лихочвор зі співавторами [3] показали, що врожайність насіння у сорту 'Мадонна' на контролі без добрив становила 4,00 т/га, а найвищою вона була у варіанті зі внесенням $P_{60}K_{60} + N_{60} + Mg_{20} + S_{30}$

Присяжнюк О. І., Заришняк А. С., Костина Т. П., Сінченко В. М., Свистунова І. В., Калатур К. А. Особливості формування врожайності гороху в разі застосування заходів підвищення толерантності до посухового стресу в умовах Правобережного Лісостепу України. *Новітні агротехнології*. 2021. № 9. <https://doi.org/10.47414/na.9.2021.285487>

+ Інтермаг бобові (2 л/га) – 6,43 т/га. Внаслідок удосконалення системи живлення гороху врожайність зроста порівняно з контролем (Р₀К₀) на 2,43 т/га, або на 60,7 %. Приріст її від внесення мікродобрива Інтермаг бобові становив 0,31 т/га.

Дослідження, проведені в умовах стаціонарного багатофакторного польового досліду відділу адаптивних інтенсивних технологій зернобобових, круп'яних і олійних культур ННЦ «Інститут землеробства НААН» Т. М. Рябокін, С. П. Дворецькою та Г. М. Єфіменко, показали, що найкращі умови для росту, розвитку та формування продуктивності гороху 'Чекбек' забезпечило застосування інтегрованого захисту та інокулювання насіння, внесення мінеральних добрив у дозах N₄₅P₆₀K₉₀ з позакореневим підживленням N₁₅ (III–IV е. о.) та внесення рістстимулювального препарату Росток. Зокрема, врожайність насіння становила 3,59 т/га, тоді як на контролі лише 1,65 т/га [4].

Тобто фактично це культура досить інтенсивного типу розвитку [5, 6], що позитивно реагує на застосування додаткових елементів технології вирощування, кардинально активізуючи не тільки ростові процеси, а й формуючи значно вищий рівень структури врожаю та продуктивності [7–9].

При цьому, серед зернобобових культур горох займає доволі цікаве місце за потребою у волозі та власне вимогах до режиму водоспоживання. Передусім горох досить вимогливий до доступності вологи в ґрунті, адже для проростання потребує не менше ніж 105–110 % вологи від маси насіння. Формування насіння з великою концентрацією білків та інших запасних поживних речовин потребує значних кількостей вологи, а тому транспіраційний коефіцієнт культури становить 400–600 [10–12].

Мета досліджень – установити закономірності формування врожайності та якості насіння гороху в разі застосування заходів підвищення толерантності до посухового стресу культури в умовах зони нестійкого зволоження Правобережного Лісостепу України.

Матеріали та методика досліджень

Польові дослідження виконували в умовах Уладово-Люлинецької дослідно-селекційної станції Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН (зона нестійкого зволоження Правобережного Лісостепу України), розташованої в с. Уладівське Хмельницького району Вінницької області впродовж 2015–2019 рр. Схема досліду наведена в таблиці 1.

Таблиця 1

Розроблення елементів технології, спрямованих на підвищення толерантності до водного дефіциту гороху на ранніх етапах росту й розвитку рослин

Вологоутримувач	Обробка ґрунту	Регулятор росту	Мікродобриво	№	
Контроль	Контроль	Контроль	Контроль	1	
		Контроль	Біовіт (7 л/га, ВВСН 14)	2	
		Контроль	Фрея-Аква Бобові (1,5 л/га, ВВСН 14)	3	
		Келпак РК (3 л/т)	Контроль	4	
		передпосівна обробка насіння	Біовіт (7 л/га, ВВСН 14)	5	
		обробка насіння	Фрея-Аква Бобові (1,5 л/га, ВВСН 14)	6	
	Мікоризоутворювальний біопрепарат Мікофренд (1 л/га)	Контроль	Контроль	Контроль	7
			Контроль	Біовіт (7 л/га, ВВСН 14)	8
			Контроль	Фрея-Аква Бобові (1,5 л/га, ВВСН 14)	9
			Келпак РК (3 л/т)	Контроль	10
			передпосівна обробка насіння	Біовіт (7 л/га, ВВСН 14)	11
			обробка насіння	Фрея-Аква Бобові (1,5 л/га, ВВСН 14)	12
Вологоутримувальні полімери Aquasorb (200 кг/га)	Контроль	Контроль	Контроль	13	
		Контроль	Біовіт (7 л/га, ВВСН 14)	14	
		Контроль	Фрея-Аква Бобові (1,5 л/га, ВВСН 14)	15	
		Келпак РК (3 л/т)	Контроль	16	
		передпосівна обробка насіння	Біовіт (7 л/га, ВВСН 14)	17	
		обробка насіння	Фрея-Аква Бобові (1,5 л/га, ВВСН 14)	18	
Мікоризоутворювальний біопрепарат Мікофренд (1 л/га)	Контроль	Контроль	Контроль	19	
		Контроль	Біовіт (7 л/га, ВВСН 14)	20	
		Контроль	Фрея-Аква Бобові (1,5 л/га, ВВСН 14)	21	
		Келпак РК (3 л/т)	Контроль	22	
		передпосівна обробка насіння	Біовіт (7 л/га, ВВСН 14)	23	
		обробка насіння	Фрея-Аква Бобові (1,5 л/га, ВВСН 14)	24	

Площа посівної ділянки становила 35 м², а облікової – 25 м²; повторність – чотириразова. Вирощували сорт безлисточкового гороху 'Юлій', норма висіву насіння в досліді становила 1,5 млн шт./га.

Вологоутримувач Aquasorb уносили під ранньовесняну культивуацію суцільним способом за допомогою розкидача типу Amazone ZA-TS 3200.

Ґрунт дослідного поля – чорнозем глибокий малогумусний вилугуваний піскуватий середньосуглинковий. Уміст гумусу – 3,9 % (за Тюрніним і Кононовою), реакція ґрунтового розчину слабкокисла, ближче до нейтральної. Уміст нітратного азоту – 16,4 мг/кг, амонійного азоту – 38,7, рухомих фосфатів – 83 (за Чиріковим) та обмінного калію – 103 мг/кг (за Чиріковим).

Погодні умови за роки досліджень були строкатими, з градацією від помірного зволоження до сильної посухи, що не тільки визначало ефективність росту й розвитку гороху, а й відповідало більш зоні недостатнього зволоження за показниками динамік зміни елементів погоди. Упродовж квітня – липня 2015–2019 рр. температура повітря була вищою порівняно із середніми багаторічними даними, а розподіл опадів носив нерівномірний характер. У цілому умови вегетаційних періодів дали змогу вивчити закономірності росту й розвитку рослин гороху та отримати високий рівень урожайності.

Експериментальні дослідження проводили згідно з методиками польового досліду та спеціальними методиками [13, 14].

Результати досліджень

Проаналізуємо дані структури врожаю гороху в разі застосування досліджуваних елементів технології, які наведено в таблиці 2.

Таблиця 2

Структура врожаю гороху (середнє за 2015–2019 рр.)

Варіант, №	Висота, см			Кількість, шт.			Маса, г		
	рослини	прикріплен- ня нижнього бобу	вузлів	бобів	бобів з насінням	насінин з однієї рослини	рослини	насіння з однієї рослини	1000 насінин
1	44,3	23,0	14,9	5,5	4,3	8,6	3,9	1,9	221,8
2	45,8	23,4	15,0	6,2	4,9	9,0	4,3	2,1	234,9
3	46,6	23,2	15,2	6,0	4,7	8,8	4,2	2,0	233,4
4	44,0	21,9	15,0	6,1	4,8	9,9	4,6	2,2	227,6
5	46,5	22,3	15,2	6,3	5,0	10,2	4,9	2,4	235,3
6	48,0	21,9	15,4	6,6	5,2	10,0	4,9	2,4	236,8
7	45,6	22,4	14,7	5,9	4,7	9,2	4,2	2,1	224,1
8	47,8	23,0	15,6	6,1	4,9	9,2	4,4	2,2	235,0
9	49,3	23,5	15,8	6,3	5,1	9,2	4,4	2,2	234,2
10	46,3	23,1	15,2	6,3	5,1	11,0	5,1	2,5	228,0
11	48,6	22,8	15,1	6,5	5,3	11,1	5,3	2,6	236,1
12	50,0	22,7	15,3	6,8	5,5	11,0	5,4	2,6	237,3
13	46,8	23,4	15,4	5,8	5,0	11,8	5,4	2,6	224,6
14	47,2	23,2	15,6	6,2	5,3	12,5	6,0	3,0	235,7
15	47,9	23,1	15,8	6,3	5,4	12,1	5,9	2,9	236,3
16	47,3	23,3	15,5	6,0	5,2	13,8	6,5	3,1	228,9
17	48,0	22,9	15,7	6,5	5,6	14,2	6,9	3,4	236,5
18	49,2	22,8	15,9	6,7	5,8	14,0	6,8	3,3	237,4
19	49,1	23,4	16,2	6,4	5,5	12,4	5,9	2,9	231,2
20	52,3	23,2	16,4	6,9	5,9	12,7	6,2	3,0	236,9
21	53,0	23,8	16,3	7,0	6,0	12,7	6,1	3,0	238,0
22	54,0	23,6	16,5	6,7	5,8	14,8	7,1	3,5	235,2
23	55,6	23,7	17,0	7,2	6,2	15,4	7,6	3,7	241,0
24	56,0	23,9	17,0	7,3	6,3	15,4	7,7	3,7	242,5
HP _{0,05}	2,1	3,2	1,0	0,4	0,3	1,2	0,5	0,2	23,5

Аналізуючи ознаку висоти рослин можна стверджувати, що за середнього по досліді показника – 48,7 см варіанти максимуму впливу факторів не призводили до кардинального переростання рослин, що могло спричинити їх вилягання. Обробка рослин мікродобривами Біовіт (7 л/га, ВВСН 14) або Фрея-Аква Бобові (1,5 л/га, ВВСН 14) сприяла формуванню вищих рослин на фоні дії решти факторів досліду. Однак найкращими фонами були варіанти внесення в ґрунт

вологоутримувальних полімерів Aquasorb (200 кг/га) та мікоризоутворювального біопрепарату Мікофренд (1 л/га) у поєднанні зокрема і з передпосівною обробкою насіння регулятором росту Келпак РК.

Серед усіх досліджуваних елементів структури врожаю гороху висота прикріплення нижнього бобу – один з найбільш архаїчних. Адже цю ознаку почали активно контролювати, зважаючи на значні втрати врожаю у процесі збирання комбайном, особливо з появою сортів з обмеженим ростом.

У наш час усі досліджувані сорти гороху мають розміщення нижнього бобу на висоті, достатній для механізованого збирання врожаю без утрат. Однак слід сказати, що вплив технології вирощування або дія несприятливих абіотичних факторів можуть змінювати цей показник.

За результатами проведених досліджень можна стверджувати, що за середньої висоти прикріплення нижнього бобу 23,1 см відхилення висоти за варіантами перебували в межах похибки досліду, тобто їх відхилення достовірно не відрізнялись. А це означає, що як додаткові агрозаходи, так і контрольні варіанти забезпечували формування рослин гороху, придатних до механізованого збирання без утрат врожаю.

Показник кількості вузлів на рослині гороху є важливим з точки зору формування рослин, стійких до вилягання. Причому за значного перекоосу в елементах живлення і домінування незбалансованого азотного живлення спостерігається формування вищих рослин зі зменшеною кількістю вузлів, що й сприяє зменшенню структурної міцності стебла гороху.

У наших дослідженнях у контрольному варіанті утворювалось 14,9 шт./рослину вузлів, а от у варіантах комбінованої дії елементів технології вирощування, в яких отримано вищі рослини, їх утворювалось 16,3–17,0 шт./рослину. На нашу думку, це сприяло збереженню структурної міцності стебла, а також було пов'язано зокрема і зі зростанням площі асиміляційної поверхні рослин.

У середньому на рослині гороху в умовах проведення польових досліджень формувалось 6,4 боба, з них 5,3 – з насінням. Причому кращим варіантом було застосування передпосівної обробки насіння регулятором росту Келпак РК (3 л/т), унесення в ґрунт вологоутримувальних полімерів Aquasorb (200 кг/га) та мікоризоутворювального біопрепарату Мікофренд (1 л/га), з наступною обробкою рослин у фазі ВВСН 14 мікродобривами Біовіт (7 л/га) або Фрея-Аква Бобові (1,5 л/га), що сприяло формуванню 6,2–6,3 шт./рослину виповнених бобів. При цьому за застосування додаткових елементів агротехніки виповненість бобів зростала до 85–86 % порівняно з контролем – 77,5 %.

Кількість насінин з рослини в контрольних варіантах була 8,6 шт., а кращі варіанти досліду забезпечували зростання кількості насіння до 14,0–15,4 шт., що відповідало збільшенню параметрів в 1,6–1,8 раза.

Причому такі особливості зміни структури рослини були підтверджені змінами показників маси рослин, маси насінин з рослини та маси 1000 насінин. Зокрема, маса рослини зростала з 3,9 г на контролі до 7,6–7,7 г на кращих варіантах досліду, маса насіння з рослини збільшувалась з 1,9 г до 3,7 г.

Також слід сказати, що співвідношення між масою насіння та рослини за варіантами досліду мало незначні відхилення. Адже ми використовували елементи технології, що впливають на загальні ростові процеси і які не могли істотно підвищити рівень обнасінення рослин. Підтвердженням цьому є й аналіз маси 1000 насінин, так на кращих варіантах ми отримали дещо кращі показники, однак загалом відхилення були в межах похибки досліду.

Кращими варіантами досліду, що сприяли формуванню оптимальних значень вагових показників структури рослин, було застосування передпосівної обробки насіння регулятором росту Келпак РК (3 л/т), внесення в ґрунт вологоутримувальних полімерів Aquasorb (200 кг/га) та мікоризоутворювального біопрепарату Мікофренд (1 л/га) та обробка рослин у фазі ВВСН 14 мікродобривами Біовіт (7 л/га) або Фрея-Аква Бобові (1,5 л/га).

Дані врожайності гороху в разі застосування досліджуваних елементів технології показано в таблиці 3.

Серед років досліджень найістотніший рівень урожайності гороху було спостережено у 2016 та 2018 роках, тоді як найменший – у 2015 та 2017-му.

За вирощування гороху, навіть в умовах формування достатнього рівня вологозабезпечення, внесення в ґрунт вологоутримувальних полімерів Aquasorb (200 кг/га) є ефективним засобом

підвищення урожайності посівів. Зокрема, цей агротехнічний захід сприяв отриманню на 1,45 т/га насіння гороху більше, ніж у варіантах без застосування гідрогелю.

Таблиця 3

Урожайність гороху, т/га (2015–2019 рр.)

Варіант, №	2015	2016	2017	2018	2019	Середнє
1	2,29	2,93	2,54	2,96	2,43	2,63
2	2,52	3,32	2,85	3,28	2,78	2,95
3	2,34	3,14	2,57	3,36	2,82	2,85
4	2,76	3,42	2,98	3,55	3,00	3,14
5	2,90	3,69	3,25	3,73	3,23	3,36
6	2,82	3,56	3,12	3,86	3,31	3,33
7	2,60	3,18	2,78	3,30	2,80	2,93
8	2,72	3,44	2,99	3,40	2,90	3,09
9	2,68	3,36	2,84	3,47	2,98	3,07
10	3,00	3,96	3,50	3,89	3,57	3,58
11	3,17	4,15	3,66	4,00	3,78	3,75
12	3,11	4,04	3,59	4,11	3,91	3,75
13	3,78	3,93	3,18	4,53	3,47	3,78
14	4,13	4,48	3,59	5,05	3,98	4,25
15	3,91	4,24	3,24	5,17	4,04	4,12
16	4,61	4,58	3,76	5,43	4,30	4,54
17	4,82	4,98	4,11	5,71	4,63	4,85
18	4,69	4,81	3,94	5,92	4,74	4,82
19	4,33	4,26	3,50	5,12	4,01	4,24
20	4,49	4,64	3,80	5,31	4,15	4,48
21	4,49	4,54	3,62	5,42	4,29	4,47
22	5,04	5,35	4,42	6,07	5,11	5,20
23	5,39	5,73	4,65	6,52	5,44	5,55
24	5,29	5,58	4,56	6,78	5,67	5,57
НІР _{0,05}	0,20	0,29	0,18	0,36	0,24	0,21

Однак агротехнічно вологоутримувальні полімери досить добре взаємодіяли і з іншими елементами дослідів, особливо це стосується внесення мікоризоутворювального біопрепарату Мікофренд та передпосівної обробки насіння регулятором росту Келпак РК. Причому саме на варіантах застосування гідрогелю спостерігалось ефективно поширення мікробіоти, що сприяло формуванню мікоризи, і приріст урожаю в останньому випадку становив 0,53 т/га, тоді як у варіантах без застосування гідрогелю – 0,32 т/га.

Щодо застосування по вегетації (ВВСН 14) мікродобрих Біовіт (7 л/га) або Фрея-Аква Бобові (1,5 л/га), то вони досить сильно впливали на рослини власне у варіантах відсутності інших факторів дослідів. Зокрема, приріст урожаю становив 0,32 та 0,22 т/га, а от застосування мікоризоутворювального біопрепарату Мікофренд (1 л/га) сприяло зменшенню ефективності мікродобрих і приріст, сформований їх застосуванням, був 0,16 та 0,13 т/га відповідно. Хоча одразу необхідно зауважити, що збільшення факторів впливу, а саме застосування регулятора росту Келпак РК, внесення вологоутримувальних полімерів Aquasorb (200 кг/га) та мікоризоутворювального біопрепарату Мікофренд сприяло активізації ростових процесів та більшій потребі рослин гороху в мікродобривах. У таких варіантах дослідів отримано приріст врожаю від застосування мікродобрих на рівні 0,35 та 0,38 т/га, коли на контролі було 0,47 та 0,34 т/га, а поєднання окремих елементів технології (вологоутримувач та мікоризоутворювальний препарат) знизило рівень приросту до 0,24 та 0,23 т/га відповідно.

Формування додаткової кореневої системи в рослин гороху важливе лише у разі забезпечення рослин додатковими факторами живлення та доступністю вологи. Це можна відслідкувати на прикладі застосування препарату Келпак РК, внесення якого на контролі збільшувало врожайність рослин гороху на 0,51 т/га, а в поєднанні із застосуванням мікоризоутворювального біопрепарату Мікофренд (1 л/га) – на 0,65 т/га. Аналогічне поєднання регулятора росту зі внесенням у ґрунт вологоутримувальних полімерів Aquasorb (200 кг/га) підвищувало врожайність гороху на 0,76 та 0,95 т/га відповідно.

Отже, в середньому за роки досліджень застосування передпосівної обробки насіння регулятором росту Келпак РК (3 л/т), унесення в ґрунт вологоутримувальних полімерів Aquasorb

(200 кг/га) та мікоризоутворювального біопрепарату Мікофренд (1 л/га) з наступною обробкою рослин у фазі ВВСН 14 мікродобривами Біовіт (7 л/га) або Фрея-Аква Бобові (1,5 л/га) сприяло формуванню врожайності гороху 5,55 та 5,57 т/га відповідно.

Показники впливу факторів досліджу на приріст урожаю гороху відображено на рисунку 1.

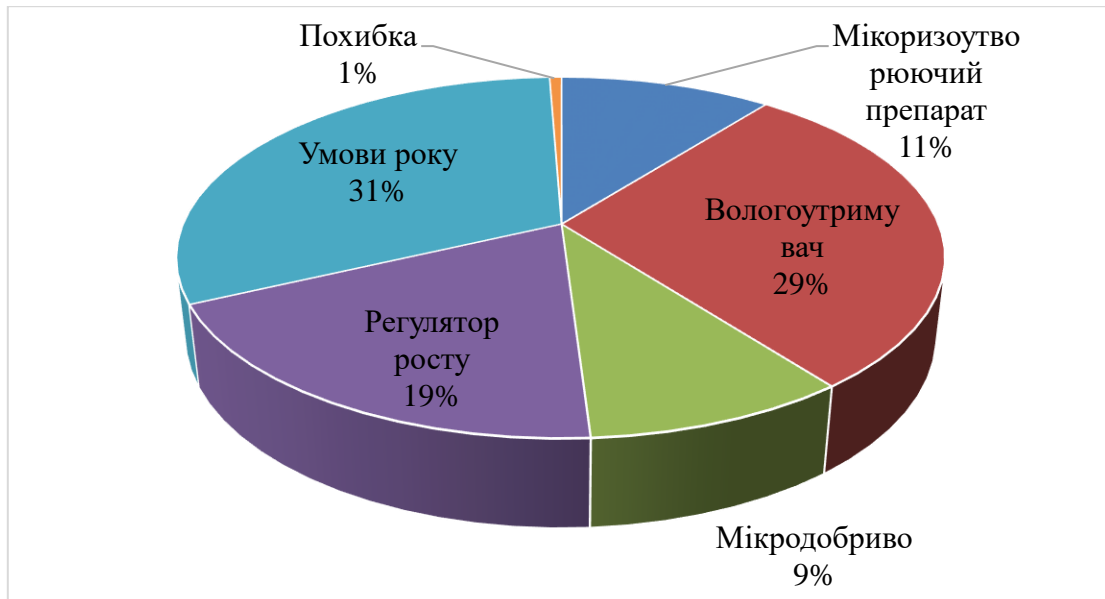


Рис. 1. Частка впливу факторів на приріст урожаю гороху (за даними 2015–2019 рр.)

Отже, серед факторів впливу на формування додаткового рівня врожайності гороху можна виділити важливе значення умов року (31 %), особливо активний вплив яких спостерігався у варіантах без застосування вологоутримувача. Гідрогель визначав 29 % приросту врожаю, регулятор росту 19 %, мікоризоутворювальний препарат – 11 % та мікродобрива – 9 %.

Дані щодо якісних показників урожаю гороху в разі застосування досліджуваних елементів технології наведено в таблиці 4.

Таблиця 4

Якість врожаю гороху (середнє за 2015–2019 рр.)

Варіант, №	Сирий протеїн, %	Збір сирого протеїну, т/га	Сирий жир, %	Збір жиру, т/га	Уміст крохмалю, %	Збір крохмалю, т/га	Уміст цукру, %
1	22,71	0,60	1,35	0,04	50,15	1,32	5,23
2	22,81	0,67	1,34	0,04	50,10	1,48	5,34
3	22,78	0,65	1,35	0,04	50,16	1,43	5,36
4	22,86	0,72	1,35	0,04	50,20	1,58	5,35
5	23,42	0,79	1,37	0,05	50,36	1,69	5,46
6	23,35	0,78	1,34	0,04	50,43	1,68	5,65
7	22,97	0,67	1,37	0,04	50,36	1,48	5,44
8	23,08	0,71	1,40	0,04	50,60	1,56	5,54
9	23,16	0,71	1,43	0,04	50,72	1,56	5,63
10	23,10	0,83	1,40	0,05	50,70	1,82	5,51
11	23,22	0,87	1,43	0,05	50,82	1,91	5,65
12	23,30	0,87	1,45	0,05	50,89	1,91	5,70
13	24,08	0,91	1,42	0,05	50,50	1,91	5,30
14	24,25	1,03	1,46	0,06	50,62	2,15	5,42
15	24,30	1,00	1,48	0,06	50,68	2,09	5,50
16	24,90	1,13	1,44	0,07	50,74	2,30	5,45
17	25,53	1,24	1,48	0,07	50,91	2,47	5,60
18	25,60	1,23	1,46	0,07	50,87	2,45	5,59
19	24,50	1,04	1,45	0,06	50,80	2,16	5,58
20	24,70	1,11	1,49	0,07	50,94	2,28	5,64
21	24,90	1,11	1,47	0,07	50,90	2,28	5,67
22	25,54	1,33	1,50	0,08	51,10	2,65	5,62
23	25,82	1,43	1,55	0,09	51,37	2,85	5,69
24	25,74	1,43	1,58	0,09	51,30	2,86	5,75
НІР _{0,05}	0,25	0,08	0,11	0,002	0,23	0,10	0,13

Вплив досліджуваних елементів технології вирощування гороху позначився також і на формуванні якісних показників рослин, а зокрема на вмісті сирого протеїну, жиру, крохмалю та цукру.

Визначено, що в середньому по досліді вміст сирого протеїну в насінні гороху становив 24,03 %, а от застосування вологоутримувальних полімерів Aquasorb позитивно позначилось на формуванні цього показника та сприяло накопиченню його в насінні на 1,93 % більше порівняно з варіантами без застосування гідрогелю. На другому місці за ефективністю була обробка насіння регулятором росту Келпак РК, що надзвичайно ефективна якраз у поєднанні з вологоутримувачами. Зокрема, в разі застосування гідрогелю приріст вмісту сирого протеїну в насінні гороху становив 0,82–1,04 %, а у варіантах без вологоутримувальних полімерів усього 0,13–0,15 %. Дія ж таких заходів, як внесення в ґрунт мікоризоутворювального біопрепарату Мікофренд та обробка рослин у фазі ВВСН 14 мікродобривами Біовіт (7 л/га) або Фрея-Аква Бобові (1,5 л/га) сприяла формуванню на 0,15–0,42 та 0,07–0,49 % вищого вмісту в насінні гороху сирого протеїну.

Накопичення високого вмісту сирого протеїну в насінні гороху позначилось і на його зборі. Установлено, що застосування передпосівної обробки насіння регулятором росту Келпак РК (3 л/т), внесення в ґрунт вологоутримувальних полімерів Aquasorb (200 кг/га) та мікоризоутворювального біопрепарату Мікофренд (1 л/га) у поєднанні з подальшою позакореневою обробкою рослин у фазі ВВСН 14 мікродобривами Біовіт (7 л/га) або Фрея-Аква Бобові (1,5 л/га) сприяли формуванню 1,43 та 1,43 т/га збору сирого протеїну з насінням гороху.

Своєю чергою вміст жиру в насінні гороху був у середньому по досліді 1,4 %, а закономірності в плані збільшення його спостерігались за умови використання додаткових елементів технології в комплексі.

Визначено також, що в насінні гороху за середнього вмісту крохмалю 50,7 % кращі значення було отримано за комбінованого застосування передпосівної обробки насіння регулятором росту Келпак РК, внесення в ґрунт вологоутримувальних полімерів Aquasorb та мікоризоутворювального біопрепарату Мікофренд в поєднанні з обробкою рослин мікродобривами Біовіт або Фрея-Аква Бобові.

При цьому мінімальний збір крохмалю в насінні гороху можна було ідентифікувати у контрольному варіанті – 1,32 т/га, а вищеназвані комбінації додаткових елементів агротехнології забезпечили формування збору крохмалю з зерном на рівні 2,85 та 2,86 т/га відповідно.

Висновки

У середньому на рослині гороху формувалось 6,4 боба, з них 5,3 шт. – з насінням. При цьому найкращим варіантом було застосування передпосівної обробки насіння регулятором росту Келпак РК, внесення в ґрунт вологоутримувальних полімерів Aquasorb та мікоризоутворювального біопрепарату Мікофренд з наступною обробкою рослин мікродобривами Біовіт або Фрея-Аква Бобові, що сприяло формуванню 6,2–6,3 шт./рослину виповнених бобів. При цьому в разі застосування додаткових елементів агротехніки відсоток виповнених бобів зростав до 85–86 (контроль – 77,5 %).

У середньому за роки досліджень застосування передпосівної обробки насіння регулятором росту Келпак РК, унесення в ґрунт Aquasorb та мікоризоутворювального біопрепарату Мікофренд, з наступною обробкою рослин мікродобривами Біовіт або Фрея-Аква Бобові сприяло формуванню врожайності гороху на рівні 5,55 та 5,57 т/га зі збором сирого протеїну 1,11 і 1,33 т/га, жиру – 0,07 і 0,8 т/га й крохмалю – 2,28 і 2,65 т/га відповідно.

Серед факторів впливу на формування врожайності гороху можна виділити важливе значення умов року (31 %), особливо активний вплив яких спостерігався у варіантах без застосування вологоутримувача. Гідрогель визначав 29 % приросту врожаю, регулятор росту – 19 %, мікоризоутворювальний препарат – 11 % та мікродобрива – 9 %.

Використана література

1. Kandel H., Mcphee K., Akyüz A. et al. North Dakota Dry Pea Variety Trial Results for 2016 and Selection Guide / NDSU Extension Service, 2016. URL: <https://www.ag.ndsu.edu/publications/crops/north-dakota-dry-pea-variety-trial-results-for-2016-and-selection-guide>
2. Tolessa T. T., Bekele Y., Sefera T. et al. Genotype × Environment Interaction and Performance Stability for Grain Yield in Field Pea (*Pisum sativum* L.) Genotypes. *International Journal of Plant Breeding*. 2013. Vol. 7, Iss. 2. P. 116–123.

3. Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф., Івашук П. В. Зерновиробництво [20 зернових культур]. Львів : Українські технології, 2008. 624 с.
4. Дворецька С. П., Рябокiнь Т. М., Єфіменко Г. М., Тилиця Т. В. Особливості формування елементів продуктивності рослин гороху залежно від рівня інтенсифікації технології вирощування культури. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН»*. 2014. Вип. 3. С. 56–66.
5. Bueckert R. A., Wagenhoffer S., Hnatowich G., Warkentin T. D. Effect of heat and precipitation on pea yield and reproductive performance in the field. *Canadian Journal of Plant Science*. 2015. Vol. 95, Iss. 4. P. 629–639. doi: 10.4141/cjps-2014-342
6. Fikere M., Tadesse T., Gebeyehu S., Hundie B. Agronomic performances, disease reaction and yield stability of field pea (*Pisum sativum* L.) genotypes in Bale Highlands, Ethiopia. *Australian Journal of Crop Science*. 2010. Vol. 4, Iss. 4. P. 238–246.
7. Burstin J., Gallardo K., Mir R. R. et al. Improving protein content and nutrition quality. *Biology and Breeding of Food Legumes* / A. Pratap, J. Kumar (Eds.). Wallingford, CT: CAB International, 2011. P. 314–328. doi: 10.1079/9781845937669.0314
8. Karkanis A., Ntatsi G., Kontopoulou C.-K. et al. Field pea in European cropping systems: Adaptability, biological nitrogen fixation and cultivation practices. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 2016. Vol. 44, Iss. 2. P. 325–336. doi: 10.15835/nbha44210618
9. Peltonen-Sainio P., Jauhiainen L., Hakala K. Are there indications of climate change induced increases in variability of major field crops in the northernmost European conditions? *Agricultural and Food Science*. 2009. Vol. 18, Iss. 3–4. P. 206–222. doi: 10.2137/145960609790059424
10. Witold S., Cylwester M. Standardised ileal amino acid digestibility in field pea seeds of two cultivars differing in flower colour for broiler chickens: Effects of bird age and microbial protease. *Animals*. 2020. Vol. 10, Iss. 11. Article 2099. doi: 10.3390/ani10112099
11. Присяжнюк О. І., Король Л. В. Оцінка адаптивних особливостей нових сортів гороху. *Новітні агротехнології*. 2014. № 1. С. 12–22. doi: 10.21498/na.1(2).2014.119078
12. Присяжнюк О. І., Король Л. В. Оцінка сортів гороху на основі кореляції кількісних ознак та індексів. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2016. № 4. С. 51–55. doi: 10.21498/2518-1017.4(33).2016.88674
13. Дослідна справа в агрономії : у 2 кн. Кн. 1 : Теоретичні аспекти дослідної справи / за ред. А. О. Рожкова. Харків : Майдан, 2016. 316 с.
14. Ермантраут Е. Р., Присяжнюк О. І., Шевченко І. Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті Statistica 6.0 : методичні вказівки. Київ : ПоліграфКонсалтинг, 2007. 56 с.

References

1. Kandel, H., Mcphee, K., Akyüz, A., Zwinger, S., Schaubert, S., Rickertsen, J., ... Martin, G. (2016). *North Dakota Dry Pea Variety Trial Results for 2016 and Selection Guide*. NDSU Extension Service. Retrieved from <https://www.ag.ndsu.edu/publications/crops/north-dakota-dry-pea-variety-trial-results-for-2016-and-selection-guide>
2. Tolessa, T. T., Bekele, Y., Sefera, T., Jarso, M., & Keneni, G. (2013). Genotype × Environment Interaction and Performance Stability for Grain Yield in Field Pea (*Pisum sativum* L.) Genotypes. *International Journal of Plant Breeding*, 7(2), 116–123.
3. Lykhochvor, V. V., Petrychenko, V. F., & Ivashchuk, P. V. (2008). *Grain production [20 grain crops]*. Lviv: Ukrainski tekhnolohii. [In Ukrainian]
4. Dvoretzka, S. P., Riabokin, T. M., Yefimenko, H. M., & Tylytsia, T. V. (2014). Peculiarities of the formation of elements of the productivity of pea plants depending on the level of intensification of the cultivation technology. *Proceedings of the NSC "Institute of Agriculture of NAAS"*, 3, 56–66. [In Ukrainian]
5. Bueckert, R. A., Wagenhoffer, S., Hnatowich, G., & Warkentin, T. D. (2015). Effect of heat and precipitation on pea yield and reproductive performance in the field. *Canadian Journal of Plant Science*, 95(4), 629–639. doi: 10.4141/cjps-2014-342
6. Fikere, M., Tadesse, T., Gebeyehu, S., & Hundie, B. (2010). Agronomic performances, disease reaction and yield stability of field pea (*Pisum sativum* L.) genotypes in Bale Highlands, Ethiopia. *Australian Journal of Crop Science*, 4(4), 238–246.
7. Burstin, J., Gallardo, K., Mir, R. R., Varshney, R. K., & Duc, G. (2011). Improving protein content and nutrition quality. In A. Pratap, & J. Kumar (Eds.), *Biology and Breeding of Food Legumes* (pp. 314–328). Wallingford, CT: CAB International. doi: 10.1079/9781845937669.0314
8. Karkanis, A., Ntatsi, G., Kontopoulou, C.-K., Pristeri, A., Bilalis, D., & Savvas, D. (2106). Field pea in European cropping systems: Adaptability, biological nitrogen fixation and cultivation practices. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 44(2), 325–336. doi: 10.15835/nbha44210618

9. Peltonen-Sainio, P., Jauhiainen, L., & Hakala, K. (2009). Are there indications of climate change induced increases in variability of major field crops in the northernmost European conditions? *Agricultural and Food Science*, 18(3–4), 206–222. doi: 10.2137/145960609790059424
10. Witold, S., & Cylwester, M. (2020). Standardised ileal amino acid digestibility in field pea seeds of two cultivars differing in flower colour for broiler chickens: Effects of bird age and microbial protease. *Animals*, 10(11), Article 2099. doi: 10.3390/ani10112099
11. Prysiazniuk, O. I., & Korol, L. V. (2014). Estimation of adaptive features of new pea varieties. *Advanced Agritechnologies*, 1, 12–22. doi: 10.21498/na.1(2).2014.119078
12. Prysiazniuk, O. I., & Korol, L. V. (2016). Evaluation of pea varieties based on correlation of quantitative traits and indices. *Plant Varieties Studying and Protection*, 4, 51–55. doi: 10.21498/2518-1017.4(33).2016.88674
13. Rozhkov, A. O. (Ed.). (2016). *Research case in agronomy. Book 1: Theoretical aspects of the research case*. Kharkiv: Maidan. [In Ukrainian]
14. Ermantraut, E. R., Prysiazniuk, O. I., & Shevchenko, I. L. (2007). *Statistical analysis of agronomic experimental data in the Statistica 6.0 package*. Kyiv: PolihrafKonsaltnyh. [In Ukrainian]

UDC 631.547:57.087

Prysiazniuk, O. I.^{1*}, Zaryshniak, A. S.², Kostyna, T. P.³, Sinchenko, V. M.¹, Svystunova, I. V.⁴, & Kalatur, K. A.¹ (2021). Peculiarities of pea yield formation under application of measures to increase tolerance to drought stress in the Right Bank Forest Steppe of Ukraine. *Advanced Agritechnologies*, 9. <https://doi.org/10.47414/na.9.2021.285487> [in Ukrainian]

¹*Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet, NAAS of Ukraine, 25 Klinichna St., Kyiv, 03110, Ukraine, *e-mail: ollpris@gmail.com*

²*National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, 9 Mykhailo Omelianovich-Pavlenko, Kyiv, 01010, Ukraine*

³*LLC BASF T.O.V., 19 Mykola Mikhnovskiy Blvd., Kyiv, 01042, Ukraine*

⁴*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 15 Heroiv Oborony St., Kyiv, 03041, Ukraine*

Purpose. To establish regularities in the formation of the yield and quality of pea seeds under the application of measures to increase the crop tolerance to drought stress in the zone of unstable soil moisture of the Right Bank Forest Steppe of Ukraine. **Methods.** Field research was carried out in the Uladivske-Liulyntsi Experimental Breeding Station of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet of the National Academy of Agrarian of Sciences (Vinnitsia Region, zone of unstable soil moisture of the Right Bank Forest Steppe of Ukraine) in 2015–2019. Pea of the 'Yulii' variety was grown according to the scheme of a four-factor field experiment with the use of Aquasorb (200 kg/ha), soil treatment with the mycorrhizal biopreparation Mycofriend (1 l/ha), seed treatment with plant growth regulator Kelpak SC (3 l/t) and foliar application of microfertilizers Biovit (7 l/ha, BBCH 14) and Freia-Aqua Bean (1.5 l/ha, BBCH 14). Aquasorb moisture retainer was applied under early spring cultivation with Amazone ZA-TS 3200 spreader. **Results.** On average, 6.4 beans were formed per plant; of them 5.3 with seeds. At the same time, the best option was with seed treatment with Kelpak SC growth regulator, introduction of moisture-retaining polymers Aquasorb and mycorrhizal biopreparation Mycofriend into the soil, followed by treatment of plants with microfertilizers Biovit or Freia-Aqua Bean, which contributed to the formation of 6.2–6.3 filled beans per plant. At the same time, in the case of using additional elements of agricultural technology, the percentage of filled beans increased to 85–86 (77.5% in the control). On average over the years of research, seed treatment with the growth regulator Kelpak SC, application of Aquasorb and the mycorrhizal biopreparation Mycofriend to the soil, followed by the treatment of plants with microfertilizers Biovit or Freia-Aqua Bean contributed to the formation of pea yield at the level of 5.55 and 5.57 t/ha with the yield of crude protein of 1.43 t/ha, fat 0.09 t/ha, and starch 2.28 and 2.65 t/ha, respectively. **Conclusions.** Among the factors influencing the formation of pea yield, the largest share has year (31%), especially in the treatments without the application of hydrogel. Application of hydrogel determined 29% yield increase, growth regulator 19%, mycorrhizal biopreparation 11%, and micro fertilizers 9%.

Keywords: adsorbent; plant growth regulator; micro fertilizer; mycorrhizal biological preparation; yield; protein; fat; starch.

Надійшла / Received 06.11.2021
Погоджено до друку / Accepted 10.12.2021