

## ЯКІСТЬ ЗЕРНА ГОРОХУ ПІДЗИМОВОЇ СІВБИ ЗА СИСТЕМАМИ УДОБРЕННЯ ТА ПОГОДНИМИ УМОВАМИ ПІВДНЯ УКРАЇНИ

С. І. Бурикiна<sup>1</sup>, Л. А. Сергєєв<sup>1</sup>, Г. В. Кулiджанов<sup>2</sup>, В. М. Чепурних<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Одеська державна сiльськогосподарська дослідна станція Інституту кліматично орієнтованого сiльського господарства НААН, вул. Маяцька дорога, 24, смт. Хлiбодарське, Одеська обл., 67667, Україна

<sup>2</sup>Одеська філія ДУ «Інститут охорони ґрунтів України», вул. Лабораторна, 19, м. Одеса, 65037, Україна

<sup>3</sup>Одеський державний аграрний університет, вул. Канатна, 99, м. Одеса, 65039, Україна

**Актуальність.** Якість сiльськогосподарської продукції визначається погодно-кліматичними умовами зони вирощування та технологією, активним компонентом якої є система удобрення рослин. Регіональні кліматичні флуктуації вимагають пошуку нових культур чи різновидів та вивчення їх реакції на зміну умов і технологій вирощування. Тому є доцільним вивчення особливостей формування основних показників якості зерна гороху за підзимової сiвби в погодно-кліматичних умовах Пiвденного Степу. **Мета.** Встановити вплив мінеральних добрив на якість зерна гороху за підзимової сiвби в умовах кліматичних змін Пiвденного Степу України **Методи.** Польовий – вивчали дію основного внесення мінеральних добрив:  $N_{30-45-60}$ ,  $P_{40}K_{40}$ ,  $N_{30-60}P_{40}$ ,  $N_{30-60}K_{40}$ ,  $N_{30-45-60}P_{40}K_{40}$ ; підживлення мінеральним азотом  $N_{30-45-60}$  за фазами росту на якість зерна гороху за підзимової сiвби сорту Ендуро; лабораторний – визначення білка, маси 1000 насінин та натури; статистичний – виконання кореляційного, дисперсійного аналізу та статистичної оцінки результатів досліджень. **Результати.** Наведені результати досліджень з впливу мінеральних добрив на формування показників якості зерна гороху за підзимової сiвби. Встановлено особливості впливу погодних умов Пiвденного Степу на концентрацію білка в зерні, його калiбр та об'ємну масу. **Висновки.** Відмічено наявність математично достовірної залежності якості зерна від конкретних погодних умов: рівень білковості на 84,6 % визначався температурним режимом весняно-літньої вегетації та на 60,8 % – опадами цього ж періоду, причому в першому випадку, це був прямий зв'язок, у другому – обернений; якщо на масу 1000 насінин опади за вегетацію та у весняний період розвитку позитивно впливали ( $r=0,95-0,99$ ), то на натуру зерна – негативно ( $r=-0,73/-0,99$ ). Полiпшення умов живлення приводило до підвищення концентрації білка в зерні гороху зимуючого, але рівень зростання залежав від дози азоту, способу застосування (основне чи підживлення) та фази його внесення: максимальний приріст білка отримали за основного внесення  $N_{30}P_{40}$  – 14,2 % і при розподілі  $N_{60}$  на три підживлення: весняне відновлення вегетації, бутонізація та початок наливу – 15,2 %. Маса 1000 насінин здебільшого мала тенденцію до зменшення при підвищенні дози мінерального добрива.

**Ключові слова:** горох, підзимова сiвба, добрива, основне внесення, підживлення, якість

**Вступ.** Критерієм оцінки ефективності будь-якої системи живлення, окрім рівня врожайності, є якість отриманої продукції. До основних показників якості зернобобових культур відноситься вміст білка та калiбр зерна, який характеризує маса 1000 насінин. Найбільш вагомим фактором регулювання якості зерна гороху, зокрема, його білковості, є азот, який може споживатися рослинами з повітря та ґрунту. Ефективність внесених

добрив залежить від форми, дози, способу та строку внесення [1–6].

За результатами досліджень вчених Канади, збільшення доз внесення азоту з 20 до 80 кг/га не призвело до суттєвого підвищення вмісту білка в зерні гороху [7]. Цей висновок підтверджує і D. Janauskaite, яка на трьох сортах гороху вивчала ефективність внесення азоту дозою від 0 до 60 кг/га по фону  $P_{40}K_{80}$  і показала, що на концентрацію

### Інформація про авторів:

Бурикiна Світлана Іванiвна, канд. с.-г. наук, старший дослідник, завідувач відділу агрохімії, ґрунтознавства та органічного виробництва, e-mail: burykina@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-5197-6586>.

Сергєєв Леонiд Аркадiйович, канд. с.-г. наук, директор; e-mail: sla80@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0003-4169-8938>.

Кулiджанов Григорiй Вахтангович, канд. с.-г. наук, директор, e-mail: odessa.cgp@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-2808-0199>.

Чепурних Володимир Михайлович, аспірант, e-mail: vchepurnukh@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0009-0694-7397>

білка у зерні більше впливали мали опади вегетаційного періоду (48,6–52,6 %), а сумісний вплив погодних умов і азотних добрив складав від 1,1 до 2,2 % від загальної дисперсії вмісту білка, при цьому збільшення дози азоту достовірно зменшувало масу 1000 насінин на 2,7–3,5 %, [2]. Проте, за свідченням А. Вукет з колегами вплив удобрення на масу 1000 насінин не був достовірним [8]. Суттєвість впливу опадів на якість зерна гороху відзначали й інші дослідники [9].

У більш ранніх дослідженнях показано, що [10] внесення у шести різних дозах моноамонійфосфату під три бобові культури (горох, сочевиця, боби) не вплинуло на вміст білка у зерні. За іншими результатами випробувань, дози азоту призводили до суттєвого підвищення білковості зерна гороху [11, 12]. У погодних умовах Вінницької області внесення  $N_{30}P_{60}K_{60}$  призвело до зростання концентрації білка у зерні гороху на 9,0–14,4 % відносно контролю [13], а застосування на дерново-підзолистих ґрунтах азотних добрив дозою від 30 до 90 кг/га на фоні фосфорнокалійних при вирощуванні такої зернобобової культури, як квасоля, підвищувало вміст білка у зерні на 0,8–0,9 абсолютних відсотка, але подальше зростання дози мінерального азоту до 120 кг/га призвело до погіршення якості [14].

Результати досліджень свідчать про різний вплив мінеральних добрив на якість зерна гороху звичайного посівного і відсутність аналогічних даних щодо гороху за підзимової сівби, який знаходить своє місце в сівозмінах агровиробників.

*Мета дослідження* – встановити вплив мінеральних добрив на якість зерна гороху за підзимової сівби в умовах кліматичних змін Південного степу України.

**Матеріали та методи.** Матеріалом для вирішення поставленої мети були зразки зерна гороху за підзимової сівби сорту Ендуро з тимчасових дослідів, які закладалися впродовж 2021–2023 рр. на чорноземі південному малогумусному важкосуглинковому з низьким вмістом доступного азоту і середнім – фосфору та калію. У першому досліді мінеральні добрива вносили під основний обробіток у наступних дозах:  $N_{30}$ ,  $N_{45}$ ,  $N_{60}$ ,  $P_{40}K_{40}$ ,  $N_{30}P_{40}$ ,  $N_{60}P_{40}$ ,  $N_{30}K_{40}$ ,  $N_{60}K_{40}$ ,  $N_{30}P_{40}K_{40}$ ,  $N_{45}P_{40}K_{40}$ ,  $N_{60}P_{40}K_{40}$ . У другому – проводили підживлення вказаними дозами мінерального азоту по таломерзлому ґрунті (ТМГ), за весняного відновленні вегетації (ВВВ), на початку бутонізації (Б), у період наливу зерна (Н) та дробним методом – ВВВ+Н, ВВВ+Б+Н.

Сіяли гороху у другій декаді жовтня, збір та облік урожаю – на початку другої декади червня. У зерні гороху визначали вміст білка методом інфрачервоної спектроскопії на приборі Спектран-119 М ДСТУ 4117: 2007, масу 1000 насінин – ДСТУ 4138-2002, об'ємну масу – ДСТУ 10840:2019.

Експериментальні дані обробляли за допомогою прикладних програм математичної статистики Excel 2007 та Statistica 6.

Дослідні ділянки розташовані в зоні Південного Степу України, кількість опадів і середньомісячна температура повітря за роки досліджень представлені у табл. 1.

Кількість опадів за період активної ве-

**Таблиця 1. Характеристика погодних умов у роки досліджень**

Період вегетаційний	Місяці року									
	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI
	Опади, мм									
2020/2021	31,5	7,5	32,0	36,5	45,0	51,0	36,0	42,0	55,0	92,5
2021/2022	18,0	26,0	28,5	65,0	20,0	5,0	12,0	8,1	26,0	55,0
2022/2023	50,0	18,5	37,0	50,0	19,0	6,0	18,0	100,0	58,0	32,0
Середньомісячна температура повітря, °С										
2020/2021	20,7	16,2	6,4	3,9	0,1	0,8	4,1	8,4	14,6	21,4
2021/2022	16,1	10,7	7,5	2,7	0	3,8	3,8	10,4	16,5	22,4
2022/2023	19,6	10,8	9,8	6,3	2,5	3,2	7,6	11,2	18,4	24,0

гетації гороху зимуючого у 2021 р. склала 336 мм, 2022 р. – 208,6 мм та 2023 р. – 356 мм. Якщо порівнювати із середньо багаторічними даними за аналогічний період, то у 2021р.

та 2023 р. перевищення склало 18,7 % та 25,8 %, відповідно, а кількість опадів у 2022 р. була на 26,3 % менша. Слід відмітити, що рослини гороху у 2022 в. р. найбільш за інші

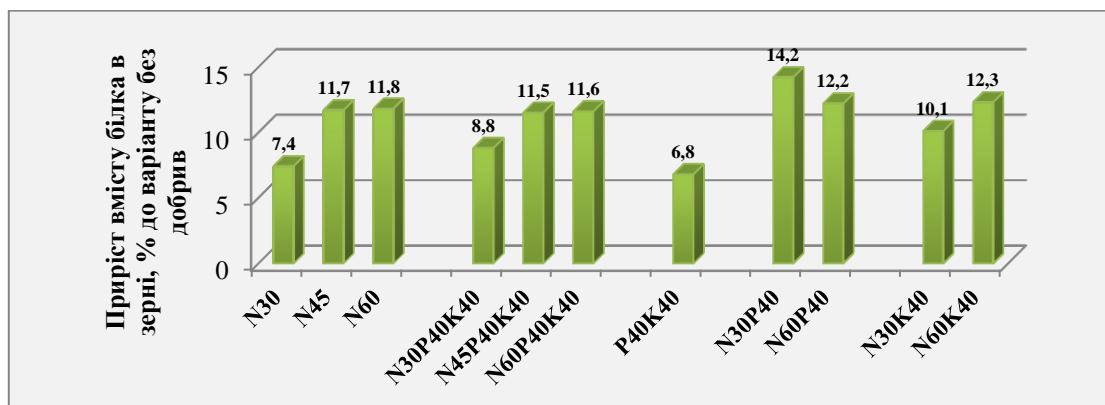
роки потерпали весною від ґрунтової посухи: за три місяці випало всього 46,1 мм, або 22,1 % від загальної кількості. А температура повітря найвищою була у 2023 р., коли середня температура повітря періоду вегетації гороху за підзимової сівби перевищувала середню багаторічну на 4,4 °С, тоді як у 2021 та 2022 рр. на 2,4 °С та 2,6 °С, відповідно.

**Результати та обговорення.** За роки досліджень, кількість білка у зерні гороху за

всіма системами удобрення (виняток P<sub>40</sub>K<sub>40</sub> у 2023 р.) суттєво перевищувала контрольний варіант (табл. 2.). Так, у середньому за три роки досліджень, приріст вмісту білка складав від 6,8 % (P<sub>40</sub>K<sub>40</sub>) до 14,2 % (N<sub>30</sub>P<sub>40</sub>) (рис. 1) при НІР<sub>0,95</sub> = 4,4 % і впродовж 2021 та 2022 рр. максимальне зростання концентрації білка в зерні гороху (20,5 % та 14,8 %, відповідно) також спостерігали при внесенні N<sub>30</sub>P<sub>40</sub>.

**Таблиця 2. Концентрація білка в сухій речовині зерна гороху за підзимової сівби за системами основного удобрення та роками досліджень**

Варіант добрив	% на суху речовину			
	2021 р.	2022 р.	2023 р.	середнє
контроль	17,74	21,18	20,89	19,94
N <sub>30</sub>	19,04	22,83	22,40	21,42
N <sub>45</sub>	20,59	23,50	22,73	22,27
N <sub>60</sub>	20,69	23,79	22,41	22,30
P <sub>40</sub> K <sub>40</sub>	18,89	23,20	21,82	21,30
N <sub>30</sub> P <sub>40</sub>	21,38	24,33	22,59	22,77
N <sub>30</sub> K <sub>40</sub>	19,97	23,47	22,42	21,95
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub>	19,59	23,91	23,61	22,37
N <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	19,92	23,45	23,82	22,40
N <sub>30</sub> P <sub>40</sub> K <sub>40</sub>	18,73	23,13	23,21	21,69
N <sub>45</sub> P <sub>40</sub> K <sub>40</sub>	20,62	22,89	23,18	22,23
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>40</sub>	19,73	23,34	23,65	22,24
НІР <sub>0,95</sub>	0,83	0,69	1,18	2,72



**Рис. 1 Приріст вмісту білка в зерні гороху за підзимової сівби за варіантами основного внесення мінеральних добрив (2021–2023 рр.).**

Вихід білка з одиниці площі гороху за підзимової сівби визначався урожайністю та його вмістом, зростання виходу порівняно з контролем складало від 34,3 % (N<sub>30</sub>) до 80,8 % (N<sub>30</sub>P<sub>40</sub>K<sub>40</sub>).

Маса 1000 насінин на варіантах основного удобрення була, здебільшого менша за контроль на 5,0–8,9 % при НІР<sub>0,95</sub> = 3,8 %. Винятком був варіант з внесенням N<sub>30</sub>. Рос-

лини на цій ділянці сформували зерно на 2,5 % крупніше аніж на контролі, але лише у 2022 р. це збільшення було суттєве, в інші два роки величина змінювалася у межах достовірності.

Аналіз якості гороху за підзимової сівби за варіантами підживлень показав, що дози мінерального азоту та терміни обробітку посівів суттєво впливали на концентрацію білка у зерні, порівняно з контролем

всі дослідні варіанти були достовірно ефективні кожного року і у середньому за два роки, коли підвищення відносно контролю змі-

нювалися від 6,1 % ( $N_{15} + N_{15}$ ) до 15,2 % ( $N_{20} + N_{20} + N_{20}$ ) при  $НІР_{0,95} = 5,9$  % (табл. 3).

По відношенню до мінімальної дози

**Таблиця 3. Вміст білка (%) в зерні гороху зимуючого та його вихід з одиниці площі посівів (кг/га) за варіантами підживлення мінеральним азотом**

Дози азоту	Вміст білку, %		вихід з одиниці площі, кг/га		Середнє				
	2022 р.	2023 р.	2022 р.	2023 р.	%	± % до контролю	кг/га	± до контролю кг/га	%
контроль	20,27	20,94	213,6	519,3	20,61	-	366,5	-	-
<sup>1</sup> N <sub>30</sub>	22,79	22,64	267,0	645,2	22,72	10,2	456,1	89,7	24,5
<sup>1</sup> N <sub>45</sub>	23,48	22,91	291,2	728,5	23,2	12,6	509,9	143,4	39,1
<sup>1</sup> N <sub>60</sub>	23,81	22,62	330,7	782,7	23,22	12,7	556,7	190,2	51,9
<sup>2</sup> N <sub>30</sub>	22,24	21,95	248,1	599,2	22,10	7,2	423,7	57,2	15,6
<sup>2</sup> N <sub>45</sub>	22,04	22,87	279,6	704,4	22,46	9,0	492,0	125,5	34,3
<sup>2</sup> N <sub>60</sub>	22,27	23,27	294,5	730,7	22,77	10,5	512,6	146,1	39,9
<sup>3</sup> N <sub>30</sub>	22,14	22,70	286,6	851,3	22,42	8,8	568,9	202,5	55,3
<sup>3</sup> N <sub>45</sub>	22,38	23,54	290,2	790,9	22,96	11,4	540,6	174,1	47,5
<sup>3</sup> N <sub>60</sub>	22,57	23,70	275,6	684,9	23,14	12,3	480,3	113,8	31,1
<sup>4</sup> N <sub>30</sub>	21,78	23,17	248,2	611,7	22,48	9,1	429,9	63,5	17,3
<sup>4</sup> N <sub>45</sub>	21,93	23,53	242,8	654,1	22,73	10,3	448,5	82,0	22,4
<sup>4</sup> N <sub>60</sub>	22,34	23,71	245,0	668,6	23,03	11,7	456,8	90,4	24,7
<sup>5</sup> N <sub>15</sub> + N <sub>15</sub>	21,39	22,34	231,4	661,3	21,87	6,1	446,3	79,9	21,8
<sup>5</sup> N <sub>22,5</sub> + N <sub>22,5</sub>	22,15	23,75	245,8	771,9	22,95	11,4	508,8	142,4	38,9
<sup>5</sup> N <sub>30</sub> + N <sub>30</sub>	22,84	23,94	261,7	730,2	23,39	13,5	495,8	129,5	35,3
<sup>6</sup> N <sub>10</sub> +N <sub>10</sub> + N <sub>10</sub>	22,21	23,67	256,0	899,5	22,94	11,3	577,7	211,3	57,7
<sup>6</sup> N <sub>15</sub> +N <sub>15</sub> + N <sub>15</sub>	22,57	24,03	288,7	838,6	23,30	13,1	563,7	197,2	53,8
<sup>6</sup> N <sub>20</sub> +N <sub>20</sub> + N <sub>20</sub>	23,39	24,09	311,8	686,6	23,74	15,2	499,2	132,7	36,2
НІР <sub>0,95</sub>	0,86	0,62	-	-	-	5,9	-	-	12,5

\*Примітка. Терміни проведення азотних підживлень: 1 – по талмерзлomu ґрунту (ТМГ); 2 – весняне відновлення вегетації (ВВВ); 3 – бутонізація (Б); 4 – налив зерна (Н); 5 – ВВВ+Н; 6 – ВВВ+Б+Н

азоту (N<sub>30</sub>) суттєве підвищення білковості зерна гороху у 2022 р. за одноразового внесення повної норми спостерігали лише у варіанті N<sub>60</sub> по ТМГ (+1,02 %). Підвищення дози азоту до 60 кг/га у варіантах з дробним внесенням призводило до істотного зростання концентрації білка у зерні порівняно з дробним внесенням N<sub>30</sub>: двократний обробіток дав (+1,45 %) а при розподілі цієї дози на три строки внесення – (+1,18 %) при  $НІР_{0,95}=0,86$ .

За погодних умов 2023 р. підвищення дози азоту призвело до суттєвого зростання концентрації білка проти внесення N<sub>30</sub> на наступних варіантах: ВВВ – 0,92 % (N<sub>45</sub>) та 1,32 % (N<sub>60</sub>); бутонізації – 0,84 % та 1,0 %; ВВВ+ фаза налив зерна 1,41 % та 1,60 %, відповідно дозам N<sub>45</sub> та N<sub>60</sub>. У варіантах підживлення по ТМГ, у фазу наливу зерна та трикратного підживлення не виявлено достовірної різниці між дозами азоту, але при цьому

середній вміст білка за обробітку посівів гороху у два останні періоди, суттєво (на 0,72 % та 1,21 % ) перевищував білковість зерна на посівах підживлених по ТМГ. Найменша суттєва різниця при 95 % вірогідності у 2023 р. дорівнювала 0,62.

Отримана максимальна кількість виходу білка з гектару посівів гороху зимуючого, у середньому за два роки, на наступних варіантах: N<sub>60</sub> (ТМГ); N<sub>30</sub> (бутонізація); N<sub>10</sub>+ N<sub>10</sub>+ N<sub>10</sub> та N<sub>15</sub>+ N<sub>15</sub>+ N<sub>15</sub>, перевищення контролю складало 51,9 %, 55,3 %, 57,7 % та 53,8 %, відповідно.

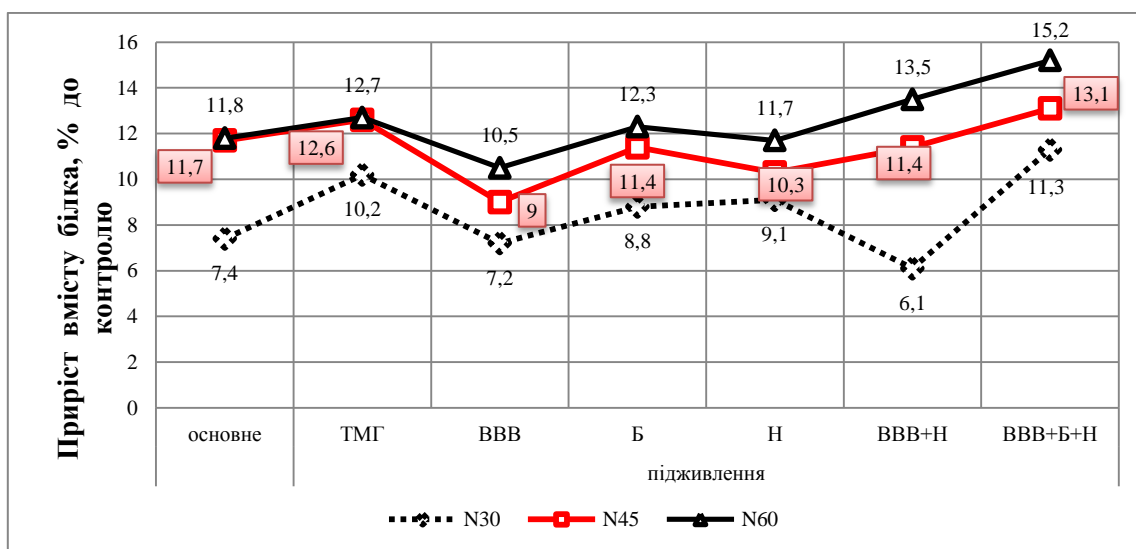
На параметри показників якості зерна гороху дози азотних підживлень та строки їх проведення впливали несуттєво. Так, у 2022 р. маса 1000 насінин достовірно підвищилась лише на варіанті по ТМГ дозою (N<sub>30</sub>) – +9,2 г при  $НІР_{0,95}=4,2$  г, ця ж доза (N<sub>30</sub>), використана при весняному відновленні вегетації, незначною мірою (+2,1 г) вплинула на калібр

зерна на всіх інших комбінаціях доз і термінів спостерігалася негативна реакція даного показника. За погодних умов 2023 р. невелике, але достовірне підвищення калібру зерна отримали майже на всіх варіантах одноразового внесення дози азоту, а при дробному внесенні – лише на варіанті  $N_{20}+N_{20}+N_{20}$ . У середньому за два роки досліджень, перевищення маси 1000 насінин контрольного варіанту відмітили лише за внесення  $N_{30}$  по ТМГ (+8,1 г).

Натурна маса зерна гороху за підзимової сівби майже на усіх варіантах підживлень суттєво перевищувала контроль протягом обох років досліджень. Виключення у 2022 р. склали варіанти  $N_{60}$ , де ця доза вносилась по таломерзлому ґрунті та при відновленні весняної вегетації і  $N_{30}$  – в бутонізацію, а у 2023 р. –  $N_{60}$  за одноразового внесення у фазі ВВВ та бутонізацію. У середньому за два роки, перевищення об'ємної маси відносно контрольного варіанту змінювалась від

9,9 г  $N_{60}$  – у фазу бутонізації до 23,9 г – при внесенні цієї дози по таломерзлому ґрунті.

Якщо порівняти вплив доз і способів внесення мінерального азоту на накопичення білка в зерні гороху зимуючого, то простежується тенденція до збільшення білковості відносно варіанту без азотного добрива, із підвищенням дози азоту незалежно від способу та строку використання: лінії графіку коливаються практично синхронно за дозами та строками (рис. 2). Відмічається й друга тенденція: дробне внесення (ВВВ+Б+Н)  $N_{45}$  та  $N_{60}$  в більшій мірі підвищує вміст білка в зерні гороху (на 13,1 % та 15,2 %) у порівнянні з їх одноразовим внесенням у будь який період розвитку рослин (прирости змінювалися від 9,0 % до 12,6 % для  $N_{45}$  та 10,5–12,7 % –  $N_{60}$ ). При застосуванні по таломерзлому ґрунті означені дози мінерального азоту не впливають на білковість зерна: приріст його вмісту складав 12,6 % та 12,7 %, відповідно.



\*Примітка. Терміни проведення азотних підживлень: ТМГ – таломерзлому ґрунту (); 2 – весняне відновлення вегетації (ВВВ); 3 – бутонізація (Б); 4 – наливу зерна (Н); 5 – ВВВ+Н; 6 – ВВВ+Б+Н

Рис 2. Приріст вмісту білка в зерні гороху за підзимової сівби.

Проведений статистичний аналіз показав, що між погодними умовами та показниками якості зерна гороху існує кореляційний зв'язок різної щільності та спрямованості. З матриці парних коефіцієнтів кореляції між показниками якості зерна та погоди (табл. 4) видно, що кількість білка у зерні зростала з підвищенням температур весняно-літньої вегетації ( $r=0,92-0,99$ ) та зменшувалася при збільшенні кількості опадів в цей же період

( $r=-0,78$ ).

Калібр зерна мав високий позитивний зв'язок з сумою опадів за вегетацію та весняним періодом ( $r=0,95-0,99$ ), опади червня місяця слабо, але все ж таки негативно, впливали на масу 1000 насінин ( $r=-0,49$ ) і підвищення середньомісячних температур повітря у квітні та червні також не мали позитивного відгуку ( $r=-0,45/-0,84$ ).

Натура зерна (об'ємна маса 1 літра) го-

**Таблиця 4. Парні коефіцієнти кореляції між показниками якості зерна гороху за підзимової сівби та погодними умовами років досліджень**

Показники якості	Опади, мм					Температура повітря, °С		
	Σ	III	IV	V	VI	IV	V	VI
Вміст білка, %	-0,51	-0,99	-	-0,78	-0,20	0,99	0,92	0,99
Маса 1000 насінин, г	0,95	0,82	0,64	0,99	-0,49	-0,73	-0,45	-0,84
Натура, г	-0,98	-0,75	-0,73	-0,99	0,59	0,64	0,34	0,77

роху за підзимової сівби мала від’ємну залежність від суми опадів та опадів весняного періоду ( $r = -0,73 / -0,99$ ) та позитивну – середнього рівня від опадів кінця досягання ( $r = 0,59$ ) і підвищення температур квітня – червня ( $r = 0,44-0,77$ ).

При розрахунках регресійних моделей залежності в якості змінних величин відбиралися показники погоди у періоди найбільшого їх впливу на якість урожаю. В основному, це були: опади за вегетацію культури та травня, температура повітря квітня та червня. Точність регресійних моделей оцінювали за коефіцієнтом Пірсона, значення якого

має перевищувати 0,7, коефіцієнта детермінації ( $R^2$ ), що вказує частку варіації, яка зумовлена варіацією змінної. Серед отриманих регресійних моделей для білковості зерна найбільш точними (табл. 5) були моделі пов’язані з кількістю опадів в березні та температурним режимом квітня і травня, про що свідчать величини коефіцієнтів Пірсона та детермінації (0,993–0,999 та 0,986–0,998, відповідно), величина стандартної помилки (0,016–0,230) та відхилення прогнозованої концентрації білка від фактичної, що змінювалося в інтервалі 2,1–16,6 %, не виходячи за межі допустимої помилки прогнозу.

**Таблиця 5. Регресійні моделі залежності якості зерна гороху за підзимової сівби від опадів та температури повітря**

Параметри погоди	Рівняння регресії	Коефіцієнти		Стандартна помилка рівняння
		Пірсона	детермінації	
Вміст білка, %				
Опади березня місяця, мм – $X_1$	$Y = 25,23 - 0,15 X_1$	0,994	0,989	0,016
Опади травня місяця, мм – $X_2$	$Y = 26,11 - 0,098 X_2$	0,780	0,608	0,168
Середньомісячна температура повітря, °С, квітень – $X_3$	$Y = 5,30 + 1,72 X_3$	0,999	0,998	0,130
Травень – $X_4$	$Y = 1,91 X_4 - 8,08$	0,993	0,986	0,230
Маса 1000 насінин, г				
Опади за вегетацію, мм – $X_1$	$159,12 + 0,088 X_1$	0,946	0,900	0,030
Опади травня місяця, мм – $X_2$	$164,50 + 0,491 X_2$	0,999	0,999	0,015
Середньомісячна температура повітря, °С, травня – $X_3$	$311,23 - 5,57 X_3$	0,990	0,979	0,15
Натура, г				
Опади за вегетацію, мм – $X_1$	$835,62 - 0,39 X_1$	0,968	0,937	0,10
Опади травня місяця, мм – $X_2$	$809,30 - 2,11 X_2$	0,995	0,989	0,22
Середньомісячна температура повітря, °С, червень – $X_3$	$183,63 + 23,71 X_3$	0,976	0,953	0,05

Регресійна модель концентрації білка, де в якості фактора впливу виступали опади травня місяця при хороших значеннях коефіцієнта Пірсона та  $R^2$  (0,780 та 0,608, відповідно), що задовольняло вимогам до точності моделі, мала найбільшу стандартну помилку

(0,168) та помилку прогнозу, яка у двох випадках з трьох років спостережень перевищила 25 %, причому максимальна (61,2 %) була для найбільш посушливого 2022 р.

Таким чином, наші результати досліджень з впливу погодних умов на параметри

якості зерна гороху за підзимової сівби співпадають з висновками, які отримані і на інших зернобобових культурах [2, 9]. У подальшому, при накопиченні більшого масиву даних буде проведено факторний аналіз для отримання більш точних моделей за участі кількох факторів одночасно та визначення частки внеску кожного із них у формування якості зерна цієї культури.

**Висновки.** Отримані результати чітко показали, що хімічні добрива покращили білковість зерна гороху за підзимової сівби. Внесення мінеральних добрив у вигляді основного та підживлення мінеральним азотом призводило до підвищення концентрації білка в зерні гороху зимуючого, але рівень зростання залежав від дози азоту та фази його внесення: максимальний приріст білка отри-

мали за основного внесення  $N_{30}P_{40}$  –14,2 % і при розподілі  $N_{60}$  на три підживлення: весняне відновлення вегетації, бутонізація та початок наливу – 15,2 %. Маса 1000 насінин мала тенденцію до зменшення із підвищенням дози мінерального добрива.

Встановлена кореляція між параметрами погоди та компонентами якості зерна: вміст білка має тісний позитивний зв'язок з температурами повітря весняно-літньої вегетації (квітень – червень,  $r=0,92-0,99$ ) та негативний вище середнього рівня ( $r=-0,78$ ) – з опадами цього періоду. Підвищення як сумарної кількості опадів, так і у весняний період вегетації гороху має пряму кореляцію з масою 1000 насінин ( $r=0,95-0,99$ ) і негативно впливає на натуру зерна ( $r=-0,73/-0,99$ ).

### Використана література

1. Faligowska A., Kalembasa S., Kalembasa D., Panasiewicz K., Szymańska G., Ratajczak K., Skrzypczak G. The Nitrogen Fixation and Yielding of Pea in Different Soil Tillage Systems. *Agronomy*. 2022. 12(2). 352. <https://doi.org/10.3390/agronomy12020352>.
2. Janusauskaite D. Productivity of Three Pea (*Pisum sativum* L.) Varieties as Influenced by Nutrient Supply and Meteorological Conditions in Boreal Environmental Zone. *Plants (Basel)*. 2023 May 9. 12(10). 1938. doi: 10.3390/plants12101938. PMID: 37653855; PMCID: PMC10221898.
3. Lithourgidis A. S., Vlachostergios D. N., Dordas C. A., Damalas C. A. Dry matter yield, nitrogen content, and competition in pea-cereal intercropping systems. *European Journal of Agronomy*. 2011. 34. 287–294.
4. Ngeno J., Chemining'wa G. N., Muthomi J. W., Shihairo S. I. Effect of Rhizobium inoculation and nitrogen fertilizer application on growth, nodulation and yield of two garden pea genotypes. *Journal of Animal and Plant Sciences*. 2012. 15(2). 2147–2156.
5. Sayed E. G., Ouis M. A. Improvement of pea plants growth, yield and seed quality using glass fertilizers and biofertilizers. *Environmental Technology & Innovation*. 2022. 26. 102356 <https://doi.org/10.1016/j.eti.2022.102356>
6. Stevovic V., Djukic D., Djurovic D., Mandic L., Bokan N. The effect of nitrogen fertilization on the yield and quality of field pea. *Grassland Sci. 722 in Europe*. 2006. 11. 721–723
7. Clayton G. W., Rice W. A., Lupwayi N. Z., Johnston A. M., Lafond G. P., Grant C. A., Walley F. Inoculant formulation and fertilizer nitrogen effects on field pea: Crop yield and seed quality. *Can J. Plant Sci*. 2004. 84. 89–96.
8. Buket A., Bicer B. T., Piring V. The effect of different fertilizer forms in pea *Pisum Sativum* L. on yield and yield components. Presented at the 2ND International Symposium for agriculture and food ISAF 2015. Ohrid. 2015.
9. Prusiński J., Borowska M. Effect of planting density and row spacing on the yielding and morphological features of pea (*Pisum sativum* L.) *Agronomy*. 2022. 12. 715. doi: 10.3390/agronomy12030715.
10. Henry J. L., Slinkard A. E., Hogg T. J. The effect of phosphorus fertilizer on establishment, yield and quality of pea, lentil and faba bean. *Can. J. Plant Sci*. 1995. 75. 395–398
11. Eata A.E.M., El-Sherbini M.A.A., Asmaa R. Mahmoud, Aisha H. Ali Effect of fertilizer management on growth, yield and quality of pea (*Pisum sativum* L.). *Singapore Journal of Scientific Research*. 2020. 10. 327–335. DOI: 10.3923/sjsres.2020.327.335
12. Khan S., Aman F., Ismaeel M., Ali Z., Alam M., Iqbal S., Khan T. Growth and yield response of pea (*Pisum sativum* L.) cultivars to phosphorus fertilization. *Sarhad J. Agric*. 2021. 37. 369–376.
13. Гнатюк О. С. Вплив системи удобрення на формування продуктивності гороху в умовах дослідного поля ВНАУ. URL: <http://socrates.vsau.org/b04213/html/cards/getfile.php/21398.pdf>
14. Доктор Н. М., Новицька Н.В. Вплив удобрення та інокуляції на якість зерна квасолі. *Таврійський науковий вісник*. 2020. № 111. С. 55–59. DOI: <https://10.32851/2226-0099.2020.111.7>
15. ДСТУ 4117:2007. Зерно та продукти його переробки. Визначення показників якості методом інфрачервоної спектроскопії. Київ: Держспоживстандарт України, 2007. 7с.
16. ДСТУ 4138-2002. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. Київ: Держспоживстандарт України, 2002. С. 17–18.
17. ДСТУ 10840:2019. Зерно. Метод визначення натури. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2019. 12 с.

## References

1. Faligowska, A., Kalembsa, S., Kalembsa, D., Panasiewicz, K., Szymańska, G., Ratajczak, K., Skrzypczak, G. (2022). The Nitrogen Fixation and Yielding of Pea in Different Soil Tillage Systems. *Agronomy*, 12 (2). 352. <https://doi.org/10.3390/agronomy12020352>.
2. Janusauskaite, D. (2023). Productivity of Three Pea (*Pisum sativum* L.) Varieties as Influenced by Nutrient Supply and Meteorological Conditions in Boreal Environmental Zone. *Plants (Basel)*, 9; 12 (10). 1938. doi: 10.3390/plants12101938. PMID: 37653855; PMCID: PMC10221898.
3. Lithourgidis, A.S., Vlachostergios, D.N., Dordas, C.A., Damalas, C.A. (2011). Dry matter yield, nitrogen content, and competition in pea-cereal intercropping systems. *European Journal of Agronomy*, 34. 287–294.
4. Ngeno, J., Chemining'wa, G.N., Muthomi, J.W., Shibairo, S.I. (2012). Effect of Rhizobium inoculation and nitrogen fertilizer application on growth, nodulation and yield of two garden pea genotypes. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 15 (2). 2147–2156.
5. Sayed, E.G., Ouis, M.A. (2022). Improvement of pea plants growth, yield, and seed quality using glass fertilizers and biofertilizers. *Environmental Technology & Innovation*, 26. 102356 <https://doi.org/10.1016/j.eti.2022.102356>
6. Stevovic, V., Djukic, D., Djurovic, D., Mandic, L., Bokan, N. (2006). The effect of nitrogen fertilization on the yield and quality of field pea. *Grassland Sci. 722 in Europe*, 11. 721–723
7. Clayton, G. W., Rice, W. A., Lupwayi, N. Z., Johnston, A. M., Lafond, G. P., Grant, C. A., Walley, F. (2004) Inoculant formulation and fertilizer nitrogen effects on field pea: Crop yield and seed quality. *Can J. Plant Sci.*, 84. 89–96.
8. Buket, A., Bicer, B.T., Piring, V. (2015). The effect of different fertilizer forms in pea *Pisum Sativum* L. on yield and yield components. Presented at the 2ND International Symposium for agriculture and food ISAF 2015. Ohrid. 2015.
9. Prusiński, J., Borowska, M. (2022). Effect of planting density and row spacing on the yielding and morphological features of pea (*Pisum sativum* L.) *Agronomy*, 12. 715. doi: 10.3390/agronomy12030715.
10. Henry, J. L., Slinkard, A. E. and Hogg, T. J. (1995). The effect of phosphorus fertilizer on establishment, yield and quality of pea, lentil and faba bean. *Can. J. Plant Sci.*, 75. 395–398
11. Eata, A.E.M., El-Sherbini, M.A.A., Asmaa, R. Mahmoud, Aisha H. Ali (2020). Effect of fertilizer management on growth, yield and quality of pea (*Pisum sativum* L.). *Singapore Journal of Scientific Research*, 10. 327–335. DOI: 10.3923/sjsres.2020.327.335
12. Khan, S., Aman F., Ismaeel, M., Ali, Z., Alam, M., Iqbal, S., Khan, T. (2021). Growth and yield response of pea (*Pisum sativum* L.) cultivars to phosphorus fertilization. *Sarhad J. Agric.*, 37. 369–376.
13. Hnatiuk O. S. Influence of fertilizer system on the formation of pea productivity in the conditions of the experimental field of VNAU. URL: <http://socrates.vsau.org/b04213/html/cards/getfile.php/21398.pdf> [in Ukrainian].
14. Doctor N.M., Novytska N.V. (2020). Effect of fertilizing and inoculation on beans quality. *Tavriiskyi naukovyi visnyk* [Tavrian Scientific Bulletin], 111. 55–59. DOI: <https://10.32851/2226-0099.2020.111.7> [in Ukrainian].
15. DSTU 4117:2007. Grain and products of its processing. Determination of quality indicators by infrared spectroscopy. Kyiv: State Standart of Ukraine. 2007. 7 p. [in Ukrainian].
16. DSTU 4138-2002. Seeds of agricultural crops. Methods of determining quality. (2002). Kyiv: State Standart of Ukraine. P. 17–18. [in Ukrainian].
17. DSTU 10840:2019. Grain. The method of determining nature. (2019) Kyiv: State Standart of Ukraine. 12 p. [in Ukrainian].

UDC 633.358. 631.8 (477.74)

<sup>1</sup>Byrukina S. I., <sup>1</sup>Serhieiev L. A., <sup>2</sup>Kulidzhanov H. V., <sup>3</sup>Chepurnykh V. M. The grain quality of winter pea according to fertilisation systems and weather conditions in Southern Ukraine.

*Grain Crops*. 2024. 8 (1). 110–118.

<sup>1</sup>Odesa State Agricultural Experimental Station of the Institute of Climate-Smart Agriculture of NAAS of Ukraine. 24 Maiatska road St., Khlivodarske village, Odesa district, Odesa region, 67667, Ukraine

<sup>2</sup>Odesa Branch of the State Institution “Soils Protection Institute of Ukraine”, 19 Laboratorna St., Odesa, 65037, Ukraine

<sup>3</sup>Odesa State Agrarian University, 99 Kanatna St., Odesa, 65039, Ukraine.

**Topicality.** The quality of agricultural products is determined by the weather and climate conditions of the growing area and technology, the active component of which is the plant fertilisation system. Regional climatic fluctuations require the search for new crops or varieties and the study of their response to changes in growing conditions and technologies. Therefore, the characteristics of the formation of the main grain quality indicators of winter pea under the weather and climatic conditions of the Southern Steppe of Ukraine are expedient to study. **Purpose.** To determine the effect of mineral fertilisers on the grain quality of winter pea under climate changes in the Southern Steppe of Ukraine. **Methods.** Field method was used to study the effect of basal fertilisation: N<sub>30-45-60</sub>, P<sub>40</sub>K<sub>40</sub>, N<sub>30-60</sub>P<sub>40</sub>, N<sub>30-60</sub>K<sub>40</sub>, N<sub>30-45-60</sub>P<sub>40</sub>K<sub>40</sub>; and of mineral feeding with N<sub>30-45-60</sub> by growth stages on the grain quality of winter pea of the Enduro variety; laboratory method – to determine protein content, 1,000 seed weight and volume weight; statistical method – to perform correlation

analysis, analysis of variance and statistical evaluation of research results. **Results.** The results of research on the effect of fertilisers on the formation of grain quality indicators of winter pea are presented. The characteristics of the influence of weather conditions of the Southern Steppe on the protein content in grain, grain fraction and volume weight were determined. **Conclusions.** A significant dependence of grain quality on specific weather conditions was observed: The protein content was dependent on the temperature regime of the spring-summer growing season by 84.6 % and on precipitation of the same period by 60.8 %, and in the first case it was a direct relationship, in the second – an inverse one; while precipitation during the growing season and in the spring development period had a positive effect on the 1,000 seed weight ( $r=0.95-0.99$ ), it had a negative effect on the volume weight of the grain ( $r= -0.73/ -0.99$ ). Improvement of nutritional conditions resulted in an increase in the protein content of winter pea grain, but the rate of growth depended on the nitrogen rate in the mineral fertiliser, the application method (basal fertilisation or feeding) and the plant development stage. The maximum increase in protein content was 14.2 % at basal application of  $N_{30}P_{40}$  and 15.2 % at the distribution of  $N_{60}$  into three feeding by stages: spring growth resumption, flower bud formation and grain filling. The 1,000 seed weight decreased with increasing rates of mineral fertiliser.

**Key words:** *pea, winter sowing, fertilisers, basal application, feeding, quality*