

УДК 633.35:631.8

DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.114.5>

## АГРОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ДОБРИВ ПРИ ВИРОЩУВАННІ ГОРОХУ В УМОВАХ ЗМІН КЛІМАТУ ПРИЧОРНОМОРЬСЬКОГО СТЕПУ

**Бурикiна С.І.** – к.с.-г.н., завідувач науково-технологiчного вiддiлу агрохiмiї,  
грунтознавства та органiчного виробництва,

Одеська державна сiльськогосподарська дослiдна станцiя

Нацiональної академiї аграрних наук України

**Вельвер М.О.** – науковий спiвробiтник науково-технологiчного вiддiлу агрохiмiї,  
грунтознавства та органiчного виробництва,

Одеська державна сiльськогосподарська дослiдна станцiя

Нацiональної академiї аграрних наук України

**Капустiна Г.А.** – к.с.-г.н., заступник директора,

Одеська фiлiя ДУ «Институт охорони ґрунтiв України»

У статті наведені експериментальні дані з урожайності зерна гороху, отримані протягом 16-річного циклу в довготривалому стаціонарному досліді. Показана агрономічна ефективність добрив за різних доз, співвідношень елементів живлення та залежно від погодних умов вегетаційного періоду. Дослідження проводилися на чорноземі південному в Причорноморському степу Одеської області.

Встановлено, що в цій ґрунтово-кліматичній зоні при характеристиці режиму вологозабезпеченості вегетаційного періоду гороху необхідно враховувати не тільки загальну кількість атмосферних опадів, але й розподіл їх у часі та частоту появи опадів різної величини; частка впливу умов зволоження на агрономічну ефективність добрив коливається в межах від 34,8% до 77,4% залежно від ГТК критичного періоду розвитку рослин гороху. Використання мінеральних добрив по фоні третього року післядії гною (8,0 та 12,5 т/га сівозмінної площі) знижує вплив несприятливих погодних умов на формування урожаю гороху при  $N_{30}P_{30}K_{30}$  від 30,11% до 28,1%; при  $N_{10}P_{10}K_{10}$  – від 35,1% до 29,5%.

При внесенні  $N_{30}P_{30}K_{30}$  найбільша окупність одиниці добрив приростами урожаю гороху була отримана при опадах за весняний період вегетації  $\geq 140$  мм і коли частка непродуктивних опадів не перевищувала 58% і складала: азоту – 18,1 кг/кг; фосфору – 7,5 кг/кг; калію – 10,1 кг/кг; РК – 7,0, NPK – 4,1 кг/кг; при опадах від 115 до 140 мм і долі непродуктивних опадів не більше за 72%: азоту – 17,1 кг/кг; фосфору – 4,4 кг/кг, калію – 2,3 кг/кг; РК – 7,3, NPK – 7,1 кг/кг; при опадах від 50 до 70 мм і долі непродуктивних опадів 75-80%: азоту – 7,4 кг/кг; фосфору – 2,3 кг/кг, калію – 1,8 кг/кг; РК – 2,8, NPK – 3,0 кг/кг; окупність 1 т гною у післядії третього року приростами урожаю гороху складала 13,1 кг/т, 9,9 кг/т і 5,7 кг/т відповідно до вказаних умов вологозабезпеченості.

Якщо вносити  $N_{10}P_{10}K_{10}$  окупність одиниці добрив приростами урожаю гороху при опадах за весняний період вегетації від 110 до 150 мм і долі непродуктивних опадів не більше за 62% складає: азоту – 87,3 кг/кг; фосфору – 95,7 кг/кг, калію – 80,3 кг/кг; РК – 57,0 та NPK – 40,4 кг/кг; при опадах від 50 до 70 мм і долі непродуктивних бiльшi за 75%: азоту – 31,0 кг/кг; фосфору – 25,0 кг/кг, калію – 16,0 кг/кг; РК – 15,0 та NPK – 8,7 кг/кг.

Урожайність гороху зростала зі збільшенням одинарної норми внесення елементу живлення з 10 кг/га до 30 кг/га, але за ефективністю одиниці добрив перевага була за меншою одинарною дозою при співвідношенні N:P:K = 1:1:1

**Ключові слова:** горох, урожайність, погодні умови, окупність, дози добрив.

**Burykina S.I., Welver M.O., Kapustina G.A.** *Agronomic efficiency of fertilizers in pea growing under the conditions of climate change of the Black Sea Steppe*

The article presents experimental data on pea grain yield obtained during a 16-year-long cycle in a long-term stationary experiment. The agronomic efficiency of fertilizers at different rates, nutrient ratios and depending on the weather conditions of the growing season is shown. The research was carried out on the southern chernozem in the Black Sea steppe of Odessa region.

*It is established that in this soil-climatic zone, when characterizing the moisture regime of the pea growing season, it is necessary to take into account not only the total amount of precipitation, but also its time distribution and frequency of precipitation of different magnitudes; the share of the influence of moisture conditions on the agronomic efficiency of fertilizers varies from 34.8% to 77.4% depending on the SCC of the critical period of development of pea plants. The use of mineral fertilizers against the background of the third year of manure aftereffect (8.0 and 12.5 t / ha of crop rotation area) reduces the impact of adverse weather conditions on the formation of pea yields at N30P30K30 from 30.11% to 28.1%; when N10P10K10 – from 35.1% to 29.5%.*

*When applying N30P30K30, the highest payback per unit of fertilizer in an increase in pea yield was obtained with precipitation during the spring growing season  $\geq 140$  mm and when the share of unproductive precipitation did not exceed 58% and was: nitrogen – 18.1 kg/kg; phosphorus – 7.5 kg/kg, potassium – 10.1 kg/kg; RK -7.0 and NPK – 4.1 kg/kg; with precipitation from 115 to 140 mm and the share of unproductive precipitation not more than 72%: nitrogen – 17.1 kg/kg; phosphorus – 4.4 kg/kg, potassium – 2.3 kg/kg; RK -7.3 and NPK – 7.1 kg/kg; with precipitation from 50 to 70 mm and the share of unproductive precipitation 75-80%: nitrogen – 7.4 kg/kg; phosphorus -2.3 kg/kg, potassium – 1.8 kg/kg; RK – 2.8 and NPK – 3.0 kg/kg; the payback of 1 ton of manure in the third year as an increase in pea yield was 13.1 kg / t, 9.9 kg / t and 5.7 kg / t, in accordance with the specified conditions of moisture supply.*

*If you apply N10P10K10, the payback per unit of fertilizer as increments of pea yield under precipitation during the spring growing season from 110 to 150 mm and the share of unproductive precipitation being not more than 62% is: nitrogen – 87.3 kg/kg; phosphorus – 95.7 kg/kg, potassium – 80.3 kg/kg; RK – 57.0 and NPK – 40.4 kg/kg; with precipitation from 50 to 70 mm and the share of unproductive more than 75%: nitrogen – 31.0 kg/kg; phosphorus -25.0 kg/kg, potassium – 16.0 kg/kg; RK -15.0 and NPK – 8.7 kg/kg;*

*The yield of peas as a whole increased with increasing a single feed rate from 10 kg / ha to 30 kg / ha, but the efficiency of a unit of fertilizer was higher at a lower single rate at a ratio of N: P: K = 1: 1: 1.*

**Key words:** peas, yield, weather conditions, payback, fertilizer rates.

**Постановка проблеми.** Горох – основна зернобобова культура в Україні. До 1992 року він вирощувався на площі 1,1-1,2 млн га, але вже з 1995 року площі посіву цієї культури почали знижуватися (на 15,5%). До 2000 року це зменшення площ досягло 73,3% і склало усього 307 тис. га [1]. В подальшому посівні площі гороху коливалися в інтервалі 245-362 тис. га, а 2013-2015 роки характеризувалися мінімальним обсягом (154-172 тис. га), після чого спостерігалось поступове зростання. У 2016 році вони становили 239 тис. га, а в наступні роки – більш ніж 400 тис. га. Отож за останні 27 років посівні площі гороху в Україні зменшилися у 2,6 разів. Питома вага Одеської області в загальній частці посівних площ України на 2018 рік склала 9,0%, в той час як із 2017 по 2011 рр. – 23,3-29,9% [2; 3].

Горох поряд із сидеральними парами повинен стати основним попередником озимої пшениці на півдні України. Тому проблемі відродження його площ і стабілізації урожайності необхідно приділити більше уваги, оскільки воно сприятиме поліпшенню економічного розвитку регіону.

Найефективніший технологічний прийом підвищення урожайності та якості зерна гороху – використання добрив. Система удобрення гороху має свої особливості з огляду на біологічну здатність культури засвоювати азот атмосфери в результаті симбіозу з бульбочковими бактеріями та фосфор із важкорозчинних форм добрив і ґрунту [4, с. 109].

Прикладом у дослідях на лучно-чорноземному ґрунті [5, с. 142–145] встановлено пригнічення активності азотфіксації рослинами гороху при застосуванні мінеральних добрив, але на ранніх фазах органогенезу, а з фази бутонізації внесення  $N_{30}P_{30}R_{30}$  і  $N_{60}P_{60}K_{60}$  активізувало ці процеси і підвищувало урожайність гороху на 22,7 та 40,9%.

У той же час у варіантах другого року післядії органічного добрива за внесення мінерального  $N_{90}P_{90}K_{90}$  та їх поєднання в органічно-мінеральній системі удобрення спостерігалось зниження активності азотфіксації порівняно із контролем без добрив у фазі бутонізації та цвітіння, але урожайність гороху на цих варіантах перевищувала неудобрений фон на 13,6%, 45,5% та 36,4% відповідно.

За умов нестійкого зволоження на чорноземі опідзоленому [6, с. 96–97] горох добре реагував на підвищені дози добрив у післядії 20 тонн гною +  $N_{90}P_{60}K_{80}$  та 30 тонн гною +  $N_{110}P_{70}K_{100}$  зростанням урожайності на 0,9 т/га. За розрахунками Г.М. Господаренко [4, с. 110], норма азотних добрив під горох залежить від гранулометричного складу ґрунту і з урахуванням частки, отриманої за рахунок азотфіксації, повинна складати 60–75 кг/га. Крім того, дефіцит азотного живлення до початку утворення бобів знижує стійкість рослин до посухи.

**Постановка завдання.** Продуктивність сільськогосподарських культур залежить не лише від системи удобрення, але й від погодно-кліматичних умов, про що свідчили численні дослідження [7, с. 48; 8, с. 71; 9; 10, с. 103; 11, с. 802]. В умовах глобальних змін клімату та підвищення його аридності в південній зоні України виникає необхідність систематизації та аналізу результатів досліджень ефективності систем удобрення сільськогосподарських культур, у тому числі і гороху, за різних погодних умов, що й було метою цієї статті.

**Матеріал, методи та погодні умови досліджень.** Дослідження проводили на чорноземі південному в стаціонарному довготривалому досліді із добривами Одеської державної сільськогосподарської дослідної станції. Орний шар ґрунту на рік закладки досліді мав низьку забезпеченість доступними для рослин формами азоту, фосфору та калію, слаболужну реакцію та вміст гумусу 2,9%.

Горох вирощувався з 1975 по 2004 роки протягом чотирьох ротацій зерно-паро-просапної сівозміни в ланці чорний пар – озима пшениця – кукурудза зерно – горох. Вивчалася ефективність органічної, мінеральної та органічно-мінеральних систем удобрення з різним співвідношенням елементів живлення, варіанти яких наведені в таблицях при викладанні отриманих результатів.

Мінеральні добрива у вигляді аміачної селітри, суперфосфату простого гранульованого та калійної солі вносили під основний обробіток, гній – під чорний

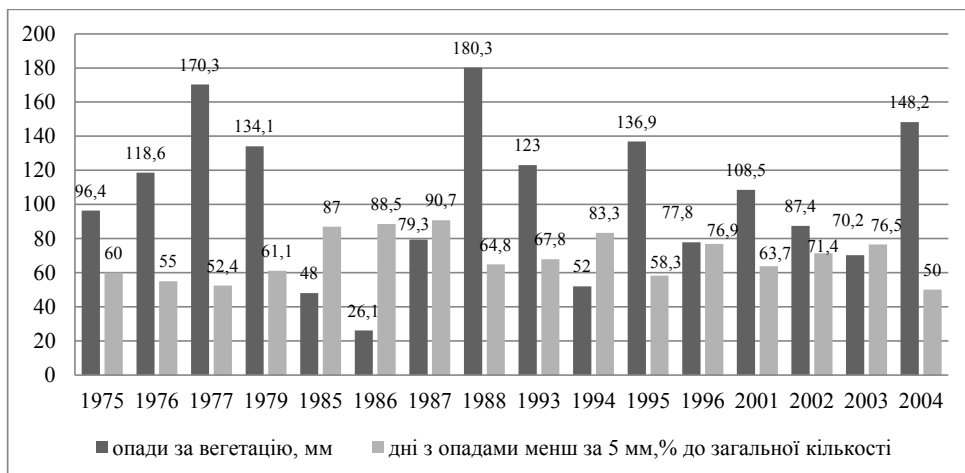


Рис. 1. Опади за період вегетації гороху в роки досліджень

пар. Таким чином рослини гороху використовували поживні елементи гною у післядії на третій рік. Розмір елементарної ділянки – 240 м<sup>2</sup>, облікової – 80 м<sup>2</sup>, повторність у досліді трьохкратна, ділянки розташовані систематично. Агронамічну ефективність добрив розраховували як кількість додаткової сільськогосподарської продукції, отриманої на одиницю діючої речовини мінеральних добрив або на 1 т органічних добрив [12, с. 270].

Клімат Одещини помірно континентальний із жарким сухим літом, м'якою малосніжною нестійкою зимою. Як показали результати аналізу показників температури повітря, починаючи з 1999 року, спостерігаються явні ознаки потепління: якщо в період із 1975 по 1998 рік середньорічна температура становила 9,9°C, то 1999 року – 11,9°C при багаторічній нормі за порід 1970-2018 рр. – 10,7°C [13, с. 33].

Погодні умови 1975-2004 рр. відрізнялися не лише за температурою, але й за кількістю та розподілом опадів (рис. 1, 2). Максимальна кількість опадів за вегетацію гороху спостерігалася у 1977, 1988 та 2004 роках (148,2-180,3 мм), мінімальна – 26,1 мм у 1986 році; непродуктивні опади, коли за один раз випадало менше 5 мм, складали від 50% до 90,7% від суми опадів, а загальна кількість днів із опадами коливалася також у широкому інтервалі від 13 до 34 (рис. 2). Гідротермічний коефіцієнт за Г.Т. Селяниновим змінювався від 0,34 до 1,86, тобто від дуже сильної посухи до надмірного зволоження.

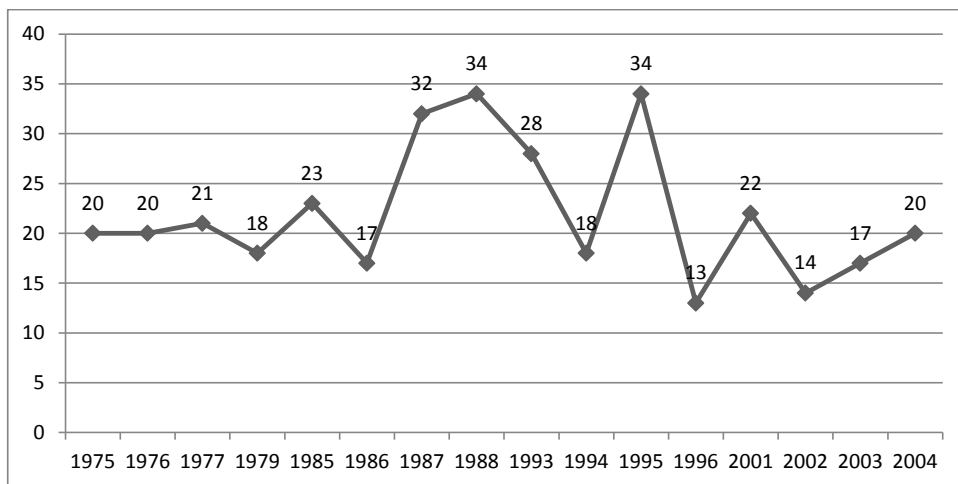


Рис. 2. Кількість днів з опадами за вегетацію гороху

**Результати досліджень та їх обговорення.** При обробі параметрів погоди періоду досліджень були отримані результати, представлені в табл. 1. Середня кількість атмосферних опадів за вегетацію гороху склала 103,6 мм. Кількість випадків, коли цей показник виходить за межі діапазону ( $m_{\text{сер.}} + \sigma$ ) дорівнює кількості випадків, розташованих у діапазоні ( $m_{\text{сер.}} - \sigma$ ), що при практично відсутній асиметрії (0,06) свідчить про рівномірність розподілу даних відносно середнього.

Докладний аналіз динаміки атмосферних опадів за декадами місяців вегетації гороху показав неоднозначність цього висновку (рис. 3). Загалом величина опадів за декаду невелика і коливається в інтервалі від 6,7 до 17,9 мм, причому п'ять мінімальних величин припадають на сім перших декад і відповідають періоду

розвитку рослин гороху від посів-сходів до цвітіння – початку наливу, останній із яких є критичним у формуванні продуктивності культури.

Таблиця 1

**Результати статистичного обробітку даних, що характеризують  
погодні умови вегетації гороху**

| Показник              | Опади за вегетацію,<br>мм | К- сть днів із опадами |   |
|-----------------------|---------------------------|------------------------|---|
|                       |                           | усього                 | менше за 5 мм,<br>% від загальної к-сті |
| Середнє               | 103,6                     | 21,9                   | 62,2                                    |
| Стандартна помилка    | 11,1                      | 1,7                    | 3,3                                     |
| Медіана               | 102,5                     | 20                     | 66,3                                    |
| Стандартне відхилення | 44,3                      | 6,6                    | 13,3                                    |
| Експес                | -0,72                     | -0,36                  | -1,2                                    |
| Асиметричність        | 0,06                      | 0,81                   | 0,29                                    |
| Інтервал              | 154,2                     | 21,0                   | 40,7                                    |
| Мінімальне значення   | 26,1                      | 13                     | 50                                      |
| Максимальне значення  | 180,3                     | 34                     | 90,7                                    |
| Коефіцієнт варіації   | 42,8                      | 30,1                   | 21,2                                    |

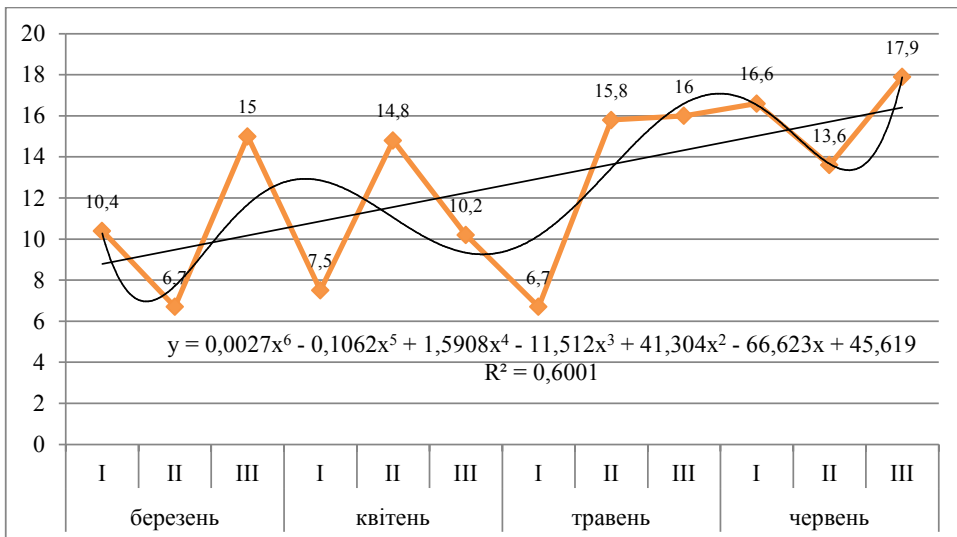


Рис. 3. Середня багаторічна величина атмосферних опадів за декадами, мм

Від другої декади травня до кінця червня кількість опадів має тенденцію до збільшення, але коефіцієнт асиметрії за всіма декадами від березня до червня мав позитивний знак і коливався в інтервалі від 0,42 (друга декада червня) до 3,10 (третья декада квітня), що свідчить про розташування більшості точок у діапазоні величин, менших за середньо багаторічну.

Коефіцієнт достовірності апроксимації  $R^2$  показує ступінь відповідності моделі тренду вихідним даним. Його значення може лежати в діапазоні від 0 до 1. Чим ближче  $R^2$  до 1, тим точніше модель описує наявні дані. У нашому випадку (див.

рис. 3) він не дуже високий ( $R^2 = 0,60$ ) навіть при використанні поліноміальної трендової кривої шостого порядку. Теоретичний розподіл описує реальний лише на 60%. Можливо, розрахунки цих показників вимагають більшого періоду спостережень, ніж 16 років, але для якісного аналізу точність, на наш погляд, одержана задовільна.

Рівень урожайності гороху та окупність добрив залежали як від загальної вологозабезпеченості періоду вегетації, розподілу опадів у часі, градації опадів за їх одноразовими величинами, так і від долі непродуктивних опадів. На необхідність урахування параметрів опадів вказували дослідження метеорологів [15, с. 20]. Весь період досліджень за характеристиками опадів ми розбили на три періоди (табл. 2).

Таблиця 2

**Характеристика періодів досліджень за розподілом опадів по вегетації гороху**

| Показник                                   | Періоди    |          |          |          |          |      |
|--|------------|----------|----------|----------|----------|------|
|  | перший     | другий   |          | третій   |          |      |
| Одинарні норми N, P, O <sub>2</sub> , K, O | 30:30:30   | 10:10:10 | 30:30:30 | 10:10:10 | 30:30:30 |      |
| Загальна кількість опадів за вегетацію, мм | 141,4      | 114,7    | 113,1    | 70,2     | 72,5     |      |
| Кількість днів з опадами, усього           | 24         | 19       | 30       | 14       | 16       |      |
| в тому числі у % до загальної кількості    | < 5 мм     | 58,0     | 61,7     | 72,3     | 76,5     | 77,4 |
|  | 5-9,9 мм   | 23,0     | 22,2     | 16,7     | 11,8     | 13,7 |
|  | 10-19,9 мм | 10,0     | 12,8     | 8,6      | 11,8     | 5,8  |
|  | >20 мм     | 9,0      | 3,3      | 2,4      | 0        | 3,1  |
| Середня урожайність, ц/га                  | контроль   | 31,2     | 28,8     | 19,6     | 10,5     | 8,3  |
|  | добрива    | 36,1     | 38,9     | 25,1     | 13,6     | 10,8 |
| Кількість випадків, %                      | 25,0       | 18,8     | 18,8     | 12,4     | 25,0     |      |

При кількості опадів за вегетацію 141,4 мм із найменшою кількістю днів з непродуктивними опадами (58%) урожайність гороху за рахунок природної родючості була на рівні 31,2 ц/га, а середня за всіма варіантами добрив (дозами і співвідношенням елементів живлення) при одинарній нормі азоту, фосфору та калію 30 кг/га – 36,1 ц/га, де надвишок урожаю склав 4,9 ц/га або 15,7%.

Зниження вологозабезпеченості на 20% із одночасним зростанням кількості днів з непродуктивними опадами до 72,3% зумовило падіння урожайності гороху на контролі на 37,2%, а на варіанті добрив – на 30,5%, однак абсолютна величина виходу продукції із удобреного гектару перевищувала неудобренений на 5,5 ц/га або на 28,1%.

При найгірших погодних умовах у третьому періоді за таких же одинарних норма (30 кг/га) урожайність проти порівняно оптимального рівня вологозабезпеченості знизилася у 3,3 рази, а без добрив – у 3,8 разів, але зберігається тенденція відносної мінімізації системами удобрення негативного впливу посушливих умов, оскільки і в цьому випадку рівень урожайності на дослідних ділянках перевищував неудобренений варіант на 2,5 ц/га або на 30,1%. На цей аспект дії добрив вказували й інші дослідники [16; 17].

Аналогічна картина складається і при одинарних нормах азоту, фосфору і калію 10 кг/га: перевищення урожайності гороху при внесенні добрив порівняно із неудобреним складало у другому періоді 35,1%, а в гостропосушливих умовах – 29,5%. Абсолютні прирости перевищували надвишки при збільшеній одинарній нормі і складали 10,1 ц/га проти 5,5 ц/га та 3,1 ц/га проти 2,5 ц/га.

Таблиця 3

**Агрономічна ефективність окремих елементів живлення при вирощуванні гороху за періодами вологозабезпеченості**

| Показник   | Періоди  |          |          |          |          |
|--|----------|----------|----------|----------|----------|
|  | перший   | другий   |          | третій   |          |
| Одинарні норми N, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , K <sub>2</sub> O | 30:30:30 | 10:10:10 | 30:30:30 | 10:10:10 | 30:30:30 |
| кг приросту зерна на 1 кг д.р. мінеральних добрив або на 1 т гною  |          |          |          |          |          |
| Гній на третій рік післядії – фон*                                 | 13,1     | 9,9      |          | 5,7      |          |
| Фон + P  | 7,5      | 95,7     | 4,4      | 25,0     | 2,3      |
| Фон + K  | 10,1     | 80,3     | 2,3      | 16,0     | 1,8      |
| Фон + PK   | 4,6      | 40,8     | 5,8      | 5,5      | 1,5      |
| Фон + PK (на післядії N)   | 7,0      | 57,0     | 7,3      | 15,0     | 2,8      |
| Фон + N  | 18,1     | 87,3     | 17,1     | 31,0     | 7,4      |

\* Середня норма внесення 10 т/га сівозміної площі або 40 т/га під чорний пар.

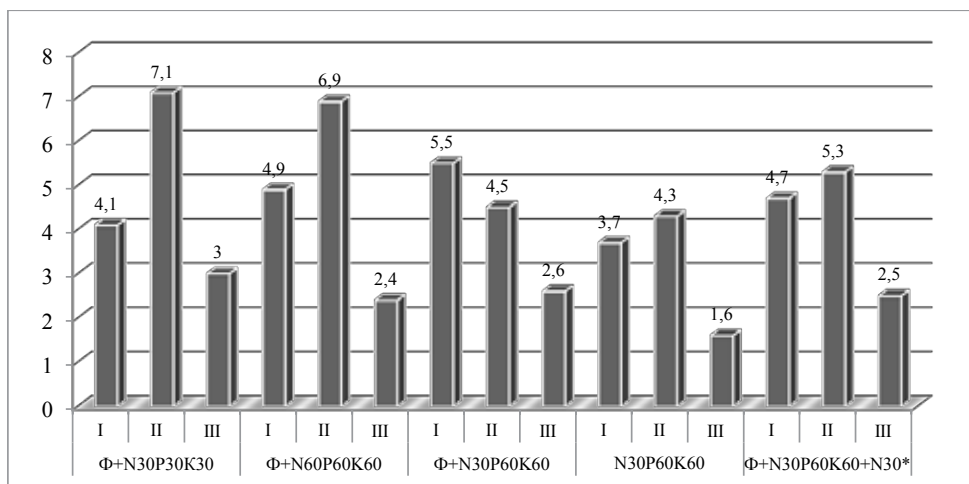
Розрахунки агрономічної ефективності окремих елементів живлення наведені у табл. 3, а повного мінерального добрива – на рис. 4. Порівняння цих результатів свідчить, що внесення повного мінерального добрива під горох менш ефективне за використання окремих його складників.

Так, внесення азоту, фосфору і калію в дозі 10 кг д.р./га дозволило на кожен кг діючої речовини добрив додатково отримати 87,3 кг, 95,7 кг та 80,3 кг зерна гороху при сприятливих умовах вегетації та 31,0-25,0-16,0 кг у гостро посушливий період. Підвищення одинарної дози внесення до 30 кг/га знизило окупність одиниці добрив (у кг на кг д.р.) до 18,1; 7,5 та 10,1 і 7,4; 2,3 та 1,8 відповідно до елемента живлення і погодних умов вегетації.

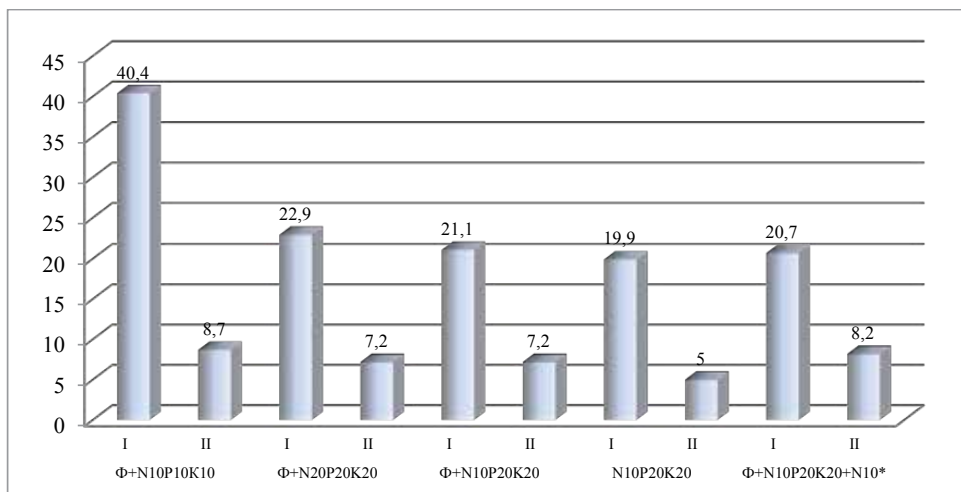
Ефективність довготривалого внесення фосфорно-калійних добрив в абсолютних величинах коливалася в широкому діапазоні значень: від 5,5 кг/кг до 40,8 кг/кг при P<sub>10</sub>K<sub>10</sub> та від 1,5 до 5,8 кг/кг при P<sub>30</sub>K<sub>30</sub>. При цьому їх окупність була нижчою за використання цих же доз на фоні післядії мінерального азоту, внесеного під попередню культуру: у перший кліматичний період – на 34,3% (P<sub>30</sub>K<sub>30</sub>), у другий і третій при цих же дозах PK – на 20,5% та 46,4%; в останні два періоди, але при P<sub>10</sub>K<sub>10</sub> – на 28,4% та 66,7%.

У межах однієї системи удобрення помітна тенденція до зниження агрономічної ефективності з погіршенням погодних умов (рис. 4), а за дозами добрив – із їх зростанням. Прикладом у другий погодний період підвищення дози внесення N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> є те, що знизилася окупність 1 кг NPK проти дози N<sub>30</sub>P<sub>30</sub>K<sub>30</sub> усього на 2,8%, а за сильної посухи – на 20%; при одинарній нормі 10 кг д.р. – на 43,3% та 17,2% відповідно.

Ефективність внесення чисто мінеральної системи удобрення при співвідношенні N:P:K = 1:2:2 протягом усіх років досліджень нижче за дію цієї ж дози на фоні післядії органічного добрива становила від 4,4 до 38,5%.



а) одинарна норма 30 кг/га



б) одинарна норма 10 кг/га

Рис. 4. Окупність одиниці повного мінерального добрива приростами урожаю гороху за різних умов вологозабезпеченості вегетаційного періоду

\* – перенесено у позакореневе підживлення.

Протягом усіх років досліджень в одному з варіантів систем удобрення при співвідношенні N:P:K = 2:2:2 частина азотних добрив (50%) була перенесена із основного внесення в позакореневе підживлення рослин гороху у фазу бутонізації (ВВСН 51-61). Як показують результати, цей прийом практично не мав переваг в окупності одиниці НРК як при мінімальних, так і при підвищених дозах, і, незважаючи на абсолютні значення приростів, практично не залежав від погодних умов.

Кореляційно-регресійний аналіз підтвердив основні тенденції впливу метеофактору на урожайність гороху і ефективність дії добрив, показав наявність оберненого зв'язку між окупністю добрив і кількістю непродуктивних опадів, причому при використанні повного мінерального добрива він більш тісний, ніж при



внесенні окремо азоту, фосфору і калію, зростає із підвищенням дози внесення НРК. Аналогічна тенденція, але прямого зв'язку, спостерігається між агрономічною ефективністю та кількістю опадів від 5 до 19,9 мм (табл. 4).

При вивченні зв'язків між погодними умовами та ефективністю добрив на посівах гороху ми використовували і коефіцієнти погодних умов (далі – КПУ) за І.І. Стребковим [14, с. 54], який характеризує сукупний вплив комплексного метеофактору на урожай конкретної культури: якщо він менший за одиницю – погодні умови склалися для культури не дуже добре, якщо  $>1$  – навпаки. Ступінь відхилення від одиниці вказує на ступінь сприятливості метеоумов конкретного року для формування величини продуктивності.

Таблиця 4

## Коефіцієнти кореляції

| Система удобрення | опади  |                |        |                |           |                |
|-------------------|--------|----------------|--------|----------------|-----------|----------------|
|                   | усього |                | < 5 мм |                | 5-19,9 мм |                |
|                   | r      | R <sup>2</sup> | r      | R <sup>2</sup> | r         | R <sup>2</sup> |
| Фон + N           | 0,89   | 0,792          | -0,44  | 0,194          | 0,37      | 0,137          |
| Фон + P           | 0,34   | 0,116          | -0,50  | 0,250          | 0,44      | 0,194          |
| Фон + K           | 0,44   | 0,194          | -0,30  | 0,090          | 0,20      | 0,040          |
| Фон + НРК = 1:1:1 | 0,36   | 0,130          | -0,64  | 0,410          | 0,63      | 0,397          |
| Фон + НРК = 1:2:2 | 0,63   | 0,397          | -0,72  | 0,518          | 0,72      | 0,518          |
| Фон + НРК = 2:2:2 | 0,71   | 0,504          | -0,88  | 0,774          | 0,90      | 0,810          |

Для виявлення найбільш впливових метеорологічних факторів на рівень продуктивності гороху були розраховані повні коефіцієнти парної кореляції (R) і приватні коефіцієнти кореляції між показниками водно-теплового режиму вегетації, дозами добрив і приростами зерна. В обробіток для характеристики погодних умов у цьому випадку вводилися такі показники як кількість опадів, середньодобова температура повітря, запаси продуктивної вологи у ґрунті під посівом гороху за основними періодами онтогенезу, в іншому – КПУ.

Одержані результати (табл. 5) свідчили, що рівень продуктивності гороху істотно пов'язаний із введеними параметрами: сума опадів за вегетацію визначає урожайність на 43,6% ( $R = 0,66$ ;  $R^2 = 0,436$ ), у тому числі опади, що випали до повного цвітіння, – на 34,8; середньодобова температура повітря в останній період

Таблиця 5

## Матриця кореляційної залежності між елементами погоди протягом вегетації гороху та його продуктивністю (середнє за чотири ротації)

| Коефіцієнт кореляції | Опади, мм         |      |      |        | t <sup>o</sup> C |       | Запаси продуктивної вологи у ґрунті, мм |      | КПУ  |
|----------------------|-------------------|------|------|--------|------------------|-------|---|------|------|
|                      | Період онтогенезу |      |      |        |                  |       |   |      |      |
|                      | 1-й               | 2-й  | 3-й  | усього | 1-й              | 3-й   | 1-й                                     | 3-й  |      |
|                      |                   |      |      |        |                  |       | шар ґрунту, см                          |      |      |
| 0-100                |                   |      |      |        |                  |       | 0-50                                    |      |      |
| парний (R)           | 0,27              | 0,59 | 0,31 | 0,66   | 0,27             | -0,47 | 0,64                                    | 0,62 | 0,76 |
| приватний            | 0,45              | 0,78 | 0,63 | 0,10   | -0,26            | -0,65 | 0,39                                    | 0,24 | 0,52 |

онтогенезу – на 22,1%, запаси продуктивної вологи при формуванні вегетативних органів та при досяганні – на 41,0 і 38,4; сукупний вплив комплексного метеофактору (КПУ) знаходиться на рівні 57,8%.

Відомо, що кількість опадів, які випадають до настання масового цвітіння, дуже важливі, бо до цієї фази розвитку горох накопичує основному усю вегетативну масу надземної частини рослин. У нашому випадку для другого періоду онтогенезу, який закінчується формуванням суцвіть, квіток (травень) спостерігався найвищий повний коефіцієнт парної кореляції (0,59).

Таким чином, факт впливу погодних умов на ефективність використання добрив під горох встановлено за допомогою регресійного аналізу: які б ми не обрали характеристики погодних умов, парні коефіцієнти кореляції знаходилися в інтервалі середнього і тісного зв'язку від 0,59 до 0,99 (по модулю), тобто частка впливу метеоумов вегетаційного періоду гороху на ефективність добрив коливалася від 34,8% (кількість опадів) до 77,4% (частка днів із опадами менше за 5 мм).

Повні ж коефіцієнти для доз добрив при включенні більшої кількості параметрів погоди виявилися низькими (на рівні 0,03-0,10). Тож величина (R) для співвідношень, видів і доз добрив не відображає їх істинний вплив на урожайність культури, але вказує на взаємодію усіх факторів і підкреслює багатофункціональність їх зв'язку.

Наші результати знаходять підтвердження і в інших дослідях за ґрунтово-кліматичними зонами [8–11]. Інтерес викликає дослідження В.Ф. Камінського зі співавторами, які проаналізували 22-річний цикл впливу метеорологічного фактору на формування урожаю гороху для всіх зон України. Зокрема, для степової зони Одеської області максимальне значення множинного коефіцієнту кореляції (R = 0,617) було у травні, який свідчив про середній зв'язок температурного режиму і вологості з продуктивністю посівів гороху, що також збігається з нашими результатами. Погодні умови усього періоду вегетації для Одеської області за їх розрахунками визначали рівень урожайності гороху в межах на 7,7-31,9% [16, с. 41].

**Висновки і пропозиції.** Аналіз 16-річного циклу вирощування гороху у польовій сівозміні при систематичному внесенні добрив дозволив стверджувати про те, що:

- при характеристиці режиму вологозабезпеченості вегетаційного періоду гороху необхідно враховувати не лише загальну кількість атмосферних опадів, але й кількість днів із опадами різної градації, розподіл опадів у часі, частоту появи опадів різної величини;

- розраховані статистичні характеристики диференціації погодних умов, урожайності гороху та агрономічної ефективності добрив показують, що в Причорноморському Степу Одеської області частка впливу умов зволоження в загальну дисперсію складає від 34,8% до 77,4%;

- використання мінеральних добрив по фоні третього року післядії гною (8,0 та 12,5 т/га сівозмінної площі) знижує вплив несприятливих погодних умов на формування урожаю гороху при  $N_{30}P_{30}K_{30}$  від 30,11% до 28,1; при  $N_{10}P_{10}K_{10}$  – від 35,1% до 29,5%;

- при внесенні  $N_{30}P_{30}K_{30}$  найбільша окупність одиниці добрив приростами урожаю гороху отримана при опадах за весняний період вегетації  $\geq 140$  мм і коли частка непродуктивних опадів не перевищувала 58% і складала: азоту – 18,1 кг/кг; фосфору – 7,5 кг/кг; калію – 10,1 кг/кг; РК – 7,0 та NPK – 4,1 кг/кг; при опадах від 115 до 140 мм і долі непродуктивних опадів не більш за 72%: азоту – 17,1 кг/кг; фосфору – 4,4 кг/кг, калію – 2,3 кг/кг; РК – 7,3 та NPK – 7,1 кг/кг; при опадах від 50 до 70 мм і долі непродуктивних опадів 75-80%: азоту – 7,4 кг/кг; фосфору – 2,3 кг/кг,

калію – 1,8 кг/кг; РК – 2,8 та NPK – 3,0 кг/кг; окупність 1 т гною у післядії третього року приростами урожаю гороху складала 13,1 кг/т, 9,9 кг/т та 5,7 кг/ відповідно до вказаних умов вологозабезпеченості;

– якщо вносити  $N_{10}P_{10}K_{10}$  окупність одиниці добрив приростами урожаю гороху при опадах за весняний період вегетації від 110 до 150 мм і долі непродуктивних опадів не більше за 62% складає: азоту – 87,3 кг/кг; фосфору – 95,7 кг/кг, калію – 80,3 кг/кг; РК – 57,0 та NPK – 40,4 кг/кг; при опадах від 50 до 70 мм і долі непродуктивних більше за 75%: азоту – 31,0 кг/кг; фосфору – 25,0 кг/кг, калію – 16,0 кг/кг; РК – 15,0 та NPK – 8,7 кг/кг;

– урожайність гороху зростала зі збільшенням одинарної норми внесення елементу живлення з 10 кг/га до 30 кг/га, але за ефективністю одиниці добрив перевага була за меншою одинарною дозою при співвідношенні N:P:K = 1:1:1.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Сільське господарство України. Статистичний збірник. Київ, 2018. 235 с.
2. Державна служба статистики України. URL: [www.ukrstat.gov.ua](http://www.ukrstat.gov.ua).
3. Статистичний бюлетень України за 2019 рік. URL: [www.ukrstat.gov.ua](http://www.ukrstat.gov.ua).
4. Господаренко Г.М. Удобрення сільськогосподарських культур. К. : ТОВ «СІК ГРУП УКРАЇНА», 2016. 276 с.
5. Волкогон В.В., Бердніков О.М., Лопушняк В.І. Екологічні аспекти систем удобрення сільськогосподарських культур / за ред. В.В. Волкогона. К. : Аграрна наука, 2019. 264 с.
6. Заришняк А.С., Цвей Я.П., Іваніна В.В. Оптимізація удобрення та родючості ґрунту у сівознах / за ред. А.С. Заришняка. К. : Аграрна наука, 2015. 208 с.
7. Целуйко О.А., Парамонов А.В. Влияние длительного применения удобрений на урожайность гороха. *Научно-производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры»*. 2019. № 4(32). С. 46–51.
8. Нідзельський В.А. Динаміка росту гороху залежно від погодних умов. URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Agronomija/article/viewFile/5120/5034>. С. 67–74.
9. Лебідь Є.М., Десятник Л.М., Федоренко І.Є., Кірчук І.С., Пішта Д.С., Кірчук Г.А. Особливості вирощування гороху і озимої пшениці в сівознах Південно-західного Степу. URL: <https://journal-grain-crops.com/arhiv/view/5b321cfff3ff3.pdf>.
10. Ключков А.В., Соломко О.Б., Ключкова О.С. Влияние погодных условий на урожайность сельскохозяйственных культур. *Вестник Белорусской государственной с-х академии*. 2019. № 2. С. 101–105.
11. E. Sabella, A. Aprile, C. Negro, F. Nicoli, E. Natricati, M. Vergine, A. Luvisi, L. Bellis Impact of Climate Change on Durum Wheat Yield. *Agronomy*, 2020, 10(6), 793; doi.org/103390.
12. Леонов Ф.Н. Агрономическая и энергетическая эффективность систем удобрений в севообороте. *Актуальні проблеми сучасного землеробства*. Луганськ, 2003. С. 268–273.
13. Бурикiна С.І., Цуркан О.І. Тенденції сучасної зміни агрокліматичної ситуації на території степової чорноземної зони півдня України. *Таврійський науковий вісник : наук. журн. / ДВНЗ «Херсонський державний аграрний університет»*. Херсон : Видавничий дім «Гельветика», 2020. Вип. 111. С. 29–43.
14. Рябченко М., Михальова К. Порівняння якості зерна сортів озимої м'якої пшениці, вирощеної в засушливі й дощові роки. *Агроном*. 2009. № 3. С. 54–55.
15. Шабанов В.В., Шаршеев Э.С. Статистические параметры распределения осадков. *Природообустройство*. 2009. № 3. С. 13–23.
16. Каміньський В.Ф., Голодна А.В., Гресь С.А. Значення погоднокліматичних умов у виробництві зернобобових культур в Україні. *Корми і кормовиробництво*. 2004. Випуск 53. С. 38–48.
17. Мусаев Ф.А., Захарова О.А. Зависимость урожайности ячменя от ГТК и удобрений. *Успехи современного естествознания*. 2016. № 2. С. 89–97.