

Pea cultivars (*Pisum sativum* L.) with an increased level of adaptability to arid conditions

Vjacheslav I. Sichkar[✉], Svitlana V. Koblai, Olga O. Molodchenkova
Plant Breeding and Genetics Institute – National Center of Seed and Cultivar Investigation, Odesa, Ukraine, e-mail: bobovi.sgi@ukr.net
ORCID ID: 0000-0003-0581-5068; ORCID ID: 0000-0002-4509-2717;
ORCID ID: 0000-0003-2511-0866

✉ bobovi.sgi@ukr.net

Abstract.

Aims. To investigate the economically valuable characteristics of pea cultivars created at the institute under insufficient soil moisture and elevated air temperatures. The yield level, elements of the productivity, protein content and anti-nutrient compounds were determined. **Methods.** Created at our institute cultivars were tested in ecological and competitive nurseries by sowing in the field conditions. Phenological observations, records and assessments were carried out according to the generally accepted methodology for testing plant cultivars of cereals, groats and legumes during the vegetation period. The standard methods developed in the biochemistry laboratory of our institute were used for biochemical studies. The yield and quality indicators of cultivars from other scientific institutions of Ukraine, Austria, the Netherlands, Germany, the Czech Republic, France, and other foreign institutions were also studied. **Results and Discussion.** The results of the yield of a significant volume of domestic and foreign cultivars, as well as recombinant lines, are presented. The average yield of the studied genotypes was at the level of 1.4–1.5 t/ha. The mechanisms of the action of stressful temperatures on plants are discussed, as well as methods for creating starting material with an increased level of thermotolerance and resistance to lodging. New cultivars and promising recombinant lines entered in the State Register and submitted for examination are characterized. **Conclusions.** Soil and climatic conditions of the steppe zone of Ukraine contribute to the production of high-quality pea seeds. Through hybridization and directed selection, the institute has developed a number of cultivars that are characterized by

improved adaptability and increased resistance to lodging. The yield of domestic and foreign cultivars under our conditions was similar.

Keywords: adaptability, anti-nutrient compounds, drought tolerance, protein content, thermotolerance.

Сорти гороху (*Pisum sativum* L.) з підвищеним рівнем адаптивності до посушливих умов

В'ячеслав І. Січка[✉], Світлана В. Коблай, Ольга О. Молодченкова
Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннєзнавства та сортовивчення, м. Одеса, Україна, e-mail: bobovi.sgi@ukr.net
ORCID ID: 0000-0003-0581-5068; ORCID ID: 0000-0002-4509-2717;
ORCID ID: 0000-0003-2511-0866

✉ bobovi.sgi@ukr.net

Реферат.

Мета. Дослідити господарсько цінні ознаки створених в інституті сортів гороху за недостатньої кількості вологи в ґрунті та підвищених температур повітря. У польових умовах визначали рівень урожайності, елементи структури продуктивності, вміст білка та антипоживних сполук. **Методи.** Створені в нашому інституті сорти випробували в екологічному та конкурсному розсадниках за сівби звичайним рядковим способом на ділянках 10 м² і за трьох- та п'ятикратної повторності відповідно. Фенологічні спостереження, обліки та оцінки виконували за загальноприйнятою методикою сортовипробування зернових, круп'яних та зернобобових культур. Для біохімічних досліджень використовували стандартні та розроблені в лабораторії біохімії нашого інституту методики. В екологічному випробуванні досліджували урожайні та якісні показники сортів власної селекції, а також наукових установ України, Австрії, Нідерландів, Німеччини, Чехії, Франції та інших селекційних центрів. **Результати та обговорення.** Отримані результати врожайності екологічного та конкурсного випробування значного об'єму вітчизняних та іноземних сортів, а також перспективних рекомбінантних ліній за посушливих умов. Середня врожайність вивчених генотипів була на рівні 1,4–1,5 т/га. Обговорено механізми дії стресових температур на рослини, а також методи створення вихідного матеріалу з підвищеними рівнями термотолерантності та стійкості проти вилягання. Охарактеризовані занесені до Державного Реєстру нові сорти та перспективні рекомбінантні лінії, які передані на експертизу. **Висновки.** Ґрунтово-кліматичні умови степової зони України сприяють одержанню високоякісного насіння гороху. Методами гібридизації та направленого добору в інституті виведена низка сортів, які характеризуються покращеною адаптивністю та підвищеною стійкістю проти

вилягання. Врожайність вітчизняних й іноземних сортів за наших умов була майже однаковою.

Ключові слова: адаптивність, антипоживні сполуки, посухостійкість, вміст білка, жаровитривалість.

Вступ/Introduction. Глобальне потепління, свідком якого є сучасне покоління, ставить перед людством ряд надзвичайно важливих проблем, які потребують негайного вирішення для того, щоб зберегти життя на нашій планеті. Найголовніші з них — забезпечення продовольством населення планети та збереження довкілля. Досягненню обидвох цих цілей може сприяти збільшення світового виробництва зернобобових культур. По-перше, їхнє насіння вирізняється високим умістом високоякісного білка, який характеризується оптимальним поєднанням амінокислот, особливо незамінних, на які бідні зернові культури. Окрім того, вони є цінним джерелом важливих для живих організмів мікроелементів, вітамінів, ферментів, гормонів та інших цінних сполук. Численними дослідженнями доведено, що харчові продукти з насіння зернобобових культур можуть бути відмінним заміном м'ясо-молочних продуктів з покращеним позитивним впливом на здоров'я людей (Afshin et al., 2014; Rajput et al., 2025).

Особливо цінним компонентом насіння зернобобових є ізофлавіони — сполуки поліфенольної природи, які профілактично діють на серцево-судинну систему, зменшують ризики онкологічних захворювань, знижують артеріальний тиск, гальмують нагромадження тромбоцитів, запобігають передчасному старінню, допомагають організму краще адаптуватися до несприятливих чинників зовнішнього середовища (Chavarro et al., 2008; Bennetts et al., 2008; Messina, 2010).

Світова організація здоров'я (WHO) рекомендує щодня використовувати в їжу 80 г продуктів бобових культур, а Індійський комітет медичних досліджень (ICMR), закликає споживати, як мінімум, не менше 47 г на день цих компонентів раціону.

Рослинний білок має ряд переваг перед тваринним, так як не містить холестерину — основного чинника розвитку хвороб серцево-судинної системи. Швидке зростання чисельності населення в бідних африканських країнах в майбутньому суттєво впливатиме на рівень харчової стабільності в світі. Збільшення кількості людей з недостатнім рівнем продовольчих продуктів є серйозною проблемою вже сьогоднішнього дня, оскільки експортні поставки поступово зменшуються, а об'єм придатних для сільськогосподарської діяльності земель скорочується. Проведені під егідою ФАО дослідження Міжнародного фонду сільськогосподарського розвитку (IFAD), Дитячого фонду Об'єднаних Націй (UNICEF), Світової продовольчої програми (WFP) та

Світової організації здоров'я (WHO) свідчать про те, що недоїдання у світі не зменшується і в наші часи понад 820 млн людей страждають від цього (Alexandratos & Bruinsma, 2012). Перш за все населення світу потерпає від недостатньої кількості для споживання більш дешевого, ніж тваринний високоякісного білка, яким без шкоди для організму можна було б забезпечити повноцінне життя. Надії на одержання таких продуктів шляхом мікробіологічного синтезу не виправдалися, тому на сьогоднішній день основна ставка в глобальному масштабі робиться на зернобобові культури. У середньому кожен житель нашої планети в середньому споживає близько 21 г в день насіння зернобобових культур, що явно замало для підтримання достатнього рівня здоров'я. За рахунок цієї кількості покривається лише 6 % білка й 3 % енергії необхідних для нормального стану здоров'я людини.

На початку 1970-х років на глобальному рівні загальний збір насіння зернобобових культур складав 3,5 % по відношенню до зернових. У подальшому це відношення поступово зменшилось до 2,8 % у 2014 році. Такий тренд пояснюється суттєвим збільшенням урожайності зернових культур. Якщо середня урожайність зернобобових на початку 1970-х років становила приблизно одну третину від урожайності зернових, то в 2014 році вона впала до 25 %. У 1971-му році ці показники були на рівні 670 і 1789 кг/га, у 2014 році — 929 і 3784 кг/га відповідно. На даний час існує значний розрив між реальною та потенційною врожайністю низки зернобобових культур, що зумовлено недостатнім рівнем агрономічних технологій, дефіцитом нових сортів, низькою якістю насіння, значними втратами від пошкодження шкідниками та ураження збудниками хвороб (The global economy of pulses, 2019). Особливо гострий дефіцит харчового та кормового білка відчувається в Європі. Останніми роками тут реалізовано низку проєктів щодо вдосконалення системи харчування людей. Наприклад, “Protein 2 Food” та “Legvalue”, які виконували відповідно 18 і 24 наукові та виробничі установи Данії, Німеччини, Італії, Іспанії, Франції та інших країн, спрямовані на підвищення ефективності використання рослинного білка, одержаного від переробки насіння олійних і зернобобових культур та характеризувались багатовекторним підходом і включали агрономічні, технологічні, генетичні, селекційні та соціально-економічні аспекти. У цьому напрямі також діє стратегічний план «Від поля до столу» (*The Farm to Fork strategy*), який передбачає максимальне забезпечення продуктами харчування власного виробництва, збереження біорізноманіття, уникнення негативного впливу зміни клімату на задіяних у цих проєктах споживачів. Передбачається, що інтенсивне використання у цих продуктах насіння зернобобових культур, як замінників білків тваринного походження, дасть змогу значно скоротити емісію шкідливих газів у повітря. Основними інструментами досягнення цього є оптимальне фінансування, дорадчий сервіс та наукові інноваційні програми. Хоча в Європі ця група культур поки що займає незначні площі, постійно

обговорюється необхідність збільшення їхнього виробництва. З метою поліпшення стану здоров'я європейців планується до 2050-го року скоротити більш ніж на 50 % використання в їжу таких продуктів як цукор і червоне м'ясо і за рахунок цього збільшити на 100 % залучення у харчовий раціон овочів, фруктів, горіхів і насіння зернобобових культур (Buzhanska & Davydovych, 2024).

Значний позитивний вплив зернобобових культур також на родючість ґрунту. Завдяки азотофіксувальній здатності вони нагромаджують за вегетаційний період понад 100 кг діючої речовини азоту, що дає можливість економити високовартісні добрива, оздоровлювати довкілля та знижувати рівень нітратів у продуктах. Важливо зазначити, що бульбочки, кореневі й стеблові рештки зернобобових культур розкладаються в ґрунті впродовж декількох років, поступово звільняючи азотовмісні сполуки, які засвоюються наступними в сівозміні культурами (Rajput et al., 2025).

За оптимальних умов мікробіологічна маса ґрунту за рік може досягти 192 т/га. У кореневій зоні рослин (ризосфері) зазвичай міститься 5–10 млрд клітин мікроорганізмів в одному грамі ґрунту. Дуже важливо створювати оптимальні умови для життєдіяльності бульбочкових бактерій, що дасть змогу суттєво збільшити зв'язування азоту з атмосфери. Для цього процесу особливе значення мають такі чинники, як наявність достатньої кількості макро- й мікроелементів та вологи у ґрунті, добра його аерація, внесення ефективних штамів відповідного виду бактерій у вигляді бактеріальних добрив, оптимальний термічний режим ґрунту. Завдяки активній симбіотичній азотфіксації майже повністю забезпечуються потреби рослин в азоті, створюються добрі умови для фотосинтезу і на цій основі формується високий урожай насіння (Sulewska et al., 2020).

Необхідно зазначити комплексний позитивний вплив зернобобових культур на довкілля, який полягає в наступному:

- зменшення внесення мінеральних добрив за рахунок симбіотичної фіксації азоту та поліпшення засвоєння фосфору;
- підвищення урожайності наступної в сівозміні культури;
- падіння емісії CO₂ і N₂O, а також скорочення використання енергії порівняно з культурами, під які застосовують високі дози мінеральних добрив;
- гальмування розвитку ґрунтової патогенної мікрофлори та популяцій шкідників унаслідок зміни рослини-господаря;
- розширення біорізноманіття сільськогосподарських рослин.

Горох належить до найбільш поширених зернобобових культур, посівні площі якого в світі поступово збільшуються. У ряді країн він являється головним джерелом білка для годівлі тварин, широко він використовується й для виготовлення харчових продуктів. Глікемічний індекс насіння гороху менше 60, тому його відносять до низькоглікемічної харчової продукції,

вживання якої знижує ризик розвитку серцево-судинних хвороб (Yu, 2020; Wu, 2023). Насіння гороху в багатьох країнах світу є важливою частиною харчового балансу (Fahmi et al., 2019; Han et al., 2023; Kumari, Deka, 2021).

Значний внесок у нарощування виробництва насіння гороху зробила сортозміна, яка пройшла на зламі XX і XXI сторіч. У цей період практично в усіх горохосійних країнах були впроваджені так звані сорти вусатого типу, в яких замість звичайного листа розвинені сильні вусики, що переплітаються між собою (Wallman et al., 2025). Завдяки цьому зберігається прямостоячий стеблостій, унаслідок чого зростає стійкість проти вилягання, а зменшення поверхні листя покращує продування й освітлення нижньої частини стеблостою, що створює сприятливі умови для прямого комбайнового збирання гороху. У такому травостої менше нагромаджуються збудники хвороб і шкідники, практично повністю відсутнє випрівання та загнивання нижніх листків.

У зв'язку зі значним харчовим, кормовим, агротехнічним значенням частка зернобобових культур в аграрному секторі більшості країн постійно збільшується. За даними ФАО упродовж 1961–2021 рр. посівні площі під ними зросли з 64 до 93 млн га (на 45 %), середня врожайність — з 0,64 до 0,96 т/га (на 50 %), а валовий збір — з 40,8 до 89,8 млн тон (на 120 %). Таке покращення урожайних показників стало результатом насамперед ефективної селекційної роботи. Дослідження провідних наукових центрів з селекції зернобобових культур — *International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT)*, *International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA)*, *International Institute of Tropical Agriculture (IITA)* спрямовані на виведення високоврожайних, адаптивних, технологічних сортів. Основним методом є гібридизація з наступним штучним добором трансгресивних форм. Застосовуються також новітні методи створення та оцінки вихідного матеріалу. Найбільші площі засіваються горохом у Канаді, Китаї та Індії.

В Україні останніми роками спостерігається падіння виробництва зернобобових культур: протягом останніх 30 років площі скоротились з 2 млн га до 300 тис. га. Однією з причин є заміщення їх енергетичними культурами, що дає швидкий прибуток, але призводить до порушення сівозмін, виснаження ґрунтів, поширення хвороб і шкідників. Дуже важливо відновити втрачені позиції, адже зернобобові є найкращими попередниками для пшениці озимої з приростом урожайності до 1 т/га.

Ґрунтово-кліматичні умови України є сприятливими для вирощування основного набору зернобобових культур — сої, гороху, нуту, сочевиці, квасолі, чини тощо. На сьогоднішній день у цьому переліку горох займає третю позицію за посівними площами після сої та квасолі. Головне завдання на найближчий період полягає у відновленні посівних площ у неменших обсягах, аніж ті, які були в кінці минулого століття.

Матеріали і методи/Materials and Methods. Державна установа «Центр наукових досліджень сільськогосподарських культур «Дачна» Селекційно-генетичного інституту, де проводили дослідження, розташована на території південної частини Причорноморської низовини, у степовій зоні Одеської області. Рельєф представлений майже ідеальною рівниною.

Ґрунтовий покрив являє собою південні середньо-гумусні високо-суглинисті чорноземи на лесових відкладеннях. Товщина гумусного шару 40–50 см, уміст гумусу 3,5–4,5 %. Сума поглинутих основ 40–45 мг екв. на 100 г ґрунту. Кількість доступних форм елементів живлення (в мг екв. на 100 г ґрунту): 3–4 азоту, 10–15 P_2O_5 та 20–30 K_2O . Реакція ґрунтового розчину нейтральна або слабо лужна (pH сольової витяжки 6,0–7,2).

Кліматичні умови в зоні проведення досліджень є помірно-теплыми, сформовані в більшій мірі під впливом атлантичних та середземноморських повітряних мас. Середньорічна температура повітря складає +9,6 °С, сума ефективних температур 3300 °С (табл. 1).

Таблиця 1. Гідротермічні умови в період вегетації гороху (2021–2024 рр.)

Table 1. Hydrothermal conditions during the pea growing season (2021–2024)

Показник/ Indicator	Рік/ Year	Місяць/ Month					ГТК/ НТС
		Березень/ March	Квітень/ April	Травень/ May	Червень/ June	Липень/ July	
Кількість опадів, мм/ Amount of precipitation, mm	2021	31,0	40,0	51,0	97,0	99,0	1,13
	2022	19,0	18,0	11,0	32,0	6,0	0,49
	2023	20,0	116	10	32	48	0,93
	2024	88,0	23,3	35	77	18	1,00
	С.б.н./ A.lt.n.	31,0	34,0	39,0	42,0	49,0	1,07
Температура повітря, °С/ Air temperature, °С	2021	3,9	8,5	15,0	20,1	24,8	-
	2022	3,2	9,6	16,1	22,3	23,9	-
	2023	6,3	9,8	19,2	21,3	23,8	-
	2024	5,9	14,6	15,8	22,7	27,3	-
	С.б.н./ A.lt.n.	2,6	9,0	15,1	19,4	21,4	-
Відносна вологість повітря, %/ Relative air humidity, %	2021	74	74	74	77	64	-
	2022	62	72	59	58	55	-
	2023	74	81	59	61	64	-
	2024	81	67,3	62	66	48	-
	С.б.н./ A.lt.n.	80	82	78	62	70	-

Примітки: — С.б.н./A.lt.n. — середня багаторічна норма по Одеському регіону/
Notes: the average long-term norm for the Odesa region;
— ГТК/НТС — гідротермічний коефіцієнт/hydrothermal coefficient

Зима м'яка та коротка. Найхолодніший місяць — січень, з середньо-багаторічною температурою повітря -2°C . Весна рання, перехід температури через $+5^{\circ}\text{C}$ приходить на другу–третю декаду березня. Літо жарке та тривале.

Ґрунт у літній період втрачає вологу внаслідок високих температур та пониження відносної вологості повітря, іноді до 35–40 %, що призводить до частих суховіїв. Температурний режим регіону сприятливий для зернобобових культур, однак посушливі умови здебільшого супроводжуються високою температурою, що пригнічує ріст рослин. Посушливий характер клімату зумовлюється не лише нестачею загальної кількості опадів (380–450 мм), але й нерівномірним їх розподілом впродовж вегетації.

Гідротермічні умови в період досліджень наведені в таблиці 1, дані якої свідчать про те, що у 2023 році мало місце дуже мало опадів у травні та червні, коли проходить формування та налив бобів. Отримана врожайність була одержана за рахунок збереженої квітневої вологи. У 2024 році дощі в квітні й травні випадали більш рівномірно, хоча їхня кількість була меншою за середню багаторічну норму.

Зусилля селекціонерів зосереджені на виведенні нових сортів із підвищеним адаптивним потенціалом, особливо стійкістю проти посухи. Крім того, потребує подальшого покращення й така ознака, як стійкість проти вилягання (Shevchenko et al., 2021; Sichkar et al., 2021).

Сучасні сорти вусатого типу проявляють високий рівень стійкості проти вилягання за врожайності до 4,0–4,2 т/га.. Однак нові сорти за оптимальних умов здатні давати врожай вище 5,0 т/га. За такого стану посіви всіх сучасних сортів вилягають. Тому потрібні сорти нового типу із ще вищою стійкістю до вилягання. Як свідчать дослідження, для цього лише однієї ознаки «вусатості» недостатньо. Необхідно селекційним шляхом поєднувати безлисточковість із більш розвиненими механічними елементами стебла.

Вихідний матеріал створювали шляхом схрещування добраних у попередні роки форм. Як правило, один із компонентів гібридизації характеризувався підвищеним рівнем адаптивності щодо посушливих умов. У гібридизації, як вихідні форми, були залучені також генотипи типу «хамелеон» (*af*, *tac*) і «люпиноїд» (*det*, *fas*). Крім того, виконувалася також селекційна робота зі створення холодостійких генотипів для підзимової сівби. Площа ділянок в екологічному випробуванні складала 10 м^2 за трьохкратного повторення. Конкурсне випробування також висівали на таких же ділянках, однак за п'ятикратного повторення.

Визначення вмісту білка виконували методом К'ельдаля на *Kjltex Auto-1030* (Kjeldahl, 1883). 11S та 7S глобулінові фракції виділяли методом, розробленим в лабораторії біохімії (Adamovska et al., 2016). Електрофорез глобулінів насіння гороху проводили в 15 % ПААГ, який містив 1 % SDS з використанням системи фірми “*Hem-Hoff*”. За маркери молекулярної маси використовували наступну білкову суміш: 97 кДа — фосфорилаза В, 67 кДа — бичачий сироватковий альбумін, 45 кДа — альбумін яєчний, 25 кДа — хімотрипсिनоген, 20,1 кДа — інгібітор трипсину, 13,7 кДа — рибонуклеаза А. Значення молекулярної маси компонентів фракцій розраховували згідно калібрувального графіка залежності між $\log M$ та рухливістю білка відносно значення бромфенолового синього.

Вміст компонентів в електрофоретичних спектрах визначали за допомогою програм аналізу зображень “*Imagel*”. Біохімічні дослідження проводили з використанням наступного лабораторного обладнання: центрифуги К-24 (Німеччина), Вексман (Англія), спектрофотометра UV 1700, устаткування для проведення електрофорезу (*Hem-Hoff*, США), іонометра (*Orion*, США).

Статистичний аналіз результатів досліджень виконували за допомогою програми *Libre Office Calc* (*GNU Lesser General Public License v 3*).

Результати та обговорення/Results and Discussion. Сучасна селекційна програма з горохом базується на створенні безлисткового вихідного матеріалу за рахунок використання гену *afaf* з наступним індивідуальним доббором рослин, які виділяються за підвищеною продуктивністю, стійкістю проти збудників хвороб, покращеною адаптивністю до абіотичних чинників довкілля. В Україні таку селекційну роботу виконують; Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва (м. Харків), Селекційно-генетичний інститут (м. Одеса), Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків (м. Київ), Інститут кормів та сільського господарства Поділля (м. Вінниця) та Полтавський державний аграрний університет. Станом на 2024 рік цими державними установами створено 26 сортів гороху, які рекомендовані для вирощування у нашій країні (табл. 2).

Крім вищеназваних сортів, до Державного реєстру занесено три сорти, які виведені приватним Всеукраїнським науковим інститутом селекції. Для вирощування в Україні рекомендовано також 42 сорти гороху іноземної селекції. Більшість із них походить із Чехії (10), Німеччини (9), Франції (7) та інших країн. Таким чином, на сьогоднішній день для вирощування рекомендований значний асортимент сортів гороху, із яких 40,8 % вітчизняних і 59,2 % іноземних.

Таблиця 2. Кількість занесених до Державного реєстру сортів гороху, які створені державними установами України (станом на 2024 р.)

Table 2. The number of pea cultivars created by state institutions of Ukraine, included in the state register (2024)

Державна установа/State institution	Кількість зареєстрованих сортів/The number of cultivars entered in the register	
	шт./numbers	%
Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва/ V. Ya. Yuryev Plant Production Institute	11	42,3
Селекційно-генетичний інститут/ Plant Breeding and Genetics Institute	7	26,9
Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків/ Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet	4	15,4
Інститут кормів і сільського господарства Поділля/ Institute of Feed Reserch and Agriculture of Podilla	2	7,7
Полтавський державний аграрний університет/ Poltava State Agrarian University	2	7,7
Всього/Total	26	100

Екологічне випробування включало харківські та одеські сорти, а також низку іноземних. Наша головна мета цього розсадника — ідентифікація високоадаптивних генотипів, тобто таких, урожайність яких мінімально змінюється за різних умов, які складаються у процесі вегетації. Урожайність сортів гороху екологічного випробування наведена в таблиці 3.

Погодні умови 2023–2024 років були досить мінливими, у процесі вегетації рослин траплялись різної тривалості посушливі періоди, що суттєво впливало на формування насінневої продуктивності. Так як генотипи, які вивчались, по-різному реагували на цей несприятливий чинник, вони мали суттєві розбіжності за врожайністю за роками (табл. 4). У 2023 році стандартний сорт Світ виділився високою врожайністю. Кращою за нього виявилась лише Л 30/24. Сорт Пристань перевершив за врожайністю значну кількість селекційних ліній. У 2024 році обидва стандарти характеризувались практично однаковою урожайністю, значна низка селекційних ліній перевершила їх. Лінія Л 64/24 чітко виділилась високою урожайністю у 2024 р., хоча у попередній рік вона була на рівні стандарту. Враховуючи господарсько цінні показники цієї лінії, вона була передана на державну експертизу під назвою Аванс.

**Таблиця 3. Урожайність сортів гороху екологічного випробування
(2023–2024 рр.)**

Table 3. Yield of pea cultivars of ecological testing (2023–2024)

Сорт/Cultivar	Генотип/ Genotype	Урожайність, т/га/Yield, metric tons per hectare		Висота рослин, см/ Plant height, cm	
		2023	2024	2023	2024
Вітчизняні сорти/ Domestic cultivars					
Світ, ст./ ‘Svit’, st.	afDef	1,63	1,49	46	48
Круїз / ‘Kruiz’	afDef	1,54	1,54	65	70
Пристань/ ‘Prystan’	afdef	1,57	1,78	50	68
Дарунок степу/ ‘Darunok stepu’	afdef	1,45	1,63	50	52
Білий ангел/ ‘Bilyi anhel’	afDef	1,76	1,58	50	40
Козачок/ ‘Kozachok’	afDef	1,61	1,50	50	53
Велетень/ ‘Veleten’	afdef	1,70	1,50	75	67
Презент одеський/ ‘Prezent odes’kyi’	afDef	-	1,79	-	65
Глянс / ‘Glians’	afDef	1,63	1,30	65	65
Магнат/ ‘Magnat’	afdef	1,10	1,45	70	65
Меценат / ‘Metsenat’	afDef	1,79	1,73	50	50
Оплот/ ‘Oplot’	afDef	1,26	1,69	40	54
Отаман / ‘Otaman’	afdef	0,96	1,61	55	56
Чекбек/ ‘Chekbak’	afdef	1,09	1,48	45	65
Харківський еталонний/ ‘Khar’kivs’kyi etalonnyi’	afdef	1,47	1,56	55	60
Гайдук/ ‘Haiduk’	afDef	1,27	1,93	65	75
Царевич/ ‘Tsarevych’	afdef	1,27	1,50	60	53
Девіз/ ‘Deviz’	afDef	1,59	1,78	50	47
Обрій/ ‘Obriy’	afDef	-	1,13	-	60
Капітан/ ‘Kapitan’	afDef	-	1,58	-	63
Сотник/ ‘Sotnyk’	afDef	-	1,06	-	64
Камертон/ ‘Kamerton’	afdef	1,21	1,50	65	60
Іноземні сорти/ Foreign cultivars					
Грегор/ 'Gregor'	afDef	1,73	1,38	45	53
Зекон/ 'Zekon'	afDef	0,88	1,27	60	40
Астронавт/ 'Astronaute'	afDef	1,49	1,65	45	50
Профіт/ 'Prophet'	afDef	1,47	1,13	50	55
Саламанка/ ‘Salamanca’	afDef	1,82	1,67	55	55
Стабіль/ ‘Stabile’	afDef	1,55	1,92	55	52
Терно/ ‘Terno’	afDef	1,38	1,31	65	60
Гарде/ ‘Garde’	afDef	1,35	1,69	55	53
ЕСО/ ‘ESO’	afDef	1,45	1,20	55	53
Імпульс/ ‘Impuls’	afDef	1,57	1,05	60	55
Посейдон/ ‘Poseydon’	afDef	1,34	1,27	55	43

НІР_{0,5}/LSD₀₅

0,08

0,21

Новий сорт характеризується жовтим забарвленням насінневої шкірки та рубчика. Маса 1000 насінин — 230 г. Урожайність за роками в конкурсному випробуванні варіювала 1,9–3,8 т/га та достовірно перевищувала стандарт Світ (1,9–3,2 т/га) на 0,2–1,0 т/га (6–130 %). Сорт вирізняється посухостійкістю (8 балів), не вилягає (8 балів). Стійкий до аскохітозу, пероноспорозу та корневих гнилей на рівні 8 балів. Уміст білка в насінні 20 %.

Таблиця 4. Урожайність та вміст білка в насінні рекомбінантних ліній конкурсного випробування (2023 – 2024 рр.)

Table 4. Yield and protein content in seeds of recombinant lines of the competitive test (2023 - 2024)

№ лінії/ Number line	Походження/Origin	Урожайність, т/га/ Yield, metric tons per hectare		Уміст білка, %/ Protein content, %
		2023	2024	2023
1	2	3	4	5
-	Світ, ст./ 'Svit', st.	2,03	1,36	19,7
-	Пристань, ст./ 'Prystan', st.	1,75	1,37	20,1
2	(Орлус/Тріон)/(Колле/Вайр) / '(Orlus/Trion)/(Colle/Vair)'	2,08	1,68	19,2
20	Магнат/Готівський / 'Magnat/Gotivskyi'	2,12	1,73	19,5
47	X85 / X469	2,15	1,49	20,0
23	Аксайський дет./Камелот/ 'Aksayskyi det./Camelot'	1,91	1,63	20,4
3	Л07/325/Харківчанин/ 'L07/325 / Khar'kivchanyn'	1,82	1,65	21,0
37	Візир/Чекбек / 'Vizyr/Chekbek'	1,95	1,52	20,8
18	Ахат/Тудор / 'Achate/Tudor'	2,12	1,27	20,5
22	Луганський/(Аз1397/Аз1061)/ 'Luhans'kyi/(Az1397/Az1061)'	1,60	1,36	18,4
4	(Аз1397/Аз1061)/(Луг./Топаз2)/ '(Az1397/Az1061)/(Luh./Topaz2)'	2,55	1,36	19,9
30	Камертон/Топаз/ 'Kamerton/Topaz'	2,39	1,69	20,8
5	Мадонна/Візир/ 'Madonna/Vizyr'	2,14	1,57	20,7
34	2916 мр / 2916 little breeding	1,78	1,93	20,8
64	217 мр / 217 little breeding	1,94	2,40	20,0
26	Чекбек/Орловчанин / 'Chekbek/Orlovchanyn'	1,92	1,47	20,2
6	Магнат/Едем / 'Magnat/Edem'	2,05	1,31	19,9

Продовження таблиці 4./Continuation of Table 4.

1	2	3	4	5
7	(Az96-67/pH71-92)/Терно / ‘(Az96-67/pH71-92)/Terno’	2,27	1,40	19,4
8	Тудор/Вінець/ ‘Tudor/Vinets’	2,23	1,48	21,1
9	Тудор/Інтенсивний 92 / ‘Tudor/Intensyvnyi 92’	1,77	1,35	19,8
10	Царевич/Світ / ‘Tsarevych / Svit’	2,24	1,55	20,8
12	C24	2,10	1,65	20,7
13	C26	2,04	1,47	20,3
15	C29	1,75	1,35	21,0
26	Чекбек/Орловчанин/ ‘Chekbek/Orlovchanyn’	1,92	1,64	18,9
32	Світ/Першоцвіт/ ‘Svit / Pershotsvit’	1,32	1,73	20,3
52	Розмн.4/Мадонна/ ‘Variety 4/Madonna’	2,37	1,34	19,3
18	Ахат/Тудор / ‘Achate/Tudor’	2,13	1,54	20,5
48	Царевич/Орловчанин/ ‘Tsarevych/Orlovchanyn’	2,00	1,34	20,6
50	Візир/Шквал/ ‘Vizyr/Shkval’	1,96	1,60	20,5
55	Норд/Першоцвіт / ‘Nord/Pershotsvit’	1,56	1,30	19,6
51	Аксаїський дет./Світ/ ‘Aksays'kyi det./Svit’	1,82	1,46	20,2
56	Ахат/Тудор/ ‘Achate/Tudor’	1,59	1,54	19,3
54	Гарант/Готівський/ ‘Harant/Hotivs'kyi’	2,02	1,41	19,7
49	(Зоряний/Мадонна)/Зоряний/ ‘(Zoryanyi/Madonna)/Zoryanyi’	1,49	1,45	20,1

H_P0,5/ LSD₀₅

0,26

0,28

-

Аналіз урожайності великого набору сортів засвідчив, що в більшості із них у середньому за два роки вона коливалась у межах 1,4–1,5 т/га (див. табл. 3). Лише сорти харківської селекції Меценат та німецької фірми “*Nord-deutsche Pflanzenzücht*” Саламанка виділились підвищеною продуктивністю впродовж обох років. Ми їх будемо ефективно використовувати у програмі гібридизації в наступний період. У цьому розсаднику випробували також гетерофільні рекомбінантні лінії типу люпиноїд (*detfas*) і хамелеон (*aftac*) (дані не наведені). Але їх урожайність на 0,22–0,24 т/га виявилась нижчою. Обидва ці морфотипи являють значну цінність для селекції, оскільки вони були досить стійкими проти вилягання та мають більшу фотоасимілюючу поверхню. Тому введення у генетичну плазму таких нових генів, як *det* (детермінантний тип росту), *fas* (фасційоване стебло) та *tac* (алель вусикової акації) дає можливість у

перспективі одержати досить цінний вихідний матеріал. Така ситуація майже завжди виникає, коли до гібридизації залучаються екзотичні гени. На початкових етапах при введенні нового гена в адаптований селекційний матеріал завдання полягає в одержанні рекомбінантних ліній, які несуть ознаку, яка цікавить селекціонера, і лише після багатьох циклів схрещування існує можливість виявлення високопродуктивних селекційних ліній.

Як в нашому інституті, так і в низці наукових установ світу, в даний період основу селекційної роботи складають батьківські форми, які несуть гени *def* (неосипаємість насіння), *af* (вусатий тип листя), *deh*, *stb* (детермінантність стебла), що дає змогу одержувати рекомбінантні лінії з високою технологічністю, що суттєво зменшує втрати урожайності при збиранні.

Наші дослідження свідчать про те, що кращі сорти гороху здатні не вилягати за врожайності близько 4–5 т/га. Для подальшого покращення стійкості проти вилягання необхідно селекційним шляхом зміцнювати механічні структури стебла. Крім гена *afila* відомий мутантний ген *tac*, який у гомозиготному рецесивному стані здатний відновлювати маленькі листочки *afila* рослин, що збільшує площу листового пологую і підвищує рівень асиміляційної поверхні *afaf-tactac* рослин. Застосування цих генів у селекційній роботі дає змогу маніпулювати різною площею листової поверхні з метою збільшення продуктів фотосинтезу за збереження високої стійкості проти вилягання. Крім того, дослідження свідчать, що вусаті форми несуть значно крупніші прилистки порівняно із листовими генотипами (Goldman & Gritton 1992a; Goldman et al., 1992). Польові експерименти показали, що вплив прилистків і вусиків у загальну фотосинтезуючу площу впродовж вегетаційного періоду значно збільшується, що дає можливість селекціонеру впливати на кількість асимільованих продуктів (Goldman & Gritton 1992b).

Рослини типу *afila-tac* виділяються нетиповим характером стебла, яке закінчується специфічним потовщенням верхівки, зумовленим об'єднанням листочків і вусиків. У репродуктивний період тут формується значна кількість бобів і такі рослини на вигляд нагадують рослини люпину. В умовах Півдня України ці форми поки що за врожайністю поступаються звичайним сортам вусатого типу, хоча в перспективі ген *tac* може слугувати джерелом підвищеної стійкості проти вилягання, так як сприяє формуванню чітко виражених детермінантних генотипів.

Таким чином, результати проведеного дослідження свідчать про приблизно однаковий урожайний та адаптивний потенціал вітчизняних та іноземних сортів за посушливих умов степової зони України.

Багаторічне вивчення значної кількості сортів гороху різного походження у попередні роки показало, що за недостатньої кількості вологи та високих температур повітря найбільш продуктивними виявились середньорослі генотипи, що вказує на незаперечне значення біологічної маси за посушливих

умов (Khukhlaev et al., 2014). Низка досліджень також свідчать, що продуктивність гороху в основному залежить від числа бобів на рослині (Huang et al., 2017; French, 1990; Ayaz et al., 2004).

Серед морфологічних ознак рослин гороху високий позитивний зв'язок з урожайністю в зоні канадських прерій установили з висотою рослин і стійкістю проти вилягання (Huang et al., 2023). За оптимальних умов вирощування більш пізньостиглі сорти виділялись підвищеною продуктивністю.

За умов провінції Саскачеван (Канада) було виявлено, що середня урожайність рекомбінантних ліній гороху негативно пов'язана з кількістю днів з температурою вище 27 °C у період цвітіння (Huang et al., 2017). Урожайність гороху в степовій зоні України визначається головним чином кількістю опадів та температурним режимом впродовж вегетації.

Унаслідок людської діяльності температура на нашій планеті вже зросла приблизно на 1 °C з початком індустріальної ери і до 2052 року може ще підвищитися майже на таку саму величину в результаті пришвидшеної емісії парникових газів (Mourtrinis et al., 2016). Підвищені температури по-різному діють на репродуктивні органи рослин гороху. За помірного рівня підвищених температур до 25–30 °C відбувається їх опадання, в основному на верхніх вузлах (Guilioni et al., 1997; Guilioni et al., 2003) і відповідно знижується кількість насінин на рослині.

У репродуктивний період зменшення потенційної урожайності розпочинається за температури вище 28 °C (Bueckert et al., 2015), а в умовах Австралії та певних зон Європи, якщо температура під час цвітіння перевищувала 25 °C (Sadras et al., 2012; Pelzer et al., 2017). Такі умови часто трапляються і у зоні наших досліджень.

У період цвітіння чоловічі репродуктивні органи зернобобових культур більш чутливі до температурного стресу порівняно з жіночими (Monterroso, Wien, 1990; Devasirvatham et al., 2012). Коли рослини гороху вирощували за денної температури 35 °C впродовж 4 днів суттєво падала життєздатність пилку сорту 'СДС Golden', хоча майже не змінювалась у 'СДС Sage'. Але за такого режиму тривалістю 7 днів спостерігали втрату здатності пиляків до розтріскування, в результаті чого пилкові зерна не могли потрапляти на приймочку маточки (Jiang et al., 2019). У цьому дослідженні також було чітко показано, що пилок більш чутливий до температурного стресу порівняно з жіночою генеративною сферою. Інша ситуація спостерігається за екстремально високих температур. Дія температурного режиму (36/18 °C) у камерах штучного клімату впродовж 7 днів привела до надзвичайно складного пошкодження пилкових зерен і бобів, а також різкого зниження кількості бобів і насінин на рослині (Jiang et al., 2015). За ознакою «проростання пилку» виявили сортову мінливість. Хімічний склад пилкових зерен (ліпіди, білки, карбогідрати) варіював у залежності від рівня високих температур. За

температурного стресу мембрани клітин втрачають свою пружність, частково змінюють структурну форму, в них продукуються процеси фосфорилування (Kaushal et al., 2016; Sehgal et al., 2016). Подальша дія стресора призводить до змін білків ендоплазматичного ретикулюму, транскрипції специфічних генів, ацетилювання і метилювання гістонів (Deng et al., 2011; Srivastova et al., 2014; Che et al., 2010).

Тривалість періоду до цвітіння також позитивно впливає на величину врожайності, що можна пояснювати нагромадженням підвищеної кількості продуктів фотосинтезу, які можуть потім використовуватися у процесі репродуктивного розвитку (Huang et al., 2017; Singh et al., 2011; Bueckert & Clarke, 2013). Так як періоди з підвищеною температурою бувають короткостроковими, то генотипи гороху з більш пізнім і тривалим цвітінням мають можливість формувати додаткові квітки після того, як раніше утворені опадуть.

Підвищити продуктивність рослин гороху можливо також за рахунок бобів, які зав'язуються на базальних розгалуженнях, хоча їх формування суттєво залежить від генотипу сорту (Singh et al., 2011; Spies et al., 2010). Наведені механізми перенесення стресових температур рослинами гороху свідчать про існування суттєвої генотипової мінливості як фенотипових, так і молекулярних показників, що дає можливість створювати новий вихідний матеріал з підвищеною термотолерантністю.

Дослідження в Канаді показали, що стійкість до високої температури різних сортів гороху зумовлена неоднаковими біологічними процесами, які відбуваються у пиляках і прилистках, що залежить від диференціальної експресії генів (Huang et al., 2021). Молекулярні механізми, які проходять у вегетативних та репродуктивних органах рослин за температурного стресу, є досить динамічними й змінюють метаболізм макромолекул клітинних оболонок, транспортування ліпідів та їх локалізацію. Висока варіабельність урожайності гороху за роками є одним із важливих факторів зменшення посівів культури в Україні (табл. 5). Наприклад, у 2013 р. середня його урожайність склала 1,14 т/га, у 2021 р. — 1,65 т/га, тоді як у 2016 р. вона досягла 3,13, а в 2017 р. — 2,65 т/га.

Такі перепади врожайності, особливо в степовій зоні нашої країни, в значній мірі стримують ріст посівних площ культури, викликають сумніви у використанні як важливого компонента науково обґрунтованих сівозмін. Тому головні зусилля селекціонерів повинні бути спрямовані на виведення вихідного матеріалу з високим рівнем адаптивності. Одним із шляхів реалізації цього завдання полягає в залученні різноманітного колекційного матеріалу із різних кліматичних зон у гібридизацію з метою концентрації адаптивних алелей в окремих рекомбінантних лініях. Головним напрямом сучасних наших досліджень з цією культурою є підвищення рівня толерантності до посушливих умов шляхом схрещування західноєвропейських сортів, які виділяються

високою потенційною врожайністю, з посухостійкими зразками. Добори кращих рослин і їх розмноження проводимо за природних умов, які, як правило, є посушливими.

Таблиця 5. Виробництво насіння гороху в Україні (за роками)

Table 5. Pea seed production in Ukraine (by years)

Рік/Year	Площа посіву, тис. га/ Sown area, metric thousand hectares	Урожайність, т/га/ Yield, metric tons per hectare	Валовий збір, тис. т/ Gross harvest, metric thousand tons
1987	1437,0	2,41	3463,2
2000	285,2	1,75	499,0
2005	311,1	1,98	616,0
2010	278,5	1,62	451,2
2015	168,7	2,24	377,9
2017	414,0	2,65	1097,1
2020	234,5	2,04	478,4
2022	125,7	2,07	260,2
2023	146,6	2,04	299,0
2024	212,1	2,19	464,5
2025	266,0	2,36	626,6

В останні роки до Державного реєстру занесено 2 нових сорти: ‘Козачок’ у 2022 р. і ‘Велетень’ у 2023 р.

Сорт ‘Козачок’ виведений методом гібридизації з подальшим індивідуальним добором із отриманої гібридної популяції. Насінина має циліндричну форму з наявною насінневою ніжкою, яка не відокремлюється при збиранні. Сім’ядолі жовті, насінна шкірка напівпрозора, тонка. Середньостиглий, тривалість вегетаційного періоду 76–80 днів. Середньорослий, висота рослин 70–89 см, стійкість до вилягання (5–6 балів), придатний до прямого комбайнування. Маса 1000 насінин 225–232 г. Високопродуктивний — середній урожай у державному сортовипробуванні за 2020–2022 рр. у лісостеповій зоні України склав 2,75 т/га, в степовій — 2,0 т/га, в Поліссі — 2,77 т/га. У сортовипробуваннях СГІ – НЦНС (Одеська область) урожайність сорту за роки вивчення змінювалась від 1,53 до 3,00 т/га. Уміст білка в насінні — 25%. Стійкість проти збудників хвороб на рівні кращих стандартів (7–9 балів). Розварюваність та смакові якості добрі.

Сорт ‘Велетень’ формує сферичної форми звичайного типу насіння з гладенькою матовою шкіркою. Сім’ядолі жовті, насінна шкірка напівпрозора, тонка. За кольором рубчик не відрізняється від шкірки. Виведений методом індивідуального добору із гібридної популяції. Середньостиглий, тривалість вегетаційного періоду 70–80 діб. Середньорослий, висота рослин 70–90 см, стійкість до вилягання середня, придатний до прямого комбайнування. Маса 1000 насінин 210–240 г, високопродуктивний — середній урожай в

конкурсному сортовипробуванні СГІ-НЦНС (Одеська область) за 2016–2018 рр. становив 2,30 т/га, максимальна врожайність у найбільш сприятливі роки досягала 3,1 т/га, вміст білка в насінні — 20–23 %. Стійкість проти збудників хвороб на рівні кращих стандартів. Розварюваність та смакові якості добрі.

У 2023 році до державної атестації передали сорт гібридного походження ‘Презент одеський’, який отриманий у результаті контрольованого схрещування сорту ‘Мадонна’ з лінією харківської селекції № 2/16. Належить до різновиду *semineum*. Середньостиглий (75–80 діб), напівкарликового типу (висота рослин 65 см), вусатого типу росту, з гладеньким насінням жовтого кольору. Забарвлення рубчика не відрізняється від насіння. Маса 1000 насінин 230 г. Урожайність за роками в конкурсному випробуванні СГІ-НЦНС (Одеська область) варіювала в межах 2,0–3,8 т/га та достовірно перевищувала стандарт Світ (1,9–3,2 т/га). Сорт вирізняється посухостійкістю (8 балів), не вилягає (8 балів). Стійкий до аскохітозу, пероноспорозу та корневих гнилей на рівні 8 балів. Уміст білка 24%. Урожайність нового сорту за період 2016–2024 рр. перевищувала стандарт Світ в середньому на 0,44 т/га.

У кінці минулого сторіччя посіви гороху в нашій країні становили близько 1,5 млн га, а валовий збір насіння перевищував 3,5 млн т. На початку 2000-х років мало місце різке падіння посівних площ, що пов’язано перш за все із занепадом вітчизняного тваринництва та в останні роки із вторгненням РФ на територію України. У 2025 році спостерігаються певні позитивні зміни, особливо в Одеській, Миколаївській, Харківській, Кіровоградській та Дніпропетровській областях. У цілому в цьому році горох висіяли на площі 266 тис. га, в тому числі в Одеській області він займає 62 тис. га (23,3%).

Нині Канада є найбільшим виробником й експортером гороху на нашій планеті. Досвід цієї країни досить актуальний для нас, оскільки посіви гороху розміщені в провінціях Саскачеван й Альберта, які за кліматичними умовами дуже подібні до умов степової зони України. У цих провінціях випадає 350–400 мм опадів. Це основний пшеничний регіон Канади. У ХХ сторіччі тут пшеницю вирощували, в основному, по пару, а нині її розміщують після зернобобових, основними з яких є горох і сочевиця. Така зміна попередника різко покращує економіку аграрного сектору, особливо віддачу сівозміни в цілому. Одержані багаторічні результати свідчать про те, що урожайність пшениці після гороху не знижується порівняно з паровим попередником, а в ряді випадків навіть підвищується. У США заміна чистих парів на горох різко посилилась за останнє десятиріччя у посушливому регіоні, так званому пшеничному поясі (Великі рівнини), з опадами на рівні 320–400 мм. Це штати Канзас, Оклахома, Небраска, Колорадо та інші. Збільшення посівів гороху в Україні дасть можливість одержати низку позитивних результатів у аграрному секторі. Перш за все за впровадження у виробництво науково обґрунтованих сівозмін відбудеться суттєве збільшення урожайності зернових культур.

Збалансування раціонів високоякісним білком сприятиме економії кормового зерна для тваринництва. За рахунок біологічної азотфіксації суттєво покращиться баланс елементів живлення ґрунту і різко зросте загальний рівень культури землеробства.

В Україні горох належить до експортно орієнтованих культур, тобто значна його кількість реалізується на зовнішньому ринку. Вирощене в нашій країні насіння в основному, експортується до Індії, Бангладеш, Пакистану, Китаю, Туреччини та ОАЕ. У цілому насіння гороху із України закупають 96 країн. У 2023/24 маркетинговому році основними імпортерами українського гороху були: Туреччина — 27 % від загального експорту, Італія — 13 %, Бангладеш — 12 %, Індія — 9 % та Малайзія — 6 %. Водночас ціни на горох у цьому сезоні досить високі. Однією з причин цього є скасування 50 % мита на горох з боку Індії, дія якого спочатку закінчувалася навесні, але потім була тричі подовжена й діє також і у цьому році. Наша країна входить у десятку найбільших експортерів гороху. А провідну позицію у світі з його вирощування і експорту займає Канада. Впровадження адаптивних сортів та вологозберігаючих технологій вирощування дасть змогу суттєво підвищити статус України, як надійного виробника високоякісного насіння гороху.

Висновки/Conclusions. Ґрунтово-кліматичні умови степової зони України сприяють одержанню високоякісного насіння гороху. Методами гібридизації та направленою селекцією в інституті виведена низка сортів, які характеризуються покращеною адаптивністю та підвищеною стійкістю проти вилягання. Врожайність вітчизняних й іноземних сортів за наших умов була майже однаковою. Для селекційних цілей суттєве значення мають рецесивні гени *tac* (вусикова акація), *det* (детермінантний тип росту) та *fas* (фасційоване стебло).

Список посилань/References

Afshin, A., Micha, R., Khatibzadeh, S., & Mozaffarian, D. (2014). Consumption of nuts and legumes and risk of incident ischemic heart disease, stroke and diabetes: a systematic review and meta-analysis. *American J. Clinical Nutr.* Vol. 100. No 1. P. 278–288. <https://doi.org/10.3945/ajcn.113.076901>.

Alexandratos, N., & Bruinsma, J. (2012). World agriculture towards 2030/2050. *The 2012 revision. ESA working paper*. No 12-03. Rome. FAO. 140 p.

Ayaz, S., McKenzie, B. A., Hill, G. D., & McNiel, D. L. (2004). Variability in yield of four grain legume species in a subhumid temperate environment. II. Yield components. *Journal of Agricultural Science*. Vol. 142. No 1. P. 21–28. <https://doi.org/10.1017/S0021859604004113>.

Bennetts, L. E., De Iuliis, G. N., Nixon, B., Kime, M., Zelski, K., McVicar, C. M., ... & Aitken, R. J. (2008). Impact of estrogenic compounds on DNA integrity in human spermatozoa: Evidence for cross-linking and redox

cycling activities. *Mutation Research. Fundam. Mol. Mech. Mutagenesis*. Vol. 641. No 1–2. P. 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.mrfmmm.2008.02.002>.

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*. Vol. 95. No 4. P. 629–639. <https://doi.org/10.4141/cjps-2014-342>.

Bueckert, R. A., & Clarke, J. M. (2013). Review: annual crop adaptation to abiotic stress on the Canadian prairies: six case studies. *Canadian Journal of Plant Science*. Vol. 93. No 3. P.375–385. <https://doi.org/10.4141/cozi2012-184>.

Buzhanska, M. V., & Davydovych, O. Ya. (2024). Global food trends: advantages, disadvantages and impact on health. *Herald of Lviv University of Trade and Economics. Technical sciences*. Vol. 39. P. 38–48. <https://doi.org/10.32782/2522-1221-2024-39-05>.

Chavarro, J. E., Toth, T. L., Sadio, S. M., & Hauser, R. (2008). Soy food and isoflavone intake in relation to semen quality parameters among men from an infertility clinic. *Human Reproduction*. Vol. 23. No 11. P. 2584–2590. <https://doi.org/10.1093/humrep/den243>.

Deng, Y., Humbert, S., Liu, J. X., Srivastava, R., Rothstein, S. J., & Howell, S. H. (2011). Heat induces the splicing by IRE1 of a mRNA encoding a transcription factor involved in the unfolded protein response in *Arabidopsis*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. Vol. 108. No 17. P. 7247–7252. <https://doi.org/10.1073/pnas.1102117108>.

Devasirvatham, V., Gaur, P. M., Mallikarjuna, N., Tokachichu, R. N., Trethowan, R. M., & Tan, D. K. (2012). Effect of high temperature on the reproductive development of chickpea genotypes under controlled environments. *Functional Plant Biology*. Vol. 39. No 12. P. 1009–1018. <https://doi.org/10.1071/FP12033>.

Fahmi, R., Ryland, D., Sopiwnyk, E., & Aliani, M. (2019). Sensory and physical characteristics of pan bread fortified with thermally treated split yellow pea (*Pisum sativum* L.) flour. *Journal of Food Science*. Vol. 84. No 120. P. 3735–3745. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14908>.

French, R. J. (1990). The contribution of pod numbers to field pea (*Pisum sativum* L.) yields in a short growing-season environment. *Australian Journal of Agricultural Research*. Vol. 41. No 5. P. 853–862. <https://doi.org/10.1071/AR9900853>.

Che, P., Bussell, J. D., Zhou, W., Estavillo, G. M., Pogson, B. J., & Smith, S. M. (2010). Signaling from the endoplasmic reticulum activates brassinosteroid signaling and promotes acclimation to stress in *Arabidopsis*. *Science Signaling*. Vol. 3. No 141: ra69. <https://doi.org/10.1126/scisignal.2001140>.

Goldman, I. L., & Gritton Jr, E. T. (1992a). Evaluation of the afila-tendriled acacia (afaf-tactac) pea foliage type under minimal competition. *Crop Science*. Vol. 32. No 4. P. 851–855. <https://doi.org/10.2135/cropsci1992.0011183x003200040003x>.

Goldman, I. L., & Gritton, E. T. (1992b). Seasonal variation in leaf component allocation in normal, afila, and afila-tendriled acacia pea foliage near-isolines. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. Vol. 117. No 6. P. 1017–1020. <https://doi.org/10.21273/JASHS.117.6.1017>.

Goldman, I. L., Gritton E. T., & Flannery, P. J. (1992). Evaluation of the afila-tendriled acacia (afaf-tactac) pea foliage type under minimal competition. *Crop Science*. Vol. 32. No 4. P. 855–861. <https://doi.org/10.2135/cropsci1992.0011183X003200040004x>.

Guilioni, L., Wéry, J., & Lecoœur, J. (2003). High temperature and water deficit may reduce seed number in field pea purely by decreasing plant growth rate. *Functional Plant Biology*. Vol. 30. No 11. P. 1151–1164. <https://doi.org/10.1071/FP03105>.

Guilioni, L., Wery, J., & Tardieu, F. (1997). Heat stress-induced abortion of buds and flowers in pea: is sensitivity linked to organ age or to relations between reproductive organs? *Annals of Botany*. Vol. 80. No 2. P. 159–168. <https://doi.org/10.1006/anbo.1997.0425>.

Han, X., Akhlov, L., Ashe, P., Lewis, C., Deibert, L., Zaharia, L. I., ... & Patterson, N. (2023). Comprehensive compositional assessment of bioactive compounds in diverse pea accessions. *Food Research International*. Vol. 165. 112455. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.112455>.

Huang, S., Gali, K. K., Arganosa, G. C., Tar'an, B., Bueckert, R. A., & Warkentin, T. D. (2023). Breeding indicators for high-yielding field pea under normal and heat stress environments. *Canadian Journal of Plant Science*. Vol. 103. No 3. P. 259–269. <https://doi.org/10.1139/CJPS-2022-0158>.

Huang, S., Gali, K. K., Tar'an, B., Warkentin, T. D., & Bueckert, R. A. (2017). Pea phenology: crop potential in a warming environment. *Crop Science*. Vol. 57. No 3. P. 1540–1551. <https://doi.org/10.2135/cropsci2016.12.0974>.

Huang, S., Gali, K. K., Lachagari, R. V., Chakravartty, N., Bueckert, R. A., Tar'an, B., & Warkentin, T. D. (2021). Identification of heat responsive genes in pea stipules and anthers through transcriptional profiling. *Plos One*. Vol. 16. No 11. e0251167. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0251167>.

Jiang, Y., Lahlali, R., Karunakaran, C., Kumar, S., Davis, A. R., & Bueckert, R. A. (2015). Seed set, pollen morphology and pollen surface composition response to heat stress in field pea. *Plant, Cell & Environment*. Vol. 38. No 11. P. 2387–2397. <https://doi.org/10.3390/plants10061038>.

Jiang, Y., Lahlali, R., Karunakaran, C., Warkentin, T. D., Davis, A. R., & Bueckert, R. A. (2019). Pollen, ovules, and pollination in pea: Success, failure, and

resilience in heat. *Plant, Cell & Environment*. Vol. 42. No 1. P. 354–372. <https://doi.org/10.1111/pce.13427>.

Kaushal, N., Bhandari, K., Siddique, K. H., & Nayyar, H. (2016). Food crops face rising temperatures: an overview of responses, adaptive mechanisms, and approaches to improve heat tolerance. *Cogent Food & Agriculture*. Vol. 2. No 1. 1134380. <https://doi.org/10.1080/23311932.2015.1134380>.

Khukhlaev, I. I., Koblay, S. V., & Sichkar, V. I. (2014). Pea varieties yield capacity under drought conditions. *Reserch works of Plant Breeding and Genetics Institute – National Center of seed and cultivar investigations*. Vol. 23. No 63. P. 65–71. (in Ukrainian).

Kjeldahl, J. G. C. T. (1883). Neue Methode zur Bestimmung des Stickstoffs in organischen Körpern. *Zeitschrift für analytische Chemie*. Vol. 22. No 1. P. 366–382. (in German). <https://doi.org/10.1007/BF01338151>.

Kumari, T., & Deka, S. C. (2021). Potential health benefits of garden pea seeds and pods: A review. *Legume science*. Vol. 3. No 2. e82. <https://doi.org/10.1002/leg3.82>.

Messina, M. (2010). Soybean isoflavone exposure does not have feminizing effects on men: a critical examination of the clinical evidence. *Fertility and sterility*. Vol. 93. No 7. P. 2095–2104. <https://doi.org/10.1016/j.fertnstert.2010.03.002>.

Monterroso, V. A., & Wien, H. C. (1990). Flower and pod abscission due to heat stress in beans. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. Vol. 115. No 4. P. 631–634. <https://doi.org/10.21273/Jashs.115.4.631>.

Mourtzinis, S., Ortiz, B. V., & Damianidis, D. (2016). Climate change and ENSO effects on Southeastern US climate patterns and maize yield. *Scientific reports*. Vol. 6. No 1. 29777. <https://doi.org/10.1038/srep29777>.

Pelzer, E., Bourlet, C., Carlsson, G., Lopez-Bellido, R. J., Jensen, E. S., & Jeuffroy, M. H. (2017). Design, assessment and feasibility of legume-based cropping systems in three European regions. *Crop and Pasture Science*. Vol. 68. No 11. P. 902–914. <https://doi.org/10.1071/CP17064>.

Rajput, A., Panhwar, Q. A., & Babar, H. (2025). Role of leguminous crops by enhancing soil fertility and plant. *Legume Crops for Food Security-Cultivation and Benefits: Cultivation and Benefits*, London: BoD. Vol. 23. Ch. 11. P. 211–240. <https://www.intechopen.com/chapters/1175543>.

Sadras, V. O., Lake, L., Chenu, K., McMurray, L. S., & Leonforte, A. (2012). Water and thermal regimes for field pea in Australia and their implications for breeding. *Crop and Pasture Science*. Vol. 63. No 1. P. 33–44. <https://doi.org/10.1071/CP11321>.

Sehgal, A., Sita, K., & Nayyar, H. (2016). Heat stress in plants: sensing and defense mechanisms. *The Journal of Plant Science Research*. Vol. 32. No 2. 195–210.

Shevchenko, L. M., Vasylenko, A. O., Sichkar, V. I., Vus, N. A., Bezuglyi, I. M., Solomonov, R. V., ... & Glyantsev, A. V. (2021). Environmental trial of pea breeding accessions. *Plant Breeding and Seed Production*. No 119. P. 53–62. <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2021.237003>.

Sichkar, V. I., Vasylenko, A. O., Kryvenko, A. I., & Solomonov, R. V. (2021). Creation of pea recombinant lines with increased level of adaptability to drought conditions. *Journal of Native and Alien Plant Studies*. (Special issue, No 1). P. 259–264. <https://doi.org/10.37555/2707-3114.1.2021.247726>. (in Ukrainian).

Singh, A., Singh, S., & Babu, J. D. P. (2011). Heritability, character association and path analysis studies in early segregating population of field pea (*Pisum sativum* L. var. *arvense*). *International Journal of Plant Breeding and Genetics*. Vol. 5. No 1. P. 86–92. <https://doi.org/10.3923/ijpbg.2011.86.92>.

Spies, J. M., Warkentin, T., & Shirliffe, S. (2010). Basal branching in field pea cultivars and yield-density relationships. *Canadian Journal of Plant Science*. Vol. 90. No 5. P. 679–690. <https://doi.org/10.4141/CJPS09195>.

Srivastava, R., Deng, Y., & Howell, S. H. (2014). Stress sensing in plants by an ER stress sensor/transducer, bZIP28. *Frontiers in Plant Science*. Vol. 5. 59. <https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00059>.

Sulewska, H., Niewiadomska, A., Ratajczak, K., Budka, A., Panasiewicz, K., Faligowska, A., ... & Dryjański, L. (2020). Changes in *Pisum sativum* L. plants and in soil as a result of application of selected foliar fertilizers and biostimulators. *Agronomy*. Vol. 10. No 10. 1558. <https://www.mdpi.com/2073-4395/10/10/1558#>.

The global economy of pulses. (2019). Eds.: Rawal V., Navatto D.K. FAO, Rome. 175 p. <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/17108en>.

Adamovska, V. G., Molodchenkova, O. O., Kartuzova, T. V., Sichkar, V. I., & Lavrova, G. D. (2016). Method of soybean genotypes selection of food direction: Patent for utility model No. 107671, Ukraine. declare 24.06.2016, publish 15.11. 2016, Bulletin No. 1. (in Ukrainian).

Wallman, D., Leino, M. W., Grimberg, Å., & Carlsson, G. (2025). Intercropping traditional pea varieties with faba bean produces grain yields similar to pure stands of modern varieties in organic agriculture. *Organic Agriculture*, P. 1–19. <https://doi.org/10.1007/s13165-025-00523-7>.

Wu, D. T., Li, W. X., Wan, J. J., Hu, Y. C., Gan, R. Y., & Zou, L. (2023). A comprehensive review of pea (*Pisum sativum* L.): chemical composition, processing, health benefits, and food applications. *Foods*. Vol. 12. No 13. 2527. <https://doi.org/10.3390/foods12132527>.

Yu, Z., Fan, Y., Wang, X., Xia, M., & Cai, Y. (2020). *In vitro* and *in vivo* digestibility of pea and chickpea powder prepared by cooking and drying treatment. *International Journal of Food Properties*. Vol. 23. No 1. P. 1187–1199. <https://doi.org/10.1080/10942912.2020.1792925>.