

ДУБРОВНА О. В. 
ПРЯДКІНА Г. О. 

Інститут фізіології рослин і генетики Національної академії наук України,
Україна, 03022, м. Київ, вул. Васильківська, 31/17
 dubrovny@ukr.net

ВМІСТ ПРОЛІНУ У ТРАНСГЕННИХ ЛІНІЙ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ З ЧАСТКОВОЮ СУПРЕСІЄЮ ГЕНА ПРОЛІНДЕГІДРОГЕНАЗИ В ОКРЕМІ ФАЗИ ВЕГЕТАЦІЇ

Мета. Оцінка вмісту вільного проліну у трансгенних ліній озимої пшениці з частковою супресією гена проліндегідрогенази порівняно з вихідним генотипом у фотосинтезуючих і нефотосинтезуючих органах в окремі фази вегетації та його вплив на зернову продуктивність. **Методи.** *Agrobacterium*-опосередкована трансформація *in planta*; біохімічне визначення вмісту вільного проліну; математична статистика. **Результати.** Показано, що трансгенні рослини озимої пшениці накопичують пролін у значних кількостях за нестресових умов на різних стадіях вегетації, порівняно з нетрансгенними рослинами, що обумовлено частковою супресією гена катаболізму проліну. Перевищення його вмісту у прапорцевих листках рослин трансгенних ліній порівняно з вихідним генотипом у фазу початку колосіння і у фазу цвітіння було близьким – у 1,7–1,8 рази. Встановлено, що вміст цієї амінокислоти у коренях рослин як нетрансформованих, так і трансгенних ліній складав 60% від його значень у прапорцевих листках на стадії початку колосіння. Аналогічну закономірність вмісту проліну в коренях спостерігали також у фазу цвітіння. **Висновки.** Виявлено, що трансгенні рослини озимої пшениці з частковою супресією гена проліндегідрогенази за нормальних умов накопичують більше проліну у листках порівняно з коренями на різних стадіях вегетації.

Ключові слова: пшениця, трансгенні рослини, вміст проліну, фази вегетації, зернова продуктивність.

Пшениця є одним з найбільш стратегічно важливих зернових злаків, які зазнають істотно-го негативного впливу посухи в багатьох регіонах світу, на всіх етапах розвитку культур, по-

чинаючи з моменту проростання і завершуючи фазою наливу зерна (Hasanuzzaman et al., 2018). Навіть за її дії на ранніх стадіях росту може змінюватися метаболізм й експресія генів, що може мати каскадний вплив на наступні фази розвитку, зрештою впливаючи на врожайність зерна (Singhal et al., 2019). Одним з можливих шляхів запобігання негативного впливу кліматичних змін є створення сортів з поліпшеною адаптивністю до таких умов, зокрема, посухостійких сортів. Важливість створення таких сортів обумовлює той факт, що посуха вражає майже 50% площ пшениці у світі, що призводить до 10% втрат її продуктивності щорічно (Saha et al., 2025).

Одним з сучасних напрямів створення посухостійких сортів пшениці є застосування методів генної інженерії, зокрема надекспресії генів, РНК-інтерференції та редагування геному, що дає змогу суттєво прискорити процес підвищення толерантності до водного дефіциту цієї провідної сільськогосподарської культури (Dubrovna et al., 2025). Для цього розробляють молекулярні біотехнології, спрямовані на отримання стійких генотипів шляхом інтеграції у геном культурних рослин рекомбінантних молекул ДНК, здатних на генетичному рівні контролювати процеси адаптації чи стійкості. Вважають, що одним із найбільш перспективних підходів є ідентифікація і використання генів, що контролюють синтез та катаболізм проліну. Ген проліндегідрогенази, пов'язаний із катаболізмом L-проліну, має практичне значення для генетичної інженерії, оскільки часткове пригнічення його експресії може призводити до підвищення вмісту вільного L-проліну і, як наслідок, рівня стійкості рослин пшениці до водного дефіциту (Dubrovna et al., 2022).



© 2026 Дубровна О. В., Прядкіна Г. О. This work is licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Пролін – це протеїногенна амінокислота, яка за умов стресу діє як багатofункціональний захисний агент. Крім відомої ролі як інертного сумісного осмоліту, пролін за впливу стресу виконує цілу низку інших взаємопов'язаних функцій: космотропної та сигнальної молекули, здатної модулювати експресію стрес-чутливих генів, організовувати комплексну захисну стратегію, поглинаючи активних форм кисню, окисно-відновного буфера, хелатора токсичних іонів металів, регулятора експресії певних генів (Rehman et al., 2021, Atta et al., 2024, Ghosh et al., 2022). Крім цього, процес синтезу проліну може виконувати роль механізму споживання надлишку НАДФН, що утворюється при функціонуванні фотосинтетичного апарату за стресових умов (Alvarez et al., 2022). А його окиснення у нефотосинтезуючих органах, передусім у коренях, може зумовлювати посилене генерування відновників ФАДН₂ і НАДН для доставки електронів до мітохондріального електрон-транспортного ланцюга (Kolupaev and Shkliarevskyi, 2025). Отже, його накопичення може бути пов'язаним із низкою фізіологічних реакцій на осмотичний стрес, спричинений засоленням, посухою та іншими абіотичними факторами, при цьому відносний вклад різних біологічних функцій у розвиток толерантності рослин може змінюватися залежно від стадії адаптаційного процесу, фази онтогенезу, природи, інтенсивності й тривалості дії стресового чинника.

Крім того, встановлено, що ця амінокислота виконує низку функцій, які не пов'язані з адаптацією рослин до дії стресорів, а необхідна для розвитку рослин у нормальних умовах. Показано, що значна кількість проліну транспортується у репродуктивні органи рослин, де його накопичення є сигналом до початку цвітіння, колосіння, розвитку пилку, зародка та контролю фертильності, а також він впливає на розвиток коренів, що свідчить про його роль в онтогенезі, яка виходить за рамки функцій, пов'язаних зі стресом (Renzetti et al., 2024).

Нами показано, що трансгенні лінії озимої пшениці різних генотипів характеризуються підвищеним рівнем (у 1,7–1,9 рази) вільного проліну у листках вегетуючих рослин на стадії виходу у трубку, порівняно з вихідними рослинами (Dubrovna et al., 2022). Оскільки вміст проліну у даній культури динамічно змінюється протягом вегетації, виступаючи індикатором фізіологічного стану рослин, ми припустили, що трансформанти можуть відрізнятися його рів-

нем від нетрансгенних рослин також на інших стадіях онтогенезу не тільки у листках, але й у інших органах. Тому метою даної роботи була оцінка вмісту вільного проліну у рослин трансгенних ліній озимої пшениці з частковою супресією гена проліндегідрогенази, порівняно з вихідним генотипом, у фотосинтезуючих (прапорцеві листки) та нефотосинтезуючих (корені) органах в окремі фази вегетації та його вплив на зернову продуктивність.

Матеріали і методи

Матеріалом досліджень були нетрансформовані рослини м'якої озимої пшениці нового перспективного генотипу озимої пшениці УК 997/19, створеного в Інституті фізіології рослин і генетики НАН України і генетично-модифіковані лінії УК 997/19-11; УК 997/19-14; УК 997/19-27 насіннєвого покоління Т₃, отримані на його основі методом *Agrobacterium*-опосередкованої трансформації *in planta*. Трансформацію проводили з використанням штаму AGL0, що містить бінарну векторну конструкцію pBi2E, до складу якої входить гетерологічний дволанцюговий РНК-супресор гена проліндегідрогенази, отриманий на основі гена проліндегідрогенази арабідопсису (дл-РНК супресор *PDH1*), а також селективний ген неоміцинфосфотрансферази II (*nptII*) *Escherichia coli* (Migula) Castellani and Chalmers. Модифікацію рослин здійснювали в умовах вегетаційного дослідження шляхом інокуляції кастрованих суцвіть з отриманням трансформантів Т₁, з яких надалі шляхом самозапилення, отримали насіннєве покоління Т₃. Рослини вихідного генотипу і трансгенних ліній вирощували в умовах природного водозабезпечення на відокремленому й огороженому вегетаційному майданчику.

Фенологічні спостереження за фазами розвитку здійснювали за зовнішніми морфологічними змінами органів через кожні 3–4 доби. Показники структури зернової продуктивності рослин – у фазу повної стиглості зерна (GS 89-92).

Вміст проліну визначали у зразках з середньої частини прапорцевих листків та у коренях методом, заснованим на утворенні забарвленого продукту взаємодії між L-проліном і нінгідрином (Bates et al., 1973) з модифікаціями. Наважку тканини розтирали у 10 мл 3,0%-го розчину сульфосаліцилової кислоти для осаду білків і фільтрували гомогенат. До 2 мл фільтрату додавали 2 мл нінгідринового реактиву, приготовленого без нагрівання (1,25 г нінгідрину, 30 мг льодяної оцтової кислоти, 20 мл 6 М розчину

H₃PO₄) і 2 мл льодяної оцтової кислоти. Реакційну суміш інкубували на водяній бані при 100 °С протягом 1 год, швидко охолоджували, переносили у мірну воронку, яка містила 4 мл толуолу та збовтували. Забарвлений у малиновий колір хромофор (верхній шар) відділяли і колориметрували проти толуола при довжині хвилі $\lambda = 520$ нм.

Статистичну обробку отриманих даних проведено за допомогою ANOVA та критерію достовірних відмінностей Тьюкі-тесту за середніми значеннями. Повторність визначення вмісту проліну: біологічна – 5, аналітична – 3; елементів структури зернової продуктивності – на 10 рослинах. Результати наведено у вигляді середніх значень та стандартної похибки ($m \pm SE$). Різницю між даними вважали достовірною при $p < 0,05$.

Результати та обговорення

Вміст проліну у листках та коренях рослин визначали у фазі початку колосіння і цвітіння. Вибір цих фаз обумовлений тим, що ці стадії вегетації є критичними для розвитку рослин пшениці. У фазу початку колосіння визначається, скільки квіток стануть повноцінними зернівками і закладається фінальний ліміт урожайності. Стадія цвітіння є найчутливішим періодом до стресу (особливо до посухи та високих температур). Різкі перепади температур або нестача вологи на цих стадіях призводять до «засихання» пилку, череззерниці (пустоцвітів) і, як наслідок, зменшення кількості зерен у колосі (Eser et al., 2024).

Для вивчення обрано прапорцевий листок, оскільки він забезпечує близько 70–80% майбутнього врожаю через фотосинтез і відіграє вирішальну роль у наливі зерна під час колосіння. Вміст вільного L-проліну у прапорцевих лист-

ках рослин озимої пшениці вихідної лінії УК 997/19 у фазу початку колосіння складав $0,284 \pm 0,016$ мкг/г сирової речовини, тоді як у її трансформантів покоління Т₃ із дволанцюговим РНК-супресором гена проліндегідрогенази був значно вищим і коливався у межах $0,483–0,511$ (табл. 1).

На стадії цвітіння рівень вільного проліну зростав у прапорцевих листках як у вихідних, так і у трансгенних рослин приблизно на 20% порівняно з фазою початку колосіння. Це може бути пов'язано з підготовкою рослини до репродуктивної фази і початком перерозподілу поживних речовин, а також – із інтенсивним метаболізмом у фотосинтезуючих тканинах і необхідністю захисту хлоропластів. Можна припустити, що шаперонні й антиоксидантні властивості проліну мають певне значення за нормальних умов, оскільки нормальне функціонування фотосинтетичного апарату у клітинах мезофілу весь час супроводжується утворенням активних форм кисню і фотопошкодженням білків світлозбиральних комплексів, особливо на яскравому освітленні (Stasyk et al., 2025). Високий рівень проліну у цей період свідчить про адаптацію – рослина намагається утримати тургор у клітинах; він запобігає денатурації ферментів, необхідних для фотосинтезу; чинить антиоксидантну дію – знижує негативний вплив вільних радикалів, які активно утворюються за сонячної інсоляції. Наші багаторічні спостереження засвідчили, що у трансгенних генотипів з підвищеним вмістом проліну фаза цвітіння починалася на 1, а інколи і на 2 доби раніше, ніж у нетрансформованих рослин. Проте, чи пов'язано це саме зі збільшення вмісту цієї амінокислоти, чи викликано якимось іншими причинами наразі невідомо.

Таблиця 1. Вміст вільного проліну у прапорцевих листках та коренях рослин озимої пшениці вихідної лінії УК 997/19 та її трансформантів покоління Т₃ в окремі фази вегетації

Генотип	Вміст вільного проліну, мкг/г сирової речовини			
	Початок колосіння (GS 51-53)		Цвітіння (GS 65-69)	
	Прапорцевий листок	Корені	Прапорцевий листок	Корені
УК 997/19	$0,284 \pm 0,016b$	$0,170 \pm 0,08b$	$0,342 \pm 0,13b$	$0,165 \pm 0,07b$
УК 997/19-11	$0,483 \pm 0,024a$	$0,290 \pm 0,16a$	$0,574 \pm 0,23a$	$0,297 \pm 0,12a$
УК 997/19-14	$0,502 \pm 0,031a$	$0,301 \pm 0,14a$	$0,598 \pm 0,26a$	$0,298 \pm 0,12a$
УК 997/19-27	$0,511 \pm 0,017a$	$0,310 \pm 0,15a$	$0,608 \pm 0,21a$	$0,315 \pm 0,19a$

Примітка. Значення у кожній колонії, позначені однаковими латинськими літерами, істотно не відрізняються між собою за $p < 0,05$.

Проте, у середньому, згідно архівним даним Центральної геофізичної обсерваторії імені Бориса Срезневського, погодні умови літнього періоду 2025 року, були близькими до кліматичної норми. Отже, можна вважати, що при вирощуванні в умовах природного водозабезпечення рослини не зазнавали впливу стресу ні температурного, ні посухи.

У фазу початку колосіння у коренях рослин вихідної лінії вміст вільного L-проліну був істотно меншим, ніж у коренях рослин трансформантів, відповідно – $0,170 \pm 0,08$ та $0,290\text{--}0,310$ мкг/г сирої речовини. При цьому спостерігали, що рівень амінокислоти у коренях рослин як вихідної лінії, так і трансгенних ліній складав близько 60% від його значень у прапорцевих листках. Це може бути пов'язано з тим, що у фазу початку колосіння випаровування сягає піку, листя втрачає воду через транспірацію швидше, ніж коріння, тому рослині потрібна більш висока концентрація осмолітів у листковому апараті для підтримки тургору. Аналогічна закономірність вмісту вільного проліну у коренях рослин озимої пшениці як вихідної, так і трансгенних ліній спостерігалась і у фазу цвітіння (табл. 1). Слід зазначити, що у коренях не виявлено суттєвої різниці цього показника між різними стадіями. Це може бути пов'язаним з тим, що на момент цвітіння ріст кореневої системи пшениці практично припиняється й основні метаболічні процеси концентруються у надземній частині рослини.

За елементами структури продуктивності між рослинами озимої пшениці вихідної лінії УК 997/19 та її трансгенних ліній покоління Т₃ не виявлено суттєвих відмінностей (табл. 2). Хоча у трансгенних генотипів виявлена тенден-

ція до збільшення кількості зерен з рослини і, відповідно, маси зерна з рослини.

Цікаво відзначити, що у нестресових умовах немає суттєвих відмінностей між трансгенними і нетрансгенними рослинами пшениці, за винятком вмісту проліну. Це свідчить про те, що захисні переваги проліну залежать не від синтезу та накопичення проліну у клітинах рослин, а радше від його катаболізму (Renzetti et al., 2024). Корисні ефекти проліну можуть проявлятися переважно у стресових умовах через його здатність взаємодіяти з активними формами кисню, рівень яких зростає за стресових умов і нейтралізувати їх. Ймовірно, що підвищений вміст проліну у трансгенних рослин виконує не лише осмопротекторну функцію, а й регуляторну, пов'язану із прямим та / або опосередкованим залученням у сигнальні мережі (Kaur et al., 2018). Зв'язок проліну з редокс-регуляцією і кількома метаболічними шляхами означає, що пролін є не лише захисною сполукою, а й може діяти як метаболічний сигнал, що контролює клітинний гомеостаз у відповідь на зміну умов навколишнього середовища (Alvarez et al., 2022).

Однак за нестресових умов накопичення проліну не впливає на фізіологічні показники, що свідчить про те, що позитивний вплив проліну на стійкість до стресу залежить від метаболізму проліну, а не від самого проліну. Більше того, незважаючи на відомі властивості проліну як сумісного осмоліту, осмотична регуляція може відігравати лише незначну роль у стресостійкості, тоді як окисно-відновна регуляція і взаємодія з активними формами активних форм кисню, які накопичуються переважно в умовах стресу, можуть відігравати головну роль (Renzetti et al., 2024).

Таблиця 2. Показники структури урожайності рослин озимої пшениці вихідної лінії УК 997/19 та її трансгенних ліній покоління Т₃

Генотип	Головний пагін			Рослина		
	кількість зерен, шт	маса зерна, г	маса 1000 зерен, г	кількість зерен, шт	маса зерна, г	маса 1000 зерен, г
УК 997/19	$42,5 \pm 2,2$	$1,28 \pm 0,06$	$30,1 \pm 1,4$	$87,3 \pm 2,7$	$2,45 \pm 0,10$	$28,1 \pm 1,4$
УК 997/19-11	$44,2 \pm 2,1$	$1,35 \pm 0,07$	$30,5 \pm 1,5$	$92,1 \pm 3,3$	$2,56 \pm 0,13$	$28,3 \pm 1,4$
УК 997/19-14	$44,9 \pm 3,4$	$1,34 \pm 0,09$	$29,8 \pm 1,6$	$95,1 \pm 4,9^*$	$2,67 \pm 0,11^*$	$28,5 \pm 1,4$
УК 997/19-27	$45,6 \pm 3,2$	$1,37 \pm 0,09$	$30,0 \pm 1,6$	$96,8 \pm 4,8^*$	$2,69 \pm 0,12^*$	$28,8 \pm 1,4$

Примітка. * – різниця з вихідним генотипом істотна при $p < 0,05$.

Висновки

Показано, що трансгенні рослини озимої пшениці накопичують пролін у значних кількостях за нестресових умов на різних стадіях вегетації, порівняно з нетрансгенними рослинами, що обумовлено частковою супресією гена проліндегідрогенази. За фізіологічних умов рівень вільного проліну у листках рослин трансгенних ліній вищий у 1,7–1,8 рази порівняно з вихідним генотипом. Показано, що вміст цієї амінокислоти у трансгенній пшениці динамічно змінюється на різних етапах вегетації, зокрема він збільшується на 20% на стадії цвітіння порівняно зі ста-

дією початку колосіння. Виявлено, що модифіковані рослини озимої пшениці з частковою супресією гена проліндегідрогенази за нормальних умов накопичують більше проліну у листках порівняно з коренями на різних стадіях вегетації. Аналіз змін вмісту вільного проліну в органах і фазах вегетації показав, що вплив трансформації був значнішим, ніж вегетації.

Інформація про фінансову підтримку, подяки: відсутня.

Конфлікт інтересів: Автор Дубровна О. В. є членом редакційної колегії збірника наукових праць «Фактори експериментальної еволюції організмів». Інший автор заявляє про відсутність конфлікту інтересів.

Список використаних джерел

1. Alvarez M. E., Savouré A., Szabados L. Proline metabolism as regulatory hub. *Trends in Plant Science*. 2022. Vol. 27 (1). P. 39–55. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2021.07.009>.
2. Atta N., Shahbaz M., Farhat F., Maqsood M. F., Zulfiqar U., Naz N., Ahmed M. M., Hassan N. U., Mujahid N., Mustafa A. E. M. A., Elshikh M. S., Chaudhary T. Proline-mediated redox regulation in wheat for mitigating nickel-induced stress and soil decontamination. *Scientific Reports*. 2024. Vol. 14 (1). P. 2184. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-52695-z>.
3. Bates L. S., Waldren R. P., Teare I. D. Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soils*. 1973. Vol. 39. P. 205–207. <https://doi.org/10.1007/BF00018060>.
4. Dubrovna O. V., Mykhalska S. I., Komisarenko A. H. Genetic Modification of Wheat to Increase Its Drought Tolerance. *Cytology and Genetics*. 2025. Vol. 56 (3). P. 361–378. Retrieved from: <https://cytgen.com/en/2025/60-83N3V59.htm>.
5. Dubrovna O. V., Priadkina G. O., Mykhalska S. I., Komisarenko A. G. Drought-tolerance of transgenic winter wheat with partial suppression of the proline dehydrogenase gene. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2022. Vol. 13 (4). P. 385–392. <https://doi.org/10.15421/022251>.
6. Eser C., Soyulu S., Ozkan H. Drought responses of traditional and modern wheats in different phenological stages. *Field Crops Research*. 2024. Vol. 305. P. 109201. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2023.109201>.
7. Ghosh U. K., Islam M. N., Siddiqui M. N., Cao X., Khan M. A. R. Proline, a multifaceted signalling molecule in plant responses to abiotic stress: understanding the physiological mechanisms. *Plant Biology*. 2022. Vol. 24 (2). P. 227–239. <https://doi.org/10.1111/plb.13363>.
8. Hasanuzzaman M., Mahmud J. A., Anee T. I., Nahar K. M., Islam T. Drought stress tolerance in wheat: Omics approaches in understanding and enhancing antioxidant defense abiotic stress-mediated sensing and signaling in plants: an omics perspective. In: *Abiotic Stress-Mediated Sensing and Signaling in Plants: An Omics Perspective*. Eds.: S. M. Zargar, M. Y. Zargar. Singapore : Springer Nature, 2018. P. 267–307. https://doi.org/10.1007/978-981-10-7479-0_10.
9. Kaur G., Asthir B., Bains N. Modulation of proline metabolism under drought and salt stress conditions in wheat seedlings. *Indian Journal of Biochemistry and Biophysics*. 2018. Vol. 55. P. 114–124. Retrieved from: <http://nopr.niscpr.res.in/handle/123456789/44345>.
10. Kolupaev Yu. E., Shkliarevskyi M. A. Accumulation of proline in vegetative organs of *Triticum aestivum* (Poaceae) under drought conditions in the early phases of development: a meta-analysis of data. *Ukrainian Botanical Journal*. 2025. 82 (4). P. 277–290. <https://doi.org/10.15407/ukrbotj82.04.277>. [in Ukrainian]
11. Rehman A. U., Bashir F., Ayaydin F., Kóta Z. Páli T., Vass I. Proline is a quencher of singlet oxygen and superoxide both in in vitro systems and isolated thylakoids. *Physiologia Plantarum*. 2021. Vol. 172 (1). P. 7–18. <https://doi.org/10.1111/ppl.13265>.
12. Renzetti M., Bertolini E., Trovato M. Proline Metabolism Genes in Transgenic Plants: Meta-Analysis under Drought and Salt Stress. *Plants*. 2024. Vol. 13. P. 1913. <https://doi.org/10.3390/plants13141913>.
13. Saha D., Mishra K., Pattanayak C., Dey P., Singh M., Yadav M., Singh C., Singhal R. H. Wheat improvement for nutritional quality and abiotic stress tolerances. *Discover Plants*. 2025. Vol. 2. P. 333. <https://doi.org/10.1007/s44372-025-00424-9>.
14. Singhal R. K., Kumar V., Bose B. Improving the yield and yield attributes in wheat crop using seed priming under drought stress. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 2019. Vol. 8. P. 214–220.
15. Stasyk O. O., Kiriziy D. A., Pryadkina G. O., Sokolovska-Sergienko O. G., Shevchenko V. V., Bondarenko O. Yu., Makharynska N. M. Drought resistance of the photosynthetic apparatus and productivity of winter wheat. Kyiv : Interservice, 2025. 303 p. [in Ukrainian]

DUBROVNA O. V., PRIADKINA G. O.

*Institute of Plant Physiology and Genetics of the National Academy of Sciences of Ukraine,
Ukraine, 03022, Kyiv, Vasylykivska str., 31/17*

PROLINE CONTENT IN TRANSGENIC LINES OF WINTER WHEAT WITH PARTIAL SUPPRESSION OF THE PROLINE DEHYDROGENASE GENE IN SEPARATE VEGETATION PHASE

Aim. Assessment of the free proline content in transgenic lines of winter wheat with partial suppression of the proline dehydrogenase gene compared to the original genotype in photosynthetic and non-photosynthetic organs in separate phases of vegetation and its impact on grain yield. **Methods.** *Agrobacterium*-mediated transformation *in planta*; biochemical determination of free proline content; mathematical statistics. **Results.** It was shown that transgenic winter wheat plants accumulate proline in significant quantities under non-stressful conditions at different stages of vegetation, compared to non-transgenic plants, which is due to the partial suppression of the proline catabolism gene. The excess of its content in the flag leaves of transgenic lines compared to the original genotype both at beginning of heading and at flowering was near – 1.7–1.8 times. It was established that the content of this amino acid in the roots of plants of both non-transformed and transgenic lines was 60% of its values in the flag leaves at beginning of heading. A similar pattern of proline content in the roots was observed at flowering. **Conclusions.** It was found that transgenic winter wheat plants with partial suppression of the proline dehydrogenase gene under normal conditions accumulate more proline in the leaves compared to the roots at different stages of vegetation.

Keywords: wheat, transgenic plants, proline content, vegetation phases, grain yield.

Надходження статті: 13 лютого 2026 р.

Прийняття до друку після рецензування: 6 квітня 2026 р.

Публікація: 30 червня 2026 р.