

МОРОЗОСТІЙКІСТЬ ТА ЗЕРНОВА ПРОДУКТИВНІСТЬ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД АГРОТЕХНІЧНИХ ПРИЙОМІВ ВИРОЩУВАННЯ

С. С. Ярошенко

Державна установа Інститут зернових культур НААН, вул. Володимира Вернадського, 14,
м. Дніпро, 49027, Україна

Висвітлено особливості дії та взаємодії попередників, мінеральних добрив, сортів і строків сівби на морозостійкість і урожайність пшениці озимої. Досліджена регенеративна здатність рослин під впливом біологічно-активних сполук – буриштинової кислоти, молібдат амонію та аміачної селітри після низькотемпературного стресу. Встановлено, що під впливом буриштинової кислоти у пошкоджених морозом рослин озимини прискорюється формування ланки захисних реакцій, спрямованих на репарацію пошкодження. За період досліджень (2016–2018 рр.) максимальна врожайність (6,83 т/га) пшениці озимої була при внесенні мінеральних добрив у дозі $N_{90}P_{60}K_{60}$ по попереднику чорний пар. В цілому на удобрених фонах її урожайність коливалася у межах від 3,35 до 6,83 т/га, досягаючи максимальних значень у разі оптимального строку сівби (25 вересня) і внесення мінеральних добрив у дозі $N_{90}P_{60}K_{60}$.

При зміщенні строків сівби як в бік ранніх (5 вересня), так і в бік пізніх (10 жовтня) урожайність зерна пшениці озимої знижувалась в середньому на 0,36 та 0,56 т/га відповідно.

Осінній розвиток рослин і пов'язана з ним зимостійкість залежали від попередників, сортових особливостей, строку сівби і фону мінерального живлення. За сівби 25 вересня і 10 жовтня по попереднику чорний пар рослин гинуло менше, ніж при більш ранніх строках сівби (5 вересня), що пояснюється коротким періодом їх вегетації восени і меншим переростанням. Найвищою зимостійкістю відзначались рослини озимини, що йшли після стерньового попередника, за сівби 25 вересня, а в межах одного строку сівби – за достатньої кількості поживних речовин в ґрунті ($N_{90}P_{90}K_{90}$).

Ключові слова: пшениця озима, строки сівби, мінеральні добрива, попередники, морозостійкість, урожайність, зерно.

Україна належить до числа основних держав світу, які вирощують пшеницю озиму (*Triticum aestivum* L.) не тільки для власних потреб, але й на експорт. Серед факторів, які суттєво впливають на виробництво зерна цієї культури в нашій країні, провідну роль відіграють кліматичні та агротехнічні умови [1–3]. В степовій зоні погодно-кліматичні умови впродовж перезимівлі пшениці озимої помітно різняться за роками. Регулярно мають місце зими з екстремальними метеорологічними явищами [4–6]. Неприятливі погодні умови взимку, особливо низькі температури, призводять до зрідження посівів, а іноді до повної їх загибелі. Проблема перезимівлі має велике господарське значення, від рівня загибелі пшениці озимої залежать обсяги збитків як кожного господарства окремо, так і країни в цілому [7, 8]. Відповідно до ґрунтово-кліматичних умов степової зони сорти пшениці озимої мають відзначатися комплексною стійкістю до абіотичних

стрес-факторів, а технології їх вирощування – спрямовуватися на досягнення максимальної зимостійкості рослин, оскільки лише за таких умов можлива реалізація генетичного потенціалу врожайності сорту [1, 9–11].

Строки сівби суттєво впливають на анатомічний і фізіологічний стан рослин пшениці озимої. Так, сівба в оптимальні строки в більшості випадків гарантує добру перезимівлю рослин, що позитивно впливає на їхню зернову продуктивність [1, 3, 5–7]. Останнім часом простежується тенденція до зміщення оптимальних строків сівби в бік пізніх, що зумовлено більш тривалою вегетацією рослин в осінній період, частими відлигами взимку і раннім відновленням весняної вегетації. Дослідженнями встановлено: чим стадійно молодша рослина, тим вища її резистентність до низьких температур [7–10]. При порівнянні морозостійкості озимини пізніх (10 жовтня) і ранніх (5 вересня) строків сівби більш високою стійкістю до низьких темпе-

Інформація про автора:

Ярошенко Сергій Семенович, канд. с.-г. наук, старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник лабораторії агробіологічних ресурсів озимих зернових культур, e-mail: dnipro125@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4475-9695>

ратур відзначалися молоді рослини, які входили в зиму в менш активному стані, ніж за ранніх і оптимальних термінів. Разом з цим найбільшою зерновою продуктивністю відзначались добре розвинуті рослини, тобто менш резистентні до низьких температур. За таких умов існує потреба в пошуку балансу між розвитком та морозостійкістю рослин пшениці, який можна ефективно регулювати за рахунок агрозаходів [1, 8].

Попередніми дослідженнями в галузі рослинництва доведено, що вплив низької температури викликає синтез специфічних білків як відповідь рослини на дію стрес-фактора [11–13]. Під впливом низьких температур порушується цілісність мембранних структур, змінюються їхні властивості, крім цього, стресор-подразник викликає формування цілої ланки захисних реакцій, спрямованих на репарацію пошкодження [11, 14]. Посилення негативної дії температурного стресу спостерігається при обробці рослин ауксинами, цитокінінами та гіберелінами і, навпаки, збільшення опору посилюється під впливом абсцизової кислоти і фітогормонів-активаторів метаболізму [13–15]. Одержані дані вказують на можливість підвищення стрес-стійкості рослин і мінімізації негативної дії низьких температур шляхом обробки рослин біологічно-активними сполуками [12–15]. В нашому досліді вивчався вплив розчинів бурштинової кислоти, молібдату амонію та аміачної селітри на захисні і регенеративні функції рослин пшениці озимої.

В дослідженні ставилося завдання розробити заходи попередження загибелі рослин пшениці озимої в період зимівлі з метою одержання максимально можливої їх продуктивності. У системі цих заходів важливе значення має вивчення особливостей росту та розвитку рослин озимини і формування ними зимостійкості й продуктивності.

Мета дослідження – з'ясувати ефективність комплексного впливу ґрунтово-кліматичних умов, сортових особливостей, строків сівби, фону мінерального живлення, попередників і регуляторів росту рослин як факторів підвищення урожайності пшениці озимої. Встановити можливості застосування біологічно активних речовин для підвищення регенеративної здатності рослин, пошкоджених низькими температурами.

Матеріали і методи дослідження.

Дослідження проводили в північній підзоні Степу на базі ДУ Інститут зернових культур НААН упродовж 2016–2018 рр. Ґрунтовий покрив дослідних ділянок – чорнозем звичайний малогумусний повнопрофільний. Вміст гумусу в орному шарі – 2,97–3,01 %, валових запасів азоту – 0,20 %, рухомого фосфору – 110–153 мг/кг ґрунту, обмінного калію – 75–127 мг/кг ґрунту (за Чириковим). Сіяли 5 і 20 вересня та 10 жовтня сівалкою СН-16 суцільним рядковим способом на глибину 5–6 см у 3-разовій повторності. Ділянки розміщували послідовно систематичним способом. Вирощували сорти пшениці озимої: Мудрість одеська і Голубка одеська (оригінатор – Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннезнавства та сортовивчення).

Польовий дослід закладали по таких попередниках, як чорний пар і пшениця озима, на 3-х фонах мінерального живлення. По чорному пару були наступні варіанти: без добрив, $N_{30}P_{30}K_{30}$ і $N_{60}P_{60}K_{60}$ д. р. кг/га; щодо пшениці озимої: без добрив, $N_{60}P_{60}K_{60}$, $N_{90}P_{90}K_{90}$. По удобрених фонах додатково вносили азотні добрива: N_{30} (кінець кушення – початок виходу рослин в трубку, локально), N_{30} (у фазі колосіння, позакоренево). При перевищенні економічного порогу шкодочинності бур'янами і хворобами посіви обприскували баковою сумішшю гербіциду – діален С (0,8 л/га) і фунгіциду – альто супер (0,4–0,5 л/га). Загальна площа посівної ділянки 41 м², облікової – 31 м². Рослинні зразки проморожувались в період з 1 по 30 січня при температурі -18 °С з експозицією 24 години. Для обробки рослин, після проморожування, використовували 2 %-ні розчини (бурштинової кислоти – $C_4H_6O_4$, молібдату амонію – $(NH_4)_6Mo_7O_{24} \times 4H_2O$ та аміачної селітри – NH_4NO_3), а потім їх відрощували за температури 18–24 °С з 16-годинним освітленням люмінесцентними лампами з силою світла 12000 лк. В ході дослідження користувалися загальноприйнятими методиками і рекомендаціями [8, 15, 16].

Погодні умови в роки проведення досліджень були характерними для зони Степу, вони різнилися як за температурним режимом, так і за кількістю опадів протягом вегетації пшениці озимої. Гідротермічні

умови 2015/16 вегетаційного року були несприятливі в осінній період через аномально тривалу суху погоду. В цілому у період досліджень загрозливих гідротермічних умов впродовж зимівлі пшениці озимої не спостерігалось. В умовах помірних зим рослини озимини відзначались порівняно високим рівнем морозо- і зимостійкості по роках досліджень. Вживаність рослин в польових дослідях коливалась у межах 91–98 %.

Результати дослідження. Одержані дані вказують на вирішальний вплив фізіологічного стану рослин восени на їх стійкість до несприятливих гідротермічних умов зимового періоду, вживаність і продуктивність. Осінній розвиток рослин пшениці озимої і пов'язане з ним формування зимостійкості залежали від досліджуваних факторів: сортових особливостей, строків сівби, фону мінерального живлення та попередників. За сівби 25 вересня і 10 жовтня, по попереднику чорний пар, рослини менше гинули, ніж при більш ранніх строках сівби (5 вересня), імовірно, у зв'язку з коротким періодом їхньої вегетації восени та меншим переростанням. Найвищий рівень зимостійкості пшениці озимої після стерньового попередника відмічався при сівбі 25 вересня, а в межах одного строку сівби – при достатньому забезпеченні поживними елементами (N₉₀P₉₀K₉₀).

Оскільки за різної інтенсивності одного

і того ж екстремального фактора виживаність рослин змінюється по-різному, при порівнянні терморезистентності пшениці озимої, вирощеної за різних технологій, оцінку виживаності рослин та їхньої регенеративної здатності проводили за однакового низькотемпературного стресового навантаження шляхом прямого проморожування в контрольованих умовах. В досліді при обробці озимини біологічно-активними сполуками – розчинами бурштинової кислоти і молібдат амонію спостерігалась активація регенеративної здатності пшениці озимої після дії низьких температур.

Одержані дані свідчать про те, що обробка рослин пшениці озимої розчином бурштинової кислоти після проморожування достовірно сприяла підвищенню виживаності пошкоджених рослин – в середньому на 18,4 %. Під впливом молібдат амонію загинуть проморожених рослин озимини також знижувалася, але меншою мірою, в середньому на 8,6 %. Аміачна селітра сприяла більш швидкому відновленню і росту вегетативної маси, проте виживаність рослин практично не збільшувалася (табл. 1).

Результати проведених в 2016–2018 рр. досліджень свідчать про наявність стійкої тенденції до формування вищої урожайності пшениці озимої за сівби 25 вересня порівняно з 5 вересня та 10 жовтня. Така тенденція

1. Вживаність (%) проморожених при -18 °С рослин пшениці озимої після обробки біологічно активними розчинами (середнє за 2016–2018 рр.)

| Сорт | Попередник | Строк сівби | Контроль | | Бурштинова кислота | | Молібдат амонію | | Аміачна селітра | |
|------------------|---------------|-------------|----------|------|--------------------|------|-----------------|------|-----------------|------|
| | | | I* | II** | I | II | I | II | I | II |
| Мудрість одеська | Чорний пар | 5 вересня | 50,1 | 22,6 | 56,4 | 26,9 | 54,3 | 25,0 | 51,9 | 23,5 |
| | | 25 вересня | 58,9 | 28,7 | 70,5 | 33,7 | 64,6 | 31,6 | 58,7 | 28,9 |
| | | 10 жовтня | 51,9 | - | 63,9 | - | 56,9 | - | 52,3 | - |
| | Пшениця озима | 5 вересня | 46,1 | 18,6 | 52,0 | 22,2 | 49,4 | 20,7 | 47,1 | 19,5 |
| | | 25 вересня | 54,1 | 24,4 | 66,3 | 28,7 | 58,6 | 27,2 | 53,9 | 25,3 |
| | | 10 жовтня | 47,2 | - | 58,4 | - | 51,9 | - | 47,4 | - |
| Голубка одеська | Чорний пар | 5 вересня | 47,3 | 21 | 52,8 | 24,9 | 50,9 | 23,0 | 47,4 | 21,4 |
| | | 25 вересня | 55,7 | 26,7 | 66,6 | 31,2 | 60,1 | 29,2 | 55,9 | 27,1 |
| | | 10 жовтня | 48 | - | 59,1 | - | 52,4 | - | 48,7 | - |
| | Пшениця озима | 5 вересня | 42,5 | 16,9 | 47,6 | 19,8 | 45,7 | 18,8 | 42,8 | 17,8 |
| | | 25 вересня | 51 | 21,7 | 60,9 | 25,1 | 55,2 | 24,7 | 51,4 | 21,9 |
| | | 10 жовтня | 51,3 | - | 61,7 | - | 55,9 | - | 51,5 | - |

* Вжило рослин. ** Вжило пагонів.

спостерігалась незалежно від сортових особливостей при вирощуванні озимини після обох попередників. Середня урожайність пшениці озимої у досліді за оптимального строку сівби варіювала у межах 3,07–5,15 і 3,88–6,83 т/га при вирощуванні її після озимини та по чорному пару відповідно. Рослини ранніх строків сівби більше пошкоджувались і повільніше відростали після морозу і відповідно формували меншу врожайність – в середньому 3,61–5,69 т/га по чорному пару

та 2,83–4,23 т/га після стерньового попередника. За сівби 10 жовтня рослини входили в зиму з незначними запасами енергетичних речовин і недостатньо розвинутим асиміляційним апаратом, як результат – продуктивність знижувалась на 3,9 та 10,3 % залежно від попередника. Однак найменший урожай зерна був у неудобрених варіантах досліді за раннього строку сівби, а саме: 2,84 т/га – після стерньового попередника і 3,61 т/га – по чорному пару (табл. 2).

2. Урожайність пшениці озимої (т/га) залежно від строку сівби, фону мінерального живлення, сортових особливостей і попередника (середнє за 2016–2018 рр.)

| Сорт (Фактор А) | Фон добрив (Фактор В) | Строки сівби (Фактор С) | | | Середнє |
|----------------------------|---|-------------------------|------------|-----------|---------|
| | | 5 вересня | 25 вересня | 10 жовтня | |
| Попередник – пшениця озима | | | | | |
| Мудрість одеська | N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ | 4,23 | 5,15 | 4,91 | 4,76 |
| | N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ | 3,44 | 4,09 | 3,85 | 3,79 |
| | Без добрив | 2,83 | 3,08 | 2,98 | 2,96 |
| Голубка одеська | N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ | 4,13 | 4,62 | 4,57 | 4,42 |
| | N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ | 3,35 | 3,96 | 3,76 | 3,69 |
| | Без добрив | 2,84 | 3,07 | 2,97 | 2,96 |
| Попередник – чорний пар | | | | | |
| Мудрість одеська | N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ | 5,69 | 6,83 | 5,99 | 6,17 |
| | N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ | 4,89 | 5,87 | 5,03 | 5,26 |
| | Без добрив | 3,61 | 3,88 | 3,70 | 3,73 |
| Голубка одеська | N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ | 5,72 | 6,41 | 5,62 | 5,92 |
| | N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ | 4,92 | 5,39 | 4,88 | 5,06 |
| | Без добрив | 3,61 | 3,90 | 3,73 | 3,75 |

НІР₀₅, т/га, сорт – 0,20–0,24 фон добрив – 0,23–0,55
 строк сівби – 0,23–0,27 попередник – 0,31–0,35

Максимальний урожай зерна (4,23 т/га) сорт Мудрість одеська сформував за сівби 5 вересня після стерньового попередника при внесенні добрив у дозі N₉₀P₉₀K₉₀. За аналогічних умов, але при сівбі 25 вересня його урожайність підвищилась до 5,15 т/га, що більше на 0,24 т/га порівняно з пізнім терміном сівби (10 жовтня). Меншою урожайністю зерна (4,13–4,62 т/га) після стерньового попередника і на такому ж фоні живлення відзначався сорт Голубка одеська за всіх строків сівби.

Досліджувані сорти при вирощуванні по чорному пару формували високу продуктивність. В середньому за 2016–2018 рр. при

сівбі 25 вересня максимальна урожайність сорту Мудрість одеська була 6,83 т/га, а Голубка одеська – 6,41 т/га. Натомість, за сівби 5 вересня внаслідок більшого вилягання посівів сорту Мудрість одеська, ніж сорту Голубка одеська, мало місце значне порушення нормального росту і розвитку рослин, зменшення розмірів фотосинтетичного апарату, сповільнення процесів засвоєння елементів живлення і води, що в кінцевому рахунку призвело до зниження урожайності зерна на 1,14 т/га порівняно з оптимальним строком сівби. За таких же умов продуктивність сорту Голубка одеська знизилася на 0,69 т/га, проте урожай зерна був вагомим – 5,72 т/га.

Висновки

На основі аналізу експериментальних даних з'ясовано, що на морозостійкість і зернову продуктивність рослин пшениці озимої суттєво впливали досліджувані агротехнічні прийоми, досконале вивчення і впровадження яких у виробництво сприятиме одержанню сталих урожаїв зерна озимини.

Протягом усього періоду польових досліджень внесення мінеральних добрив значною мірою покращувало процеси росту і розвитку рослин пшениці озимої. Слід зазначити, що після стерньового попередника на удобрених фонах ($N_{60}P_{60}K_{60}$ і $N_{90}P_{90}K_{90}$) за сівби пшениці озимої в оптимальні строки простежувалась висока позитивна динаміка формування урожайності зерна. Створення підвищеного фону живлення в більшості випадків супроводжувалось значним додатковим приростом урожайності зерна – в серед-

ньому від 0,7 до 1,80 т/га порівняно з контрольним варіантом. Одночасно на неудобреному фоні більшу урожайність (3,75 т/га) пшениця озима формувала по чорному пару порівняно з ділянками, де попередником була пшениця озима, – 2,96 т/га. Відхилення від оптимального строку сівби як в бік більш ранніх (5 вересня), так і в бік пізніх (10 жовтня) зумовлювало послаблення морозо- і зимостійкості рослин та зниження рівня урожайності зерна.

Проведені дослідження показали перспективність застосування бурштинової кислоти для посилення захисних реакцій рослин озимини, спрямованих на репарацію пошкодження та зменшення негативної дії низькотемпературного стресу. За рахунок обробки посівів озимої пшениці бурштиновою кислотою виживаність пагонів і рослин підвищувалась на 19,4 та 17,2 % відповідно.

Використана література

1. Пшениця озима в зоні Степу, кліматичні зміни та технології вирощування / А. В. Черенков та ін.; за ред. А. В. Черенкова. Дніпропетровськ: Нова ідеологія, 2015. 548 с.
2. Прокопенко А. Якщо взимку не буде екстремальних погодних умов, то цьогорічний врожай збіжжя перевершить торішній. *Зерно і хліб*. 2013. № 1. С. 6–8.
3. Кернасюк Ю. Світовий ринок зерна: попит і пропозиція. *Агробізнес сьогодні*. 2018. № 1–2. С. 12–16.
4. Полтарев Е. М., Сердюк Н. А., Борисенко Л. Р., Рябчун Н. И. Итоги и перспективы разработки проблемы устойчивости зерновых культур к неблагоприятным факторам среды. Увеличение производства зерна – важнейшая задача аграрной науки: сб. науч. тр. Мироновского ин-та пшеницы им. В. Н. Ремесло УААН. Мироновка, 1992. Ч. 1. С. 81–91.
5. Дубовий В. І. Екологічна оцінка морозо- та зимостійкості пшениці озимої в умовах Лісостепу. *Вісн. аграр. науки*. 2011. № 8. С. 42–44.
6. Рудник-Іващенко О. І. Особливості вирощування озимих культур за умов змін клімату. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. 2012. № 2. С. 8–10.
7. Интенсивная технология возделывания озимой пшеницы / Г. Р. Пикуш и др. *Научно обоснованная система земледелия Днепропетровской области*. Днепропетровск, 1988. С. 44–78.
8. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Степу України / ред. кол.: М. В. Зубець та ін.; Нац. акад. аграр. наук. Київ: Аграр. наука, 2010. 984 с.
9. Попов С. І., Рябчун Н. І., Хмара В. В., Грузінов С. К. Особливості перезимівлі озимих культур в умовах північно-східної України. *Вісн. аграр. науки*. 2004. № 5. С. 32–35.
10. Туманов И. И. Физиология закаливания и морозостойкость растений. Москва: Наука, 1979. 349 с.
11. Nancy N. Artus, Matsuo Uemura, Peter L. Steponkus, Sarah J. Gilmour, Chentao Lin, and Michael F. Thomashow. Constitutive expression of cold-regulated *Arabidopsis thaliana* COR15a gene affects both chloroplast and protoplast freezing tolerance. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 1996 Nov 12; 93(23): 13404–13409.
12. Inouye, D. W. The ecological and evolutionary significance of frost in the context of climate change. *Ecol. Lett.*, 2000, Vol. 3, P. 457–463.
13. Jackson M. Hormones from roots as signal for the shoots of stressed plants. *Trends in Plant Science* V. 2, January 1997, P. 22–28
14. Мелехов Е. И., Ефремова Л. К. Влияние экзогенных фитогормонов на устойчивость растительных клеток к нагреву и 2,4-Д. *Физиология растений*. 1990. № 3. С. 561–567.
15. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. Москва: Агрпромиздат, 1985. 352 с.
16. Методика проведення експертизи сортів рослин групи зернових, круп'яних та зернобобових на придатність до поширення в Україні / за ред. С. О. Ткачика. Київ: ТОВ Нілан-ЛТД, 2014. 82 с.

Reference

1. Cherenkov A. V., Nesterec V. G., Solodushko M. M. ... Kozeljskij O. M. *Pshenyca ozyma v zoni Stepu, klimatichni zminy ta tekhnologhiji vyroshhuvannya* [Winter wheat in the Steppe zone, climate change and growing technology] / A. V. Cherenkov (Ed.). Dnipropetrovsk: Nova ideologhija. 548 p. [in Ukrainian].
2. Prokopenko, A. (2013). If there are no extreme weather conditions in winter, the harvest of bread will surpass last year's. *Zerno i khlib* [Grain and bread], 1, 6–8. [in Ukrainian]
3. Kernasjuk, Ju. (2018). World grain market: Demand and supply. *Agrobiznes sogo dni* [Agribusiness today], 1–2, 12–16. [in Ukrainian]
4. Poltarev, E. M., Serdjuk, N. A., Borysenko, L. R., Rjabchun, N. Y. (1992). *Ytogh y perspektyvy razrabotky problemy ustojchivosti zernovykh kul'tur k neblagopryjatnym faktoram sredy. Uvelychenye proizvodstva zerna - vazhnejshaja zadacha aghrarnoj nauky* [Results and prospects of development of the problem of grain crops resistance to adverse environmental factors. Increasing grain production is the most important task of agricultural science]; *Sbirnyk nauchyh trudov Myronovskogo institute pshenitsy*. ym. V. N. Remeslo UAAN, 1, Myronovka. [in Russian]
5. Dubovyj, V. I. (2011). Ecological assessment of frost and winter hardiness of winter wheat in forest-steppe conditions. *Visnyk aghrarnoji nauky* [Bulletin of agricultural science], 8, 42–44. [in Ukrainian].
6. Rudnyk-Ivashhenko, O. I. (2012). Features of growing winter crops in conditions of climate change. *Sortovyvchennja ta okhorona prav na sorty roslyn* [Plant Varieties Studyng and Protection], 2, 8–10. [in Ukrainian]
7. Pykush, Gh. R. Bondarenko, V. Y., Artjukh, A. D. [y dr.] (1988). *Yntensyvnaja tekhnologhija vozde-lyvanyja ozymoj pshenycy. Nauchno obosnovannaja sistema zemledelyja Dnepropetrovskoj oblasti*. [Intensive technology of winter wheat cultivation. Scientifically based system of agriculture of Dnipropetrovsk region]. Dnepropetrovsk: N. p. 44–78. [in Russian]
8. *Naukovi osnovy ahropromyslovoho vyrobnytstva v zoni Stepu Ukrayiny* [Scientific fundamentals of agroindustrial production in the Steppe of Ukraine] (2010) / Zubets, M. V. at al. (Ed.). Kyiv: Agrarian Science. [in Ukrainian].
9. Popov, S. I., Rjabchun, N. I., Khmara, V. V., Ghruzinov, S. K. (2004). Features of wintering of winter crops in the conditions of North-Eastern Ukraine. *Visnyk aghrarnoji nauky*. [Bulletin of agricultural science], [in Ukrainian].
10. Tumanov, Y. Y. (1979). *Fyzyologhija zakalyvanyja y morozostojkostj rastenyj* [Physiology of hardening and frost resistance of plants]. Moscow: Nauka. 349 p/ [in Russian].
11. Nancy, N. Artus, Matsuo, Uemura, Peter, L. Steponkus, Sarah. J. Gilmour, Chentao, Lin, and Michael, F. Thomashow. (1996). Constitutive expressi-on of cold-regulated *Arabidopsis thaliana* COR15a gene affects both chloroplast and protoplast freezing tolerance. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 12; 93 (23): 13404–13409.
12. Inouye, D. W. (2000). The ecological and evolutionary significance of frost in the context of climate change. *Ecol. Lett.*, 3, P. 457–463.
13. Jackson M. Hormones from roots as signal for the shoots of stressed plants. *Trends in Plant Science* V. 2, January 1997, P. 22–28.
14. Melekhov, E. Y., Efremova, L. K. (1990). Vlyjanye ekzoghennykh fytohormonov na ustojchivostj rastitel'nykh kletok k naghrevu y 2,4-D. *Fyzylogiya rastenyj* [Plant physiology], 3, 561–567. [in Russian]
15. Dospekhov, B. A. (1985). *Metodika polevogo opvta s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy* [Methodology of field experience with the basics of statistical processing of research results] (5-th ed. rev.). Moscow: Ahropromizdat. 352 p. [in Russian]
16. Tkachyk, S. O. (2014). *Metodyka provedennja ekspertyzы sortiv roslyn ghrupy zernovykh, krup'janykh ta zernobobovykh na prydatnistj do poshyrennja v Ukrajini* [Methods of examination of varieties of plants of the group of cereals, cereals and legumes for suitability for distribution in Ukraine] / S. O. Tkachyk (Ed.). Kyiv: TOV «Nilan-LTD». 82 p. [in Ukrainian].

УДК 633.11:631.8: 547.461

Ярошенко С. С. Морозостойчивость и зерновая продуктивность озимой пшеницы в зависимости от агротехнических приёмов выращивания. Зерновые культуры. 2020. Т. 4. № 1. С. 64–70.
Государственное учреждение Институт зерновых культур НААН, ул. Владимира Вернадского, 14, г. Днепр, 49027, Украина

Освещены особенности действия и взаимодействия предшественников, минеральных удобрений, сортов и сроков посева на морозостойкость и урожайность зерна озимой пшеницы. Исследована регенеративная способность озимой пшеницы под влиянием биологически активных соединений – янтарной кислоты и молибдат аммония после низкотемпературного стресса. Установлено, что под влиянием янтарной кислоты у поврежденных морозом растений озимой пшеницы происходит формирование ряда защитных реакций, направленных на репарацию повреждения. За период иссле-

дований (2016–2018 гг.) максимальную урожайность зерна (6,83 т/га) озимая пшеница сформировала на фоне внесения минеральных удобрений в дозе $N_{90}P_{60}K_{60}$ и после предшественника черный пар. В целом на удобренных фонах урожайность озимой пшеницы колебалась в пределах от 3,35 до 6,83 т/га, достигая максимальных значений в вариантах оптимального срока сева (25 сентября) на фоне минеральных удобрений $N_{90}P_{60}K_{60}$. При смещении сроков сева как в сторону ранних (5 сентября), так и в сторону поздних (10 октября) урожайность зерна в среднем снижалась на 0,36 и 0,56 т/га соответственно.

Осеннее развитие растений озимой пшеницы и связанное с ним формирование зимостойкости зависели от всех исследуемых факторов: предшественников, сортовых особенностей, сроков сева и фонов минерального питания. При посеве 25 сентября и 10 октября, по предшественнику черный пар, выживаемость растений в сравнении с более ранними сроками посева (5 сентября) была выше, что связано с коротким периодом их вегетации осенью и незначительным перерастанием. Наиболее высокий уровень зимостойкости растений после стерневого предшественника формировался при посеве 25 сентября, а в пределах одного срока посева – при достаточном обеспечении их питательными элементами ($N_{90}P_{90}K_{90}$).

Ключевые слова: озимая пшеница, сроки посева, минеральные удобрения, предшественники, морозостойкость, урожайность, зерно.

UDC 633.11:631.8: 547.461.4

Yaroshenko S. S. Frost resistance and grain productivity of winter wheat depending on agricultural growing methods. Grain Crops. 2020. 4 (1). 64–70.

SE Institute of Grain Crops of National Academy of Agrarian Sciences, 14, Volodymyr Vernadskyi Str., Dnipro, 49027, Ukraine

Features of action and interaction of precursors, mineral fertilizers, varieties and terms of sowing on frost resistance and productivity of winter wheat are highlighted. The regenerative ability of winter wheat under the influence of biologically active compounds-succinic acid and ammonium molybdate after low-temperature stress was investigated. It is established that under the influence of the growth regulator of succinic acid in winter wheat plants damaged by frost, the formation of a link of protective reactions aimed at repairing the damage occurs. During the research period (2016–2018), the maximum yield (6.83 t/ha) of winter wheat formed on the background of mineral fertilizers $N_{90}P_{60}K_{60}$ after the predecessor bare fallow. In General, on fertilized backgrounds, the yield of winter wheat ranged from 3.35 to 6.83 t/ha, reaching maximum values in the variants of the optimal sowing period (September 25) against the background of mineral fertilizers $N_{90}P_{60}K_{60}$. The creation of optimal nutrition backgrounds provided in most cases a significant additional increase in yield, on average from 0.73 to 1.80 t/ha compared to the control variant.

With the shift of sowing dates, both in the direction of early (September 5) and late (October 10), the yield of winter wheat plants decreased by an average of 0.36 t/ha and 0.56 t/ha, respectively.

Autumn development of winter wheat plants and associated with it, the formation of winter hardiness, depended on all the studied factors: the predecessor, varietal characteristics, sowing period and background of mineral nutrition. Sowing on September 25 and October 10, according to the predecessor of bare fallow, plants died less than at earlier sowing dates (September 5), which is due to the short period of their vegetation in autumn and less overgrowth. The highest level of winter hardiness of plants after the stubble predecessor was formed at sowing on September 25, and within one sowing period-with sufficient nutrient supply ($N_{90}P_{90}K_{90}$).

Studies have shown the prospects of using succinic acid to activate the protective reactions of winter plants, aimed at repairing damage and reducing the negative impact of low-temperature stress. Treatment of winter crops with succinic acid increased the survival rate of shoots and plants by 19.4 and 17.2 %, respectively.

Key words: winter wheat, sowing time, mineral fertilizers, precursors, frost resistance, yield, grain.