

ВПЛИВ ПРИТЕРТОЇ ЛЬОВОЇ КІРКИ НА МОРОЗОСТІЙКІСТЬ ТА ВИЖИВАНІСТЬ РОСЛИН ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ В УМОВАХ СТЕПУ УКРАЇНИ

С. С. Ярошенко

Державна установа Інститут зернових культур НААН, вул. Володимира Вернадського, 14, м. Дніпро, 49009, Україна

Висвітлено особливості впливу, як окремо, так і сумісно, притертої льодової кірки та низьких температур на рослини пшениці озимої. За період досліджень (2017–2019 рр.) рослини сорту Мудрість одеська, причиною пошкодження яких були низькі температури і льодова кірка, розпочинали колоситися на 3–6 днів пізніше порівняно з тими, що не зазнали дії цих негативних факторів.

З'ясовано, що за несприятливих умов зими, зокрема на ділянках без снігу, від рівня зимостійкості великою мірою залежала густина стояння рослин на одиниці площі і їх продуктивна куцуність, а отже, зернова продуктивність культури. Після відрощування рослин пшениці озимої, які зазнали впливу низьких температур в лабораторних умовах ($-15\text{ }^{\circ}\text{C}$; без притертої льодової кірки), всі вони вижили, при зниженні температури до $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ загинуло 16,3 % рослин. Зниження температури до $-21\text{ }^{\circ}\text{C}$ призводило до загибелі 81,7 % рослин. На фоні штучно створеної притертої льодової кірки вузли куцуння сильніше ушкоджувались і відповідно виживаність рослин знижувалась порівняно з варіантами без притертої льодової кірки, і за температури $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ її показники становили 69,8–92,0 %; $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ – 12,6–74,5 %, залежно від товщини льодової кірки. При підвищенні криогенного навантаження до $-21\text{ }^{\circ}\text{C}$ пшениця озима під льодовою кіркою загинула. На фоні мінерального живлення $N_{60}P_{60}K_{60}$ відмирання пагонів у рослин пшениці озимої протягом вегетації було меншим на 4,9–23,1 % порівняно з неудобреним контрольним варіантом.

Динаміка вмісту розчинних вуглеводів у вузлах куцуння свідчить про те, що на час відновлення весняної вегетації, мінімальні витрати вуглеводів рослинами (30,8 % від осінніх запасів) спостерігались у варіантах, де з осені вносили мінеральні добрива в дозі $N_{60}P_{60}K_{60}$. На ділянках без снігового покриву під притертою льодовою кіркою вуглеводи інтенсивно витрачалися рослинами, як наслідок – їх кількість у вузлах куцуння протягом зимового періоду зменшилася в неудобрених і удобрених варіантах на 58,5 та 61,2 % відповідно.

Ключові слова: пшениця озима, морозостійкість, мінеральні добрива, льодова кірка, продуктивність, виживаність.

Пшениця озима (*Triticum aestivum* L.) – культура зі значним біологічним потенціалом урожайності порівняно з іншими зерновими. Однією із основних умов реалізації максимально можливої продуктивності рослин озимини в степовій зоні є успішна перезимівля [1–3]. Пшениця озима впродовж зими постійно перебуває під впливом несприятливих метеорологічних факторів – часті відлиги і заморозки, різкі перепади температури, що є причиною пошкодження та загибелі рослин, звідси і значні збитки в сільському господарстві. Слід відзначити, що загальні закономірності пошкодження як надземних, так і підземних органів рослин пшениці озимої, незважаючи на постійний прояв несприятливих гідротермічних факторів, залишаються недостатньо вивченими. Особливої

уваги потребують дослідження впливу низьких температур на виживаність і зернову продуктивність рослин. Експериментальним шляхом доведено, що морозо- та зимостійкість пшениці озимої визначаються біологічними властивостями сортів і агротехнічними особливостями вирощування культури [4, 3].

Технології вирощування і сортові особливості суттєво впливають на ріст, розвиток, зимостійкість і продуктивність рослин пшениці озимої [5, 1]. Дослідження специфіки реалізації потенціалу продуктивності уможливають прогнозувати стан рослин та коригувати агротехнічні заходи весняного догляду за ними з метою максимальної реалізації зернової продуктивності пшениці озимої [6, 3].

Дослідженнями причини пошкоджен-

Інформація про автора:

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

ня і загибелі озимих культур займалося багато вчених-аграріїв, які експериментально довели, що ущільнений сніговий покрив критично не впливає на забезпеченість рослин киснем. Однак, під потужним шаром снігу вони посилено витрачають запаси поживних речовин, а за умов, коли надземна частина рослини повністю вмерзає в лід – мають місце порушення дихання (аерації), зміни в співвідношеннях компонентів фотосинтезу тощо [7, 8].

В зимовий період велику небезпеку для озимих культур становить притерта льодова кірка, яка формується внаслідок чергування відлиг та низьких температур [1]. Навесні вона швидко тане, у рослин відновлюється транспірація, а коренева система ще не повною мірою функціонує – спостерігається депресія, а інколи і загибель від фізіологічної посухи [9]. За ступенем завданої шкоди рослинам озимини притерта льодова кірка на другому місці після низьких температур. Загибель пшениці озимої в північному Степу на великих площах внаслідок шкідливої дії притертої льодової кірки відмічалася в умовах 1978/79, 1985/86, 1996/97 і 2002/03 вегетаційних років, особливо при тривалому її заляганні – понад 4 декади [1, 10].

В своїх дослідженнях І. І. Туманов ще в 1935 р. довів існування прямої залежності між морозостійкістю та стійкістю до впливу притертої льодової кірки. А. І. Задонцев, В. І. Бондаренко, О. Д. Артюх, В. В. Хмара, І. М. Васильєв, Н. М. Карманенко, Н. Г. Туктарова й інші науковці розширили розуміння взаємозв'язку комплексної стійкості рослин до стресових факторів зимового періоду і експериментально підтвердили зв'язок між морозостійкістю і рівнем пошкодження рослин внаслідок дії інших несприятливих гідротермічних факторів впродовж цього періоду [1, 11–12]. До аналогічних висновків дійшла Г. В. Удовенко, коли встановила тісний кореляційний зв'язок між морозо- і зимостійкістю, тобто стійкістю до абіотичних факторів зимового стресу, в тому числі і до льодової кірки [13].

За результатами наукових досліджень було запропоновано наукову гіпотезу про найважливішу роль тривалості глибокого спокою для забезпечення високої стійкості до стрес-факторів зимового періоду [14].

Для прогнозування загибелі рослин пшениці озимої від шкідливої дії притертої льодової кірки необхідно знати умови її утворення та глибину спокою рослин в цей час. Так, при повному таненні снігу і відтаванні верхнього шару ґрунту на 2–3 см і більше вегетація пшениці озимої, як відомо, повільно відновлюється залежно від зимостійкості сорту, тим часом рослини втрачають загартування, інтенсивно дихають та швидко гинуть при настанні несприятливих гідротермічних умов.

Мета дослідження – виявити можливість прогнозування рівня пошкодження та загибелі рослин пшениці озимої внаслідок шкідливої дії притертої льодової кірки та низькотемпературного стресу. З'ясувати потребу внесення мінеральних добрив для підвищення регенерації рослин пшениці озимої, що зазнали дії низьких температур.

Матеріали та методи дослідження. Дослідження проводились в північній підзоні Степу на базі Державної установи Інститут зернових культур НААН упродовж 2017–2019 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 і обмінного калію – відповідно 110–153 та 75–127 мг/кг ґрунту (за Чириковим). Сівбу проводили 25 вересня сівалкою СН-16 суцільним рядковим способом на глибину 5–6 см.

Об'єкт дослідження – високопродуктивний сорт пшениці озимої Мудрість одеська, створений в Селекційно-генетичному інституті - Національному центрі насінництва та сортовивчення; універсального використання, має високий регенеративний потенціал, морозо-, зимостійкість – 8–9 балів. Польовий дослід закладали по попереднику пшениця озима на двох фонах мінерального живлення: без добрив і $N_{60}P_{60}K_{60}$. По удобреному фоні додатково вносили азотні добрива: N_{30} (кінець кушення - початок виходу рослин в трубку, локально), N_{30} д. р. кг/га (у фазі колосіння, позакоренево).

У періоди найбільшого похолодання в посівах пшениці озимої був штучно видалений сніг та створена притерта льодова кірка товщиною 5–7 см. Контрольними були ділянки без льодової кірки. Площа кожної з них

2 м², повторність чотириразова. Температурний режим на глибині залягання вузла кушення контролювали мінімальними термометрами. Додатково в лабораторних умовах у вегетаційних посудинах досліджували реакцію рослин на штучно створену льодову кірку товщиною 5, 7 та 11 см. Потім моноліти проморожували при температурі -15... -18... -21 °С з експозицією 24 години. Після цього пшеницю озиму відрощували при температурі 18...24 °С та 16-годинному освітленні люмінесцентними лампами з силою світла 12000 лк. У ході дослідження користувалися загальноприйнятими методиками і рекомендаціями [3, 15–17].

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. Окремо слід виділити гідротермічні умови періодів різкого похолодання 2017–2019 рр. Так, мінімальна температура повітря в I–II декаді січня 2017 р. знижувалась до -16... -20 °С, поверхня ґрунту охолоджувалась до -19... -24 °С. У III декаді січня вночі мінімальна температура повітря становила -21... -25 °С. В II декаді січня 2018 р. вночі її показники дорівнювали -13... -15 °С, а на поверхні ґрунту – -18... -19 °С. В III декаді січня також утримувалась морозна погода зі зниженням температури до -21 °С. У 2019 р. в I декаді січня вночі температура повітря знижувалась до -8...-14 °С,

поверхня ґрунту охолоджувалась до -11... -16, а в II декаді – відповідно до -11... -19 і -15... -23 °С. В III декаді січня температура повітря знижувалась до -20... -24 °С. В лютому 2019 р. також спостерігалась морозна погода, однак температура ґрунту на глибині залягання вузла кушення не досягала критичних значень навіть у варіантах досліду без снігу; наприкінці I декади лютого мінімальна температура повітря становила -2... -4 °С, а поверхні ґрунту її показники коливалися в межах -2... -6 °С. В цілому погодні умови в роки досліджень були контрастними, періоди різкого похолодання чергувалися з періодами потепління, однак термін безперервного залягання притертої льодової кірки не перевищував двох декад.

Результати дослідження. Спостереження показали, що під притертою льодовою кіркою мінімальна температура ґрунту на глибині залягання вузла кушення була суттєво нижчою, ніж в контрольних варіантах (табл. 1). В період різкого похолодання температурна різниця між варіантами досліду збільшувалась, що пояснюється основним законом теплопровідності – законом Фур'є:

$$q = - \lambda \text{ grad } T, \text{ де}$$

q – тепловий потік, Вт/м²; λ – коефіцієнт теплопровідності речовини, Вт/(м·К); $\text{grad}T$ – градієнт температури, К/м.

При зниженні температури теплопровідність льодової кірки відповідно збільшу-

1. Зміна температури ґрунту на рівні вузла кушення рослин пшениці озимої на ділянках без снігу в періоди різкого похолодання (2019 р.)

Варіант	Температура ґрунту на глибині залягання вузла кушення, °С					
	7 січня	15 січня	23 січня	8 лютого	16 лютого	23 лютого
Без кірки (контроль)	-11,0	-14,3	-13,4	-3,1	-2,9	-6,3
Притерта льодова кірка	-13,4	-18,5	-16,2	-4,0	-3,8	-8,1

ється. В окремі дні (15–23 січня 2019 р.) мінімальна температура на глибині залягання вузла кушення у варіантах з притертою льодовою кіркою досягла -16,2... -18,5 °С, в той час як у контрольних (без снігу) – -13,4 ... -14,3 °С. Вживаність рослин озими за низькотемпературного стресу під притертою льодовою кіркою становила 58,2–64,5 %; натомість у контрольних варіантах її показники були вищими і коливались у межах 74–86 %.

Таким чином, кріогенні навантаження

та часткове погіршення аерації у рослин, вмерзлих в лід, у цілому негативно позначилося на процесах метаболізму, як результат – зниження регенеративного потенціалу клітин вузла кушення. В польових умовах, у варіантах без снігу, спостерігалось виморожування верхнього шару ґрунту, притерта льодова кірка підсилювала негативну дію низькотемпературного стресу, що зумовлювало відмирання надземної маси у рослин, пошкодження вузла кушення та розрив коренів.

На час збирання урожаю зрідженість

посівів збільшувалася внаслідок весняно-літнього випадіння частини ослаблених та пошкоджених в період зимівлі рослин. Беручи до уваги, що реалізація антистресових властивостей пшениці озимої вимагає суттєвих енергетичних витрат, важливе значення має забезпеченість елементами мінерального живлення, в спектрі фізіологічної дії яких

чітко простежується антистресовий ефект та позитивний вплив їх на виживаність і рівень продуктивності рослин. У варіантах з внесенням мінеральних добрив в дозі $N_{60}P_{60}K_{60}$ відмирання пагонів у рослин озимини протягом вегетації послаблювалося порівняно з контрольним варіантом (табл. 2).

Найбільшу небезпеку для рослин ство-

2. Динаміка відмирання пагонів (%) у пошкоджених рослин внаслідок дії низьких температур і притертої льодової кірки протягом весняно-літньої вегетації (середнє за 2017–2019 рр.)

Варіант	Фон добрив	Фенологічна фаза		
		вихід у трубку	колосіння	воскова стиглість
Без кірки (контроль)	без добрив	8,4	38,1	44,5
	$N_{60}P_{60}K_{60}$	6,8	35,7	39,3
Притерта льодова кірка	без добрив	14,2	57,1	66,2
	$N_{60}P_{60}K_{60}$	10,5	54,3	61,7

рює низькотемпературний стрес, оскільки є причиною пошкодження вузла кущення. В подальшому в таких рослин має місце пригнічення процесу нарощування вегетативної маси, зменшення загальної та продуктивної кущистості, озерненості і маси зерна з колосу. Слід відзначити, що у рослин сорту Мудрість одеська, які зазнали шкідливої дії морозу і льодовою кірки, колосіння розпочиналося на 3–6 днів пізніше порівняно з неушкодженими рослинами. За несприятливих умов зимівлі на ділянках без снігу від рівня зимостійкості істотно залежала густина стояння рослин на одиниці площі та їх продуктивна кущистість, що в свою чергу визначало продуктивність пошкоджених рослин, вона знижувалася від 12,3 до 53,4 %.

Для подальшого вивчення комплексного негативного впливу низькотемпературних стрес-факторів на життєздатність рослин

пшениці озимої були проведені лабораторні дослідження, де в контрольованих умовах їх проморожували за різної температури. Так, при відрощуванні рослин після проморожування при температурі $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$, у варіантах без притертої льодової кірки всі вони вижили, при зниженні температури до $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 16,3 % з них загинуло. Подальше зниження температури (до $-21\text{ }^{\circ}\text{C}$) призводило до загибелі 81,7 % рослин. На фоні штучно створеної притертої льодової кірки вузли кущення були пошкоджені сильніше і відповідно виживаність рослин озимини зменшувалась порівняно з варіантами без неї: при температурі проморожування $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ виживаність рослин становила 69,8–92,0 %; $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ – 12,6–74,5 %, залежно від товщини льодової кірки. При підвищенні криогенного навантаження до $-21\text{ }^{\circ}\text{C}$ всі рослини під льодовою кіркою загинули (табл. 3).

3. Вплив низьких температур і льодової кірки на виживаність рослин пшениці озимої (%), експозиція – 24 години

Температура проморожування, $^{\circ}\text{C}$	Вживаність рослин, %			
	без кірки	товщина кірки, см		
		5	7	11
Без проморожування	100	100	100	100
-15	100	92,0	82,1	59,8
-18	91,7	74,5	47,1	12,6
-21	18,3	0	0	0

Динаміка вмісту розчинних вуглеводів у вузлах кущення свідчить про те, що на час відновлення весняної вегетації рослинами

пшениці озимої мало місце істотне зменшення їх кількості внаслідок дії несприятливих погодних умов, особливо низькотемператур-

ного стрес-фактора. Мінімальна витрата вуглеводів спостерігалась в удобрених варіантах і становила 30,8 % від осінніх запасів. На ділянках без снігового покриву і вкритих притертою льодовою кіркою вуглеводи ін-

тенсивно витрачалися рослинами, як наслідок, їх кількість у вузлах кушення протягом зимового періоду в неудобрених і удобрених варіантах зменшилася на 58,5 та 61,2 % відповідно (табл. 4).

4. Динаміка вмісту розчинних вуглеводів у вузлах кушення рослин пшениці озимої, % до сухої маси (середнє за 2017–2019 рр.)

Варіант	Фон добрив	Вміст розчинних вуглеводів, %		
		моноцукри	дицукри	сума цукрів
припинення вегетації				
Контроль	без добрив	11,2	23,1	34,3
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	13,7	28,2	41,9
відновлення вегетації				
Без кірки (контроль)	без добрив	7,2	15,6	22,8
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	9,7	19,3	29,0
Притерта льодова кірка	без добрив	4,1	9,2	13,3
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	6,5	10,9	17,4

Висновки

Виходячи з вищенаведених даних, можна зробити наступний висновок: у разі короткого терміну залягання притертої льодової кірки (менш ніж 2 декади) простежується значне кріогенне навантаження на рослини пшениці озимої, наслідком якого є відмирання надземної маси, пошкодження вузла кушення, розрив коренів і зниження регенеративного потенціалу клітин вузла кушення.

Отже, притерта льодова кірка навіть в умовах короткого терміну залягання при аномально низьких температурах, внаслідок більш високої теплопровідності льоду, зумовлює швидке проникнення теплового потоку крізь поверхню льоду та насичений водою і

промерзлий верхній 0–10 см шар ґрунту, як результат – зниження температури вузла кушення до критичного значення, що є причиною пошкодження та загибелі рослин в суворі безсніжні зими.

Весняно-літнє випадіння деякої частини ослаблених та пошкоджених рослин впродовж зимівлі та втрати урожаю зерна частково компенсуються за рахунок внесення мінеральних добрив, які зумовлюють антистресовий ефект і позитивно впливають на виживаність і продуктивність рослин. Відмирання пагонів у рослин пшениці озимої на фоні внесення N₆₀P₆₀K₆₀ сповільнювалося протягом вегетації на 4,9–23,1 % порівняно з неудобреним варіантом.

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. Саблук П. Т., Калієв Г. А. Світове і регіональне виробництво аграрної продукції / ННЦ Інститут аграрної економіки. Київ, 2008. 210 с.
3. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Степу України [Текст] Національна академія аграрних наук; [ред. кол.: М. В. Зубець та ін.]. Київ: Аграр. наука, 2010. 984 с.
4. Бондаренко В. И. Приемы повышения зимостойкости и продуктивности интенсивных сортов озимой пшеницы. *Повышение продуктивности озимой пшеницы*. Днепропетровск, 1980. С. 5–21.
5. Гасанова І. І., Єрашова М. В., Педаш Т. М. Оптимізація азотного живлення рослин пшениці озимої при вирощуванні по чорному пару. *Зернові культури*. 2020. Том 4. № 2. С. 257–262. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0133>.
6. Ярошенко С. С. Морозостійкість та зернова продуктивність пшениці озимої залежно від агротехнічних прийомів вирощування. *Зернові культури*. 2020. Том 4. № 1. С. 64–70. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0107>.
7. Кружилин А. С., Шведская З. М. Устойчивость озимых растений к выпреванию. Москва: Наука, 1986. 88 с.
8. Майор П. С., Козіна Г. Я., Сливка Л. В. Вміст розчинних цукрів у рослинах озимої пшениці протягом осінньо-зимового періоду. *Физиология и биохимия культурных растений*. 2010. Т. 42. № 2. С. 174–182.
9. Тиунов А. Н., Глухих К. А., Хорькова О. А., Шернин А. И. Рожь. Москва: Колос, 1969. 352 с.
10. Ракитина З. Г. Основные типы притертой ледяной корки и ее повреждающее действие. *Физиология растений*. 1980. Т. 27. № 4. С. 839–847.

11. Карманенко Н. М. Зимостойкость, минеральное питание и продуктивность озимой пшеницы. Москва: ВНИИА, 2011. 163 с.
12. Рожков А. О. Агробиологичні основи формування продуктивності пшениці твердої ярої та тритикале ярого в Лівобережному Лісостепу України: *автореф. дис. ... доктора с.-х. наук*. Київ: НУБІП, 2014. 42 с.
13. Удовенко Г. В. Механизмы адаптации растений к стрессам. *Физиология и биохимия культурных растений*. 1979. Т. 2. № 2. С. 43–47.
14. Chekurov V. M., Kozlov V. E. Winter wheat's main survival mechanisms in Siberia: Low metabolic rate and high frost tolerance. A. A. Morgunov, K.G. Mc Hab. Campbell and Poroda. Inc-reasing Wheat Pro-

- duction in Central Asia through Science and Cooperation: *Proc. of the First Central Asia Wheat Conf.*, Almaty, Kazakhstan: CIMMYT. 2005. p. 118–121.
15. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. Москва: Агропромиздат, 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.
17. Методические рекомендации по проведению полевых опытов с зерновыми, зернобобовыми и кормовыми культурами / под ред. В. С. Цыкова и Г. Р. Пикуша. Днепропетровск, 1983. 46 с.

Reference

1. Cherenkov, A. V., Nesterecj, V. G., Solodushko, M. M. ... Yaroshenko, S. S. (2015). *Pshenycja ozyma v zoni Stepu, klimatychni zminy ta tekhnologhiji vyroshhuvannja* [Winter wheat in the Steppe zone, climate change and growing technology] / A. V. Cherenkov (Eds.). Dnipropetrovsk: Nova ideologhija. 548 p. [in Ukrainian]
2. Sabluk, P. T., Kaliyev, H. A. (2008). World and regional production of agricultural products. Kiev: N. p. 210 p. [in Ukrainian]
3. *Naukovi osnovy ahropromyslovoho vyrobnytstva v zoni Stepu Ukrayiny* [Scientific fundamentals of agroindustrial production in the Steppe of Ukraine] (2010) / M. V. Zubets at al. (Eds.). Kyiv: Agrarian Science. 984 p. [in Ukrainian]
4. Bondarenko, V. I. (1980). Techniques for increasing winter hardiness and productivity of intensive winter wheat varieties. *Increasing the productivity of winter wheat*. Dnepropetrovsk: N. p. 5–21. [in Russian]
5. Hasanova, I. I., Erashova, M. V., Pedash, T. M. (2020). Optimization of nitrogen nutrition of winter wheat plants when growing on Black steam. *Zernovi kultury* [Grain crops], 4, 2. 257–262. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0133>. [in Ukrainian]
6. Yaroshenko, S. S. (2020). Frost resistance and grain productivity of winter wheat depending on agrotechnical methods of cultivation. *Zernovi kultury* [Grain crops], 4, 1. 64–70. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0107>. [in Ukrainian]
7. Kruzhilin, S. A., Swedish, Z. M. (1986). *Ustoychivost ozimyh rasteniy k vyprevaniyu* [Stability of winter plants to rot]. Moscow: Nauka, 88 p. [in Russian]
8. Major, P. S., Kozina, G. Ya., Slivka, L. V. (2010). Content of soluble sugars in winter wheat plants during the autumn-winter period. *Fiziologiya i biokhimiya kulturnykh rasteniy* [Physiology and biochemistry of cultural institutions plants], 42, 2. 174–182. [in Ukrainian]
9. Tiunov, A. N., Glukhikh, K. A., Khor'kova, O. A., Shernin, A. I. (1969). *Roz* [Rye]. Moscow: Kolos. 352 p. [in Russian]
10. Rakitina, Z. G. (1980). The main types of lapped ice crust and its damaging effect. *Fiziologiya rasteniy* [Plant physiology], 27, 4. 839–847. [in Russian]
11. Karmanenko, N. M. (2011). *Zimostoikost, mineralnoe pitanie i produktivnost ozimoy pschenicy* [Winter hardiness, mineral nutrition and productivity of winter wheat]. Moscow: VNIIA. 163 p. [in Russian]
12. Rozhkov, A. O. (2014). *Agrobiologichny osnovi formuvannya produktivnosti pshenitsy tvrdoj yaroj ta tritikale yarogo v Lioberezhnomu Lisostepu Ukrainy: (Extended Abstract of Dr. Agric. Sci. Diss.)*. Kiev: NUBIN. 42 p. [in Ukrainian]
13. Udoenko, G. V. (1979). Mechanisms of plant adaptation to stress. *Fiziologiya i biokhimiya kulturnykh rasteniy* [Physiology and biochemistry of cultural institutions plants], 2, 2. 43–47. [in Russian]
14. Chekurov, V. M., Kozlov, V. E. (2005). Winter wheat's main survival mechanisms in Siberia: Low metabolic rate and high frost tolerance. A. A. Morgunov, K. G. McHab. Campbell and Poroda. *Increasing Wheat Production in Central Asia through Science and Cooperation: Proc. of the First Central Asia Wheat Conf.*, Almaty, Kazakhstan: CIMMYT. 118–121.
15. Dospekhov, B. A. (1985). *Metodika polevogo opyta s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy* [Methodology of field experience with the basis of statistical processing of research results] (5th ed. rev.). Moscow: Ahropromizdat. 352 p. [in Russian]
16. Tkachyk, S. O. (2014). *Metodyka provedennja ekspertyzy sortiv roslyn ghrupy zernovykh, krup'janykh ta zernobobovykh na prydatnistj do poshyrennja v Ukraini* [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]
17. *Metodicheskiye rekomendatsii po provedeniyu polevykh opytov s zernovymi, zernobobovymi i kormovymi kul'turami* [Methodical recommendations for carrying out field experiments with grain, leguminous and fodder crops] (1983) / V. S. Tsykov and G. R. Pikush (Eds.). Dnepropetrovsk: N. p. 46 p. [in Russian]

Ярошенко С. С. Влияние притертой ледовой корки на морозостойкость и выживаемость растений озимой пшеницы в условиях Степи Украины.

Зерновые культуры. 2021. Т. 5. № 1. С. 65–71.

Государственное учреждение Институт зерновых культур НААН, ул. Владимира Вернадского, 14, г. Днепр, 49009, Украина

Освещены особенности действия, как отдельно, так и совместно, притертой ледовой корки и низких температур на растения пшеницы озимой. За период исследований (2017–2019 гг.) растения сорта Мудрость одесская, причиной повреждения которых были низкие температуры и ледовая корка, колосились на 3–6 дней позже, чем неповрежденные.

Установлено, что при неблагоприятных условиях зимовки, в частности на участках без снега, от уровня зимостойкости значительно зависела густота стояния растений на единице площади и продуктивная кустистость, следовательно, зерновая продуктивность культуры. После отраживания растений озимой пшеницы, которые подвергались действию низких температур (-15 °С; без притертой ледовой корки в лабораторных условиях) все они выжили, при понижении температуры до -18 °С погибло 16,3 % растений. Снижение температуры до -21 °С вызывало гибель 81,7 % растений. На фоне искусственно созданной притертой ледовой корки узлы кущения сильнее повреждались и соответственно выживаемость растений снижалась по сравнению с вариантами без притертой ледовой корки, и при температуре -15 °С ее показатели составляли 69,8–92,0 %; -18 °С – 12,6–74,5 % в зависимости от толщины ледовой корки. При повышении криогенной нагрузки до -21 °С озимая пшеница под ледовой коркой погибла. На фоне внесения N₆₀P₆₀K₆₀ отмирание побегов у растений озимой пшеницы на протяжении вегетации уменьшилось на 4,9–23,1 % в сравнении с неудобренным контрольным вариантом.

Динамика содержания растворимых углеводов в узлах кущения свидетельствует, что на время возобновления весенней вегетации минимальный расход углеводов растениями (30,8 % от осенних запасов), наблюдался при внесении с осени N₆₀P₆₀K₆₀. В вариантах без снежного покрова под притертой ледовой коркой углеводы интенсивно использовались растениями, следовательно – их содержание за зимний период в неудобренных и удобренных вариантах уменьшилось на 58,5 и 61,2 % соответственно.

Ключевые слова: озимая пшеница, морозостойкость, минеральные удобрения, ледовая корка, продуктивность, выживаемость.

Yaroshenko S. S. Influence of ice crust on frost resistance and survival of winter wheat in the Steppe of Ukraine. Grain Crops. 2021. 5 (1). 65–71.

State Enterprise Institute of Grain Crops of National Academy of Agrarian Sciences, 14, Volodymyr Vernadskyi St., Dnipro, 49009, Ukraine

The features of the effect both separately and together of lapped ice crust and low temperatures on winter wheat plants was highlighted. During the research period (2017–2019), the plants of the Mudrist Odeska variety which were damaged by low temperature and ice crust began to ear by 3–6 days later than undamaged ones. It was found that under unfavorable wintering conditions, in particular in plots without snow, the plant density per area unit and productive tillering, as well as grain productivity of the crop, largely depended on the degree of winter hardiness of plants. After growing of winter wheat which was frozen in laboratory conditions (without lapped ice crust) at a temperature of -15 °C, all plants survived, when the temperature dropped to -18 °C, 16.3 % of plants died. A further drop in temperature to -21 °C caused the loss of 81.7 % of plants. Against the background of artificially created lapped ice crust, the tillering nodes of the winter wheat plant were more damaged and, accordingly, the survival rate of plants decreased compared to variants without lapped ice crust, and at a freezing temperature of -15 °C its indicators were 69.8–92.0 %; at a temperature of -18 °C – 12.6–74.5 % depending on the thickness of the ice crust. When the cryogenic load increased to -21 °C, winter wheat died under the ice crust. During the growing season, in variants of mineral nutrition with a dose of N₆₀P₆₀K₆₀, the death of winter wheat shoots compared with the non-fertilized control variant was less by 4.9–23.1 %. The dynamics of the soluble carbohydrate content in the tillering nodes indicates that at the resumption of spring vegetation the minimum consumption of carbohydrates by plants (30.8% of autumn reserves) was observed in variants with N₆₀P₆₀K₆₀ fertilization. In the plots without snow cover under the lapped ice crust, carbohydrates were intensively consumed by plants, as a result, their amount in the tillering nodes during the winter period decreased on non-fertilized and fertilized variants by 58.5 and 61.2 %, respectively.

Key words: winter wheat, frost resistance, mineral fertilizers, ice crust, productivity, survival.