

УДК 581.142:633.11

ВПЛИВ НИЗЬКОЇ ПОЗИТИВНОЇ ТЕМПЕРАТУРИ НА МОРФОМЕТРИЧНІ ПОКАЗНИКИ ПРОРОСТКІВ НАСІННЯ СПЕЛЬТИ ТА М'ЯКОЇ ПШЕНИЦІ ОЗИМИХ ФОРМ

Борисова О.В.

Одеський національний університет ім. І.І. Мечникова

*Проводилась порівняльна характеристика динаміки проростання насіння спельти (*Triticum spelta* L.) та м'якої пшениці (*Triticum aestivum* L.) за температури 3°C та ростової реакції проростків вказаних видів на короткотривалий вплив температури 3°C протягом 24 годин. У проростків після дії низької температури також було визначено вміст вільного проліну як маркеру стресових реакцій. Виявлено, що насіння спельти було більш чутливим до пророщування за субоптимальної температури у 3°C порівняно із м'якою пшеницею дослідних сортів і не було здатне сформувати проростки за такої температури. В той же час, короткотривалий (протягом 24 годин) вплив температури 3°C на 6-и добові проростки спельти не здійснював більш вираженого негативного впливу на ростову реакцію проростків після дії стресового чиннику порівняно із проростками насіння м'якої пшениці дослідних сортів. Обговорюється роль відносного збільшення вмісту вільного проліну та його вихідна кількість у адаптації проростків до холодого стресу.*

Ключові слова: *Triticum spelta* L., *Triticum aestivum* L., низькотемпературний стрес, вільний пролін, стійкість до низької температури, ростова реакція проростків.

Вступ. На етапах проростання та формування проростків озимі культури пшениці часто зазнають впливу низьких позитивних температур, стійкість до яких є необхідною для можливості вирощування виду чи сорту. Дія холоду на рослини восени спричинює виникнення компенсаторних й адаптивних реакцій в їхніх клітинах, що призводять до зміни низки фізіологічних, генетичних і біохімічних процесів, які зумовлюють процес загартування до низьких температур (Трунова Т.И., 2007, Bates L.S. et al., 1973). Особливо висока чутливість до дії екстремальних температур проявляється у

проростаючого насіння пшениці, яка виявляється в пригніченні проліферативної складової росту (Шматько И.Г., 1998). Гіпотермія призводить до індукції синтезу певних білків, зміни ліпідного стану мембран, накопичення проліну (Моргун В.В., Майор П.С., 2009, Трунова Т.И., 2007). Пролін – це імінокислота, що є сумісною осмотично активною сполукою та акумулюється у відповідь на дію широкого спектру абіотичних стресорів (Hare P, 1997). Пролін вважається важливим елементом захисної системи рослин (Майор П.С. із співавт., 2009). Характерною рисою впливу низьких температур є також посилене утворення у клітинах і позаклітинному просторі активних форм кисню (АФК) (Майор П.С., 2010).

Пошук культур, придатних до органічного землеробства, та культур, що мають високу харчову цінність призвів до збільшення інтересу до вирощування півчастих пшениць, зокрема спельти (*Triticum spelta* L.). Спельта генетично гомологічна до м'якої пшениці, відноситься до стародавніх пшениць та останнім часом активно вирощується у країнах Європи завдяки високій харчовій цінності зерна, невибагливості та стійкості до збудників хвороб. Спельта має озимі та ярі форми (Smolkova et al., 1998). Проростання та ріст проростків озимих культур на Півдні України часто відбувається за умов низьких позитивних температур. Даних щодо стійкості проростків спельти та механізмів цієї стійкості до дії гіпотермічного стресу в літературі недостатньо.

Тож вивчення зразків національних колекцій спельти з метою характеристики можливості розвитку проростків за низьких позитивних температур та розкриття механізмів стійкості до температурного стресу є актуальною задачею. Метою нашої роботи було дослідження динаміки проростання насіння спельти та м'якої пшениці за температури 3°C, а також визначення ростової реакції, морфометричних показників та вмісту вільного проліну у проростків спельти та м'якої пшениці після дії температури 3°C на проростки протягом 24 годин.

Матеріали та методи. У дослідженнях використовували рослини гексаплоїдної озимої півчастої пшениці спельти (*T. spelta* L. var. *duhamelianum*). Насіння для вирощування рослин спельти отримане із колекції Національного центру генетичних ресурсів рослин України Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН України. Для порівняльної оцінки біологічних властивостей та морфо-біометричних показників спельти використовували також рослини озимої м'якої пшениці (*T. aestivum* L.) двох сучасних високоврожайних сортів Селянка та Куяльник. Сорт Селянка селекції СГІ НЦНС НААНУ внесений до Реєстру сортів рослин України, морозостійкість перевищує таку Альбатроса одеського. Сорт Куяльник селекції СГІ НЦНС НААНУ, відноситься до сильних сортів, внесений до реєстру сортів з 2003 року, холодо- та зимостійкість 7 балів. Схожість насіння, що використовувалася в досліді, за контрольних умов (24°C) складала 95±4 % без достовірної різниці між видами та зразками.

Для визначення динаміки проростання насіння пшениці спельти та м'якої пшениці дослідне насіння пророщували у чашках Петрі за температури + 3 °C протягом 7 діб. Кожну добу оцінювали кількість пророслого, набубнявілого та непророслого насіння. Для оцінки ростової реакції проростків на дію низькотемпературного стресу насіння м'якої пшениці та пшениці спельти пророщували у чашках Петрі протягом 6 діб за температури 24°C. Потім дослідне насіння переносили у холодильну камеру з температурою 3°C на 24 години, а контрольне насіння залишали за умов 24°C. Після 7 діб пророщування у контрольного і дослідного насіння обох видів визначали довжину проростків, вміст вільного проліну в пагонах та коренів проростків. Для визначення приросту пагонів і коренів у проростків після визначення схожості на 7-у добу контрольне і дослідне насіння пророщували ще до 10 доби. На 10 добу у проростків насіння спельти та м'якої пшениці вимірювали довжину та масу коренів і пагонів. Отримані показники порівнювали із показниками обох видів насіння, що

пророщувалося за контрольних умов (у чашках Петрі на фільтрувальному папері за температури 24 °С).

Масу сирої та сухої речовини визначали ваговим методом. Для отримання сухої речовини зразки висушували в термостаті до постійної маси за температури 100°С. Вміст вільного проліну визначали за методикою Бейтса за принципом реакції проліна із нінгідрином (Bates L. et al., 1973).

У таблицях представлені середні арифметичні та їх стандартні похибки. За визначеними фізіолого-біохімічними показниками проростки насіння обох сортів пшениці не мали достовірних відмінностей, тож у таблицях наведені середні значення показників за двома сортами м'якої пшениці. Для оцінки статистичної достовірності відмінностей використовували критерій Стьюдента (Лакін Г.Ф., 1990). Розрахунки проводили, використовуючи стандартний пакет програм Microsoft Excel 2007.

Результати дослідження та їх обговорення. Відомо, що рослини помірних широт зростання здатні витримувати несприятливі температурні умови холодного періоду року завдяки комплексу пристосувальних реакцій, серед яких чільне місце посідає адаптація до низьких температур (Трунова Т.И., 2007). Висока чутливість до дії екстремальних температур проявляється у проростаючого насіння пшениці та проростків, що ще не досягли фази кущіння. Озимі культури пшениці часто потерпають від дії низьких температур саме на етапах проростання та формування проростків. Дія субоптимальних температур на набубнявіле насіння часто призводить до його загибелі та до зниження показників схожості, затримки проростання. Результати визначення динаміки проростання насіння спельти (*T. spelta* L.) та насіння м'якої пшениці (*T. aestivum* L.) наведені у таблиці 1.

Таблиця 1

Динаміка проростання насіння пшениці видів *T. aestivum* L. та *T.spelta* L. за умов пророщування при температурі 3 °С

Термін	Кількість насіння (%)
--------	-----------------------

проростання, діб	кільчене	проросле	Непроросле		
			тверде	загниле	Дефектне
<i>T. aestivum</i> L.					
1	6±1	0	94±4	0	0
2	12±2	6±1	82±4	0	0
3	22±2	10±1	68±2	0	0
4	36±2	14±2	50±2	0	0
5	44±4	16±2	36±2	0	0
6	48±4	16±2	30±4	4±1	0
7	54±2	16±2	24±2	6±1	0
<i>T. spelta</i> L.					
1	0	0	100	0	0
2	0	0	100	0	0
3	10±1	0	90±4	0	0
4	26±2	0	74±4	0	0
5	30±2	0	52±2	18±2	0
6	38±2	0	34±2	28±2	0
7	50±2	0	22±2	28±2	0

Як видно з таблиці, пророщування насіння за температури 3°C суттєво перешкоджає проростанню насіння обох видів пшениці. За температури 3°C кількість пророслого насіння м'якої пшениці на 7-му добу склала усього 16 %, а насіння пшениці спельти взагалі не було здатним до проростання за таких умов. В той же час, як видно з таблиці, у насіння обох видів на 7 добу пророщування 50 % насіння виявилось кільченим без достовірної різниці між видами. Тобто за пророщування при температурі 3°C метаболічні процеси, що обумовлюють початок проростання насіння, були запуснені, однак вплив такої субоптимальної температури призвів до суттєвого гальмування нормального росту і розвитку проростків. Таким чином, насіння пшениці

спельти виявилось більш чутливим до пророщування за температури 3°C і не сформувало нормальних проростків, хоча біля половини насіння на 7-у добу виявилось кильченим.

Здатність до проростання за низьких температур є важливою для озимих культур. Однак частіше озимі культури потерпають від дії короткотривалого низькотемпературного стресу і є найбільш чутливими до нього на стадії проростків. Відомо, що стресові температури знижують або зупиняють ростові процеси, у проростаючого насіння пшениці спостерігається пригнічення проліферативної складової росту (Варавкін В.О., 2013). У таблиці 2 наведені дані визначення довжини проростків насіння пшениці спельти та м'якої пшениці, що визначалися після впливу температури 3°C протягом 1 доби на 7-му і 10-у добу пророщування.

Таблиця 2

Довжина проростків насіння пшениці видів *T. aestivum* L. та *T. spelta* L. після впливу температури 3°C протягом 24 годин та за контрольних умов

Сорт	Варіант	Довжина пагона, см		Приріст довжини 7/10 доба, %	Довжина коренів, см		Приріст довжини 7/10 доба, %
		7-ма доба	10-а доба		7-ма доба	10-а доба	
<i>T. aestivum</i> L.	стрес	6,9±0,2*	9,9±0,3*	42	32,9±0,4*	34,7±0,4*	5
	контроль	8,5±0,1	11,0±0,3	28	39,5±0,5	44,4±0,7	12
<i>T. spelta</i> L.	стрес	9,3±0,3*	10,9±0,2*	17	27,3±0,8*	25,9±0,8*	2
	контроль	10,8±0,4	14,3±0,4	32	29,8±0,7	33,8±0,4	13

Примітка: різниця достовірна у порівнянні із контролем за * $p < 0,05$.

Як видно з отриманих даних, проростки насіння спельти (*T. spelta* L.) характеризувалися більшою довжиною пагона, порівняно із проростками м'якої пшениці, та меншою довжиною кореневої системи за контрольних умов пророщування, що узгоджується із літературними даними і є характерним для спельти (Ruzhitskaya O., Borysova O., 2014). Як видно з

таблиці, дія низької температури на проростки м'якої пшениці спочатку гальмувала їхній ріст, а після припинення дії температури 3°C відмічався стимулюючий вплив на приріст довжини пагона, що можна пов'язати із загартуванням. Так, проростки пшениці обох видів після впливу температури 3°C протягом 24 годин характеризувалися достовірно меншою довжиною пагона і кореня у порівнянні із контролем на 7-му добу пророщування (відразу після припинення дії холоду). Але вже через 3 доби (із 7 до 10 доби пророщування) довжина пагона проростків насіння м'якої пшениці, що зазнали дії температури 3°C протягом 24 годин збільшилася на 42 %, тоді як за контрольних умов лише на 28 %. Для проростків насіння спельти подібного стимулюючого ефекту не спостерігалось. В той же час, згідно отриманих даних, 24-х годинний вплив низької температури призвів до зниження активності росту коренів проростків аж до 10 доби пророщування обох видів пшениці у порівнянні із контрольними умовами на 7-11 % без достовірної різниці між видами.

Дані щодо впливу 24-х годинного низькотемпературного стресу на масу проростків, що визначалася на 10-у добу пророщування, наведені у таблиці 4.

Таблиця 3

Маса проростків насіння пшениці видів *T. aestivum* L. та *T.spelta* L. після впливу температури 3 °C протягом 24 годин та за контрольних умов на 10 добу пророщування

Вид пшениці	Варіант	Сира вага, мг		Суха вага,мг	
		маса пагона	маса кореня	маса пагона	маса кореня
<i>T. aestivum</i> L.	стрес	207±9*	165±5*	18,3±0,03*	11,4±0,6
	контроль	182±5	125±8	17,3±0,02	12,6±0,6
<i>T. spelta</i> L.	стрес	210±9*	117±7*	17,6±0,04*	10,7±0,8
	контроль	174±4	97±9	15,3±0,01	9,8±0,8

Примітка: різниця достовірна у порівнянні із контролем за * $p < 0,05$.

За контрольних умов пророщування не було відмічено достовірних відмінностей між спельтою та м'якою пшеницею за показником маси пагонів, а маса коренів спельти була дещо меншою у порівнянні із м'якою пшеницею.

Як видно з таблиці, спостерігався позитивний вплив дії низької температури протягом 24 годин на проростки пшениці обох видів на наростання сирої та сухої ваги проростків. Так, сира вага пагона в дослідному варіанті на 10-у добу пророщування перевищувала контрольну на 20-26 % без достовірної різниці між видами, а сира вага коренів пшениці спельти у досліді перевищувала контрольну на 20 %, м'якої пшениці – на 31 %. Різниця у показниках сухої маси між контрольними та дослідними проростками не була достовірною. Тож збільшення сирої маси після припинення дії стресового чиннику можна пов'язати із ростом клітин шляхом розтягнення та накопиченням води у вакуолях клітин.

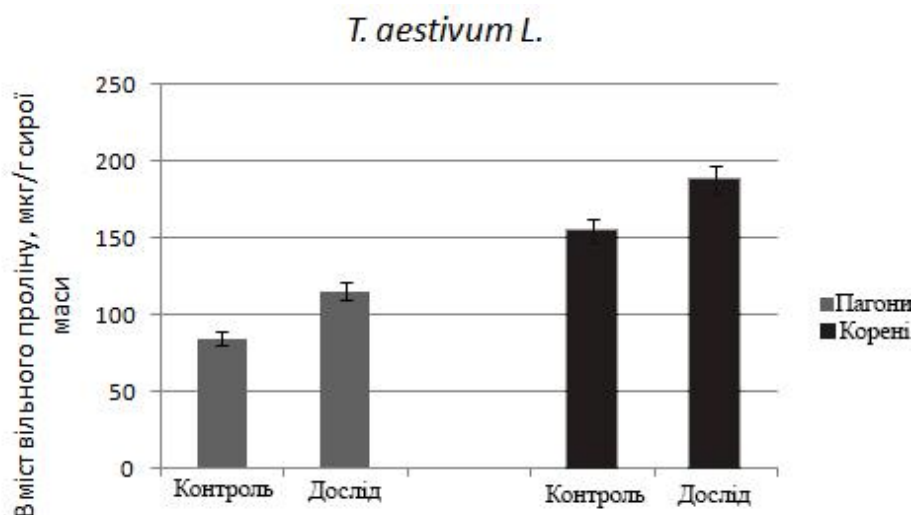
Таким чином, низькотемпературний стрес протягом 24 годин мав позитивну дію на показники наростання сирої маси проростків обох видів пшениці без достовірної різниці між видами.

В основі набуття рослинами стійкості до низьких температур лежать структурні та фізіолого-біохімічні зміни, обумовлені як специфічними, так і неспецифічними реакціями на екстремальні умови зовнішнього середовища (Трунова Т.И., 2007, Майор П.С., 2010). Вивченню фізіолого-біохімічних аспектів стійкості проростків до дії несприятливих понижених температур присвячена низка робіт, проте це питання ще досі лишається актуальним. Літературні дані свідчать про те, що холодостійкі сорти швидше реагують на дію холоду, але зміни у їхньому метаболізмі відбуваються в менших межах, що є маркером підвищеної адаптивності.

Пролін (про, pro, P) це гетероциклічна амінокислота, вміст якої збільшується у багато разів за дії стресових чинників. Розчинні цукри та пролін – сумісні осмотично активні сполуки, що відіграють особливу роль у

підтриманні гомеостазу рослинних клітин за умов втрати води, яка відбувається за низьких температур. Суттєве збільшення вмісту проліну у тканинах рослин за дії стресових чинників привертає увагу дослідників у зв'язку із можливістю використання цього показника як біохімічного маркера захисних реакцій рослини (Невмержицкая Ю.Ю., Тимофеева О.А., 2012). Роль проліну в адаптації рослин до холодного стресу вивчало багато дослідників (Колупаєв Ю.Е. із співавт., 2014). Позитивний зв'язок між нагромадженням ендогенного проліну та зростанням стійкості до низьких температур було встановлено для таких рослин, як озима пшениця, озимий ячмінь, картопля, кукурудза та інші (Tantau H. et al., 2004). Інші дослідники (Майор П.С., 2010) не відзначали значущого статистичного зв'язку температури із вмістом вільного проліну. Для спельти такі дослідження досі не проводились.

Результати визначення вільного проліну в пагонах та коренях проростків спельти та м'якої пшениці за контрольних умов та за дії холодного стресу наведені на рисунку 1.



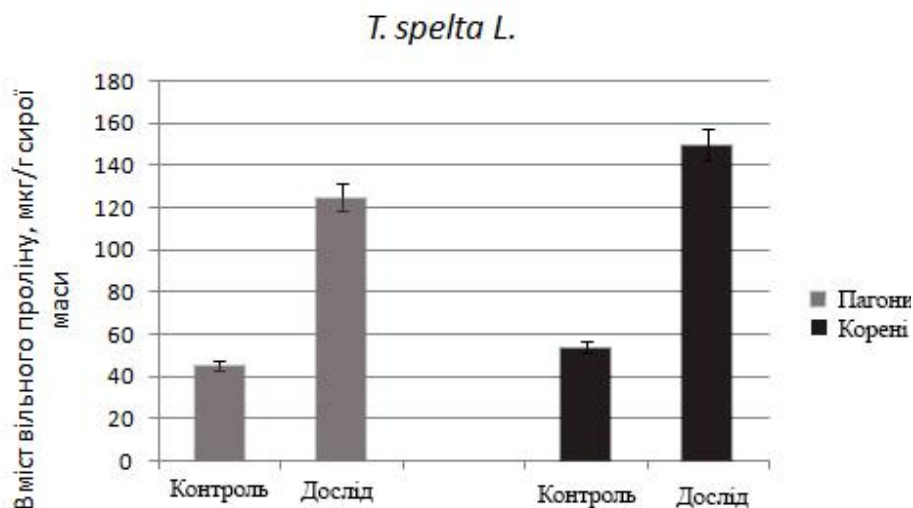


Рис. 1. Вміст вільного проліну у проростках насіння видів *T. aestivum* L. та *T.spelta* L. після впливу температури 3 °С протягом 24 годин та за контрольних умов

Як видно з рисунку, за контрольних умов пророщування більшим вмістом вільного проліну характеризувалися проростки насіння м'якої пшениці. Обидва види пшениці характеризувалися більшим вмістом проліну у коренях проростків, ніж у пагонах проростків того ж виду.

Низькотемпературний стрес, створений дією температури 3°C протягом 24 годин на 6-и добові проростки пшениці спельти та м'якої пшениці призвів до збільшення вмісту вільного проліну як у пагонах, так і у коренях проростків обох дослідних видів пшениці. Збільшення вмісту вільного проліну у пагонах проростків після впливу низькотемпературного стресу склало 35 % у проростків м'якої пшениці і 175 % у проростків спельти. Корені характеризувались збільшенням вмісту вільного проліну на 21 % у проростків м'якої пшениці і на 177 % у проростків спельти у відповідь на дію стресового чинника. Таким чином, проростки насіння спельти реагували на стрес більшим збільшенням проліну по відношенню до контрольних умов, в той час як проростки насіння м'якої пшениці характеризувалися більшими абсолютними значеннями вмісту вільного проліну у проростках. Згідно літературних даних, проростки насіння холодостійких сортів швидко реагують на дію стресового чинника, однак зміни у їхньому метаболізмі

відбуваються у менших межах. Тож імовірно припустити, що дія температури 3°C не призвела до суттєвих змін у метаболізмі проростків холодостійкого сорту Селянка озимої пшениці, але призвела до суттєвого підвищення рівня проліну у спельти, що є менш холодостійкою. Більші абсолютні значення вмісту вільного проліну у проростках Селянки також можуть свідчити на користь її більшої холодостійкості, адже пролін виконує цілу низку захисних функцій. Однак не можна не відмітити, що дані літератури щодо оцінки холодостійкості сорту чи виду за накопиченням вільного проліну є досить суперечливими.

Молекулярні механізми стійкості проростків до дії низьких позитивних температур, у тому числі роль накопичення вільного проліну за дії низьких температур, ще підлягає подальшому вивченню. На основі отриманих даних не можна однозначно відповісти на питання, чи є більший абсолютний вміст вільного проліну у проростках м'якої пшениці маркером більшої її стійкості до дії низькотемпературного стресу.

Таким чином, насіння спельти (*Triticum spelta* L.) є більш чутливим до пророщування за субоптимальної температури у 3°C порівняно із м'якою пшеницею (*Triticum aestivum* L.) дослідних сортів і не було здатне сформувати проростки за такої температури, хоча відмічалася наявність набубнявілого насіння. В той же час, короткотривалий (24 години) вплив температури 3°C на 6-и добові проростки спельти (*Triticum spelta* L.) не здійснював більш вираженого негативного впливу на ростову реакцію проростків після припинення дії стресового чиннику порівняно із проростками насіння м'якої пшениці дослідних сортів. У деяких випадках, короткотривалий низькотемпературний стрес навіть здійснював стимулюючий ефект на ростову реакцію проростків спельти (*Triticum spelta* L.), хоча він і був менш виражений ніж стимулюючий ефект, отриманий для проростків насіння м'якої пшениці (*Triticum aestivum* L.) дослідних сортів.

Література

- 1.Варавкін В.О. Ростова реакція проростків пшениці озимої на дію температурного стресу та їх реагування в розчині триману // Агробіологія. – 2013. – С. 159-162. /
- 2.Колупаев Ю.Е., Вайнер А.А., Ястреб Т.О. Пролин: Физиологические функции и регуляция содержания в растениях в стрессовых условиях // Вісник харківського національного аграрного університету Серія Біологія. – 2014. – Вип 2 (32). – С. 6-22. /
- 3.Лакин Г. Ф. Биометрия / Г. Ф. Лакин. – М.: Высш. шк., 1990. – 352 с. /
- 4.Майор П.С., Захарова В.П., Великожон Л.Г. Зміни вмісту вільного проліну у рослинах озимої пшениці протягом осінньо-зимового періоду // Физиология и биохимия культурных растений. – 2009. – Т. 41. - №5. – С. 371-383. /
- 5.Майор П.С. Взаємозв'язок між вмістом вільного проліну, розчинних цукрі та обводненістю тканин у рослинах озимої пшениці протягом осінньо-зимового періоду // Физиология и биохимия культурных растений. – 2010. – Т. 42. - № 4. – С. 298-305. /
- 6.Моргун В.В., Майор П.С. Зимо- і морозостійкість озимих злакових культур / Фізіологія рослин: Проблеми та перспективи розвитку. — К.: Логос, 2009. — Т. 2. — С. 105—165. /
- 7.Невмержицкая Ю.Ю., Тимофеева О.А. Практикум по физиологии и биохимии растений (белки и ферменты): Учебно-методическое пособие / Ю.Ю. Невмержицкая, О.А. Тимофеева. – Казань: Казанский университет, 2012. – 36 с. /
- 8.Трунова Т.И. Растение и низкотемпературный стресс / 64-е Тимирязевское чтение. — М.: Наука, 2007. — 54 с. /
- 9.Шматько И.Г. Деление и растяжение клеток в интеркалярной меристеме листа кукурузы при дефиците воды и повышенной температуре / И.Г. Шматько, О.И.Жук // Физиология и биохимия культ. растений. –1998. – Т. 30, № 1. – С. 60-65. /
- 10.Bates L.S., Waldren R.P., Teare I.D. Rapid determination of free proline for water stress studies // J. Plant Soil. – 1973. Vol. 39: - P. 205-207.
- 11.Hare P.D. & Cress W.A. (1997) Metabolic implications of stressinduced proline accumulation in plants // Plant Growth Regulation. – 1997. - Vol. 21. – P. 79–102.

12.Ruzhitskaya O., Borisova O. Germination and quality of spelt and emmer seeds under south-western Ukraine conditions. Abstract of Conference “Plant Physiology and genetics. Achievements and Challenges”, 2014, Sofia, Bulgaria, P. 50.

13.Smolková H., Gálová Z., Grecová E. Winter spelt wheat (*Triticum spelta* L.) grain proteins genetic markers // J. Chemical papers. – 1998. – Vol. 52: - P. 52-53.

14.Tantau H., Balko C., Brettschneider B. et al. Improved frost tolerance and winter survival in winter barley (*Hordeum vulgare* L.) by in vitro selection of proline overaccumulating lines // Euphytica. — 2004. — 139, N 1. — P. 19—32.

Аннотация

*О.В. Борисова. Влияние низких положительных температур на морфометрические показатели проростков семян спельты и мягкой пшеницы озимых форм. Была проведена сравнительная характеристика динамики прорастания семян спельты (*Triticum spelta* L.) и мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) при температуре 30С и ростовой реакции проростков указанных видов на короткое воздействие температуры 30С течение 24 часов. У проростков после воздействия низкой температуры также было определено содержание свободного пролина как маркера стрессовых реакций. Выявлено, что семена спельты было более чувствительным к проращивания при субоптимальной температуре в 30С по сравнению с мягкой пшеницей исследовательских сортов и не было способно сформировать проростки при такой температуре. В то же время, краткосрочное (в течение 24 часов) влияние температуры 30С на 6-и суточные проростки спельты не имел более выраженного негативного влияния на ростовую реакцию проростков после действия стрессового фактора по сравнению с проростками семян мягкой пшеницы исследуемых сортов. Обсуждается роль относительного увеличения содержания свободного пролина и его исходное количество в период адаптации проростков к холодовому стрессу.*

*Ключевые слова: *Triticum spelta* L., *Triticum aestivum* L., низкотемпературный стресс, свободный пролин, устойчивость к низкой температуре, ростовая реакция проростков.*

Summary

*Borysova O.V. Low positive temperature impact on winter forms of spelt wheat and bread wheat seedlings` morphometrical parameters. The comparative analysis of spelt wheat (*Triticum spelta* L.) and bread wheat (*Triticum aestivum* L.) seeds germination dynamics under 30C temperature and the growth response of seedlings of these species in the short-term impact of 30C temperature for 24 hours was performed. In seedlings after exposure to low temperature the content of free proline as a marker of stress reactions was also measured. It was revealed that spelt wheat seeds are more susceptible to sprouting at suboptimal temperature of 30C*

compared to the bread wheat from studied varieties and has not been able to form seedlings at that temperature. At the same time, short-term (within 24 hours) impact of 3°C temperature on 6-th day spelt wheat seedlings did not carry out a more pronounced negative effect on seedlings growth reaction after exposure to stress factors compared to wheat seed seedlings from experimental varieties. The role of relative increase of free proline content and its original amount in adaptive potential of seedlings to cold stress is discussing.

Key words: Triticum spelta L., Triticum aestivum L., cold stress, free proline, cold tolerance, seedlings growth reaction.