

УДК 581.143.6: 58.056

СТІЙКІСТЬ ДО АБІОТИЧНИХ СТРЕСОРІВ РОСЛИН R₁ ТРИТИКАЛЕ, ОТРИМАНИХ ШЛЯХОМ КЛІТИННОЇ СЕЛЕКЦІЇ

© 2015 р. С. В. Пикало¹, О. В. Дубровна²

¹Миронівський інститут пшениці ім. В.М. Ремесла

Національної академії аграрних наук України

(с. Центральне, Миронівський р-н, Київська обл., Україна)

²Інститут фізіології рослин і генетики

Національної академії наук України,

(Київ, Україна)

Проаналізовано рівень стійкості до засолення та водного дефіциту рослин R₁ тритикале озимого, отриманих шляхом клітинної селекції. Встановлено, що стійкі до водного дефіциту форми тритикале характеризувалися підвищеною стійкістю і до засолення. Результати аналізу динаміки накопичення проліну нащадками рослин-регенерантів R₀, отриманих в результаті клітинної селекції, підтвердили збереження підвищеного його рівня в наступному поколінні R₁. За стресових умов рослини R₁ за структурними показниками урожаю достовірно перевершували рослини вихідних генотипів. Проаналізовані форми мали значно вищу толерантність до абіотичних стресорів порівняно з рослинами вихідного генотипу, що свідчить про можливість утворення генного комплексу, відповідального за підвищення стійкості. Доведено, що шляхом селекції *in vitro* за використання селективної системи з низькомолекулярним манітом можна отримати рослини, толерантні до кількох абіотичних стресорів, які викликають зневоднення тканин.

Ключові слова: *Triticale*, стійкість, абіотичні стресори, клітинна селекція

Озиме тритикале має низку господарсько-цінних якостей, очікується, що в майбутньому воно стане однією з провідних зернових культур світу (Волощук, 2014). Припускають, що розширення обсягів вирощування цього злаку дозволить вирішити проблему виробництва фуражного зерна в достатніх обсягах і потрібної якості (Хомякова, 2009). Однак протягом онтогенезу рослини тритикале зазнають впливу ряду несприятливих чинників (Авдеев, Слащева, 2014). Абіотичні стресори є основними факторами обмеження продуктивності сільськогосподарських культур та тритикале зокрема (Blum, 2005; Krasensky, Jonak, 2012). Треба відзначити, що нестача води в ґрунті завдає значно більшої шкоди рослинництву, ніж усі інші стресові фактори, разом узяті (Hassan et al., 2004; Аль-Холани, 2010). Посуха призводить до виникнення водного дефіциту в ґрунті і відпо-

відно в рослинах, викликаючи у них осмотичний стрес (Bartels, Sunkar, 2005; Martinez et al., 2007; Соболева, 2013). Як відомо, надлишковий вміст солей в ґрунті спричиняє істотні втрати врожаїв тритикале (Коса et al., 2007). Шкідлива дія засолення має комплексний характер і зумовлена як порушенням осмотичного балансу клітини, так і прямим токсичним впливом на фізіологічні та біохімічні процеси в клітині (Sairam et al., 2005; Chetukuri, 2013).

Однак селекція на стійкість до таких факторів традиційними методами ускладнюється неможливістю створювати стресові умови в польових експериментах. З розвитком біотехнології рослин потенційно можливим є отримання стійких форм важливих сільськогосподарських культур шляхом селекції на рівні соматичних клітин. Одним із таких методів є клітинна селекція, яка базується на створенні нових форм рослин шляхом виділення мутантних клітин у селективних умовах (Queirys et al., 2007; Соловях, 2010; Зінченко, 2014). З метою імітації *in vitro* стресового фактора застосовують осмотики, які знижують зовнішній водний

Адреса для кореспонденції: Пикало Сергій Володимирович, Миронівський інститут пшениці ім. В.М. Ремесла НААН України, с. Центральне, Миронівський р-н, Київська обл., 08853, Україна;
e-mail: pykserg@ukr.net

СТІЙКІСТЬ ДО АБІОТИЧНИХ СТРЕСОРІВ



Рис. 1. Схема отримання толерантних до осмотичного стресу рослин тритикале.

потенціал, такі як високомолекулярний (6000-10000) поліетиленгліколь (ПЕГ), сорбітол, маніт, глюкоза або ксилоза. При використанні селективних середовищ із наведеними осмотичними речовинами отримані толерантні до посухи лінії багатьох сільськогосподарських культур (Hassan et al., 2004; Martinez et al., 2007; Аль-Холани, 2010; Соболева, 2013; Зінченко, 2014).

Стрес, спричинений водним дефіцитом, може бути первинним у разі посухи і вторинним при засоленні. У всіх цих випадках функціонують одні й ті ж механізми, спрямовані на зниження водного потенціалу та захист життєво важливих макромолекул і структур клітин (Zhu, 2002). Відомо, що при засоленні рослини страждають як від токсичної, так і від осмотичної дії солей (Hasegawa et al., 2000; Zhao et al., 2003; Krasensky, Jonak, 2012). Існують дані про те, що стійкість до осмотичного стресу нерідко забезпечує підвищення стійкості і до сольового (Levenko et al., 1990; Белянская, Шамина, 1993; Аль-Холани, 2010). Зважаючи на цей факт, можна очікувати, що шляхом селекції *in vitro* на середовищах з осмотично активною речовиною можна отримати рослини, толерантні до кількох абіотичних стресорів.

Оскільки стійкість до осмотичного стресу визначається на клітинному рівні, то індуковані зі стійких тканин рослини також можуть виявляти дану ознаку (Ступко, 2009; Аль-Холани,

2010; Зінченко, 2014). Однак отримана в процесі клітинної селекції стійкість може мати як генетичну, так і епігенетичну природу (Соловях, 2010). Тому через гетерогенність калюсів, яку вони частково зберігають навіть після тривалого культивування на селективних середовищах, початок рослині-регенеранту може дати і нестійка клітина (Hassan et al., 2004; Соловях, 2010; Зінченко, 2014). У зв'язку з цим необхідний аналіз толерантності до стресу отриманих регенерантів та їх потомства. Найбільш надійну оцінку стійкості рослини до того чи іншого стресора можна отримати, аналізуючи її життєві показники в умовах штучно змодельованого стресового чинника. Мета нашої роботи – проаналізувати рівень стійкості до засолення та водного дефіциту рослин R_1 тритикале озимого, отриманих шляхом клітинної селекції з використанням маніту як стресового чинника.

МЕТОДИКА

Матеріалом досліджень були дві форми тривидового гексаплоїдного тритикале озимого селекції Миронівського інституту пшениці ім. В.М. Ремесла НААН України: лінія 38/1296 та сорт Обрій, які характеризуються високими господарсько-цінними показниками. Рослини-регенеранти зазначених генотипів були отримані шляхом клітинної селекції на стійкість до осмотичного стресу за схемою, представленою на рис. 1.

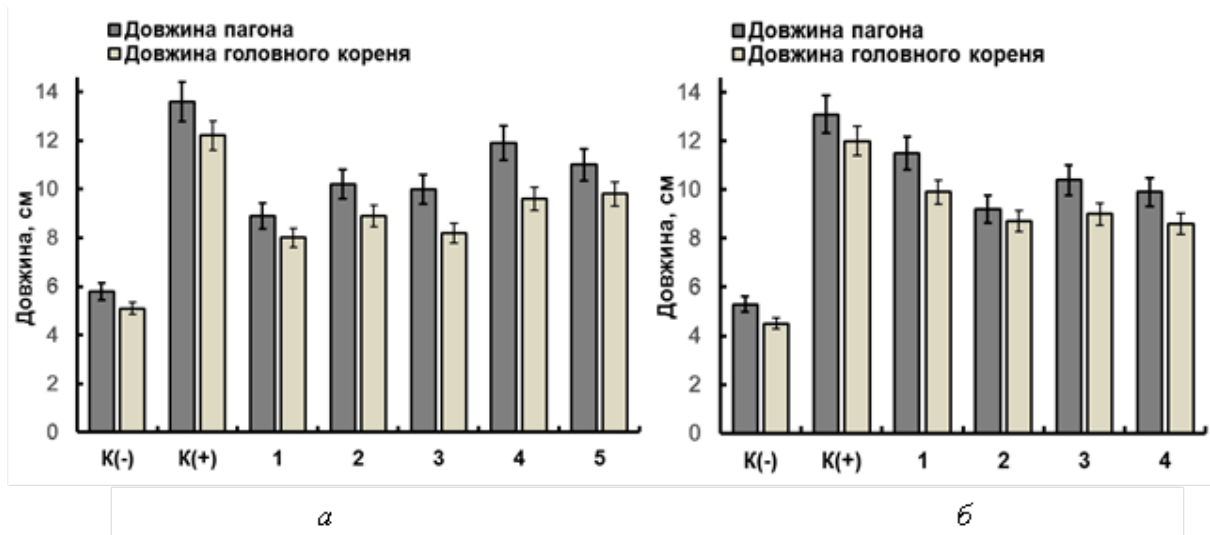


Рис. 2. Вплив 1,5% NaCl на морфометричні показники проростків тритикале лінії 38/1296 (а) та сорту Обрій (б). К(-) – вихідний генотип на субстраті з NaCl (негативний контроль); К(+)
– вихідний генотип на субстраті без NaCl (позитивний контроль); 1-5 та 1-4 – лінії рослин R₁, отримані зі стійких рослин-регенерантів покоління R₀, на субстраті з NaCl.

Для оцінки ефективності добору за розробленою технологією *in vitro* стрес-стійких форм тритикале використовували насіннєве покоління R₁, отримане зі стійких рослин-регенерантів покоління R₀. Солестійкість отриманих форм тритикале оцінювали за морфометричними показниками проростків. Насіння висівали по 20 шт. у кожному варіанті у пластикові горщики з піском та середовищем Хогланда-Арнона (Hoagland, Arnon, 1950) з додаванням хлористого натрію в концентрації 1,5%. Контролем слугувало середовище без NaCl. Через 10 діб культивування у стадії проростків визначали довжину пагона та головного кореня (середнє від загальної кількості). Дослід повторювали три рази.

Стійкість отриманих ліній до водного дефіциту визначали у вегетаційному досліді. Насіння R₁ висівали у посудини з ґрунтом об'ємом 6 л. Через 3 тижні після появи проростків отримані рослини яровизували в холодильній камері за температури +4°C і далі вирощували в умовах вегетаційного будиночка до фази повної стиглості зерна для отримання насіння R₂. З метою імітації посухи у стадії виходу в трубку полив рослин обмежували. Протягом трьох тижнів вологість ґрунту підтримували на зниженому рівні. У перший тиждень 40% від повного вологонасичення ґрунту, у другий і третій – 50 і 60% відповідно. Контролем слугували рослини вихідних генотипів відповідного віку, що вирощувались у тих же умовах. Після 3-тижневої посухи визначали вміст вільного проліну в тканинах рослин за методикою, за-

пропонованою Чинардом з модифікаціями (Андрющенко и др., 1981).

У фазі повної стиглості зерна проводили аналіз елементів структури урожаю. При цьому враховували висоту рослини (ВР), довжину головного колоса (ДГК), кількість зерен з головного колоса (КЗГК), кількість зерен з рослини (КЗР), масу зерна з головного колоса (МЗГК), масу зерна з рослини (МЗР) та масу тисячі зерен (МТЗ).

При статистичній обробці даних визначали похибку середнього арифметичного та довірчий інтервал за критерієм Ст'юдента (Трухачева, 2012).

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

При визначенні солестійкості насіннєвого потомства R₁ тритикале було виявлено інгібуючу дію солі на морфометричні показники проростків обох генотипів (рис. 2).

Результати свідчать, що хлористий натрій у концентрації 1,5% значно інгібує проростання насіння та подальший розвиток проростків контрольованого варіанта обох генотипів тритикале. Виявлено, що морфометричні показники проростків вихідних генотипів в умовах стресу (негативний контроль) були у 2-2,5 рази нижчими, ніж у звичайних умовах (позитивний контроль). Це свідчить про те, що проаналізовані форми тритикале, отримані зі стійких клітинних ліній, мають підвищений рівень толерантності до сольового стресу. При проростанні насіння цих форм відзначено, що довжина голов-

СТІЙКІСТЬ ДО АБІОТИЧНИХ СТРЕСОРІВ

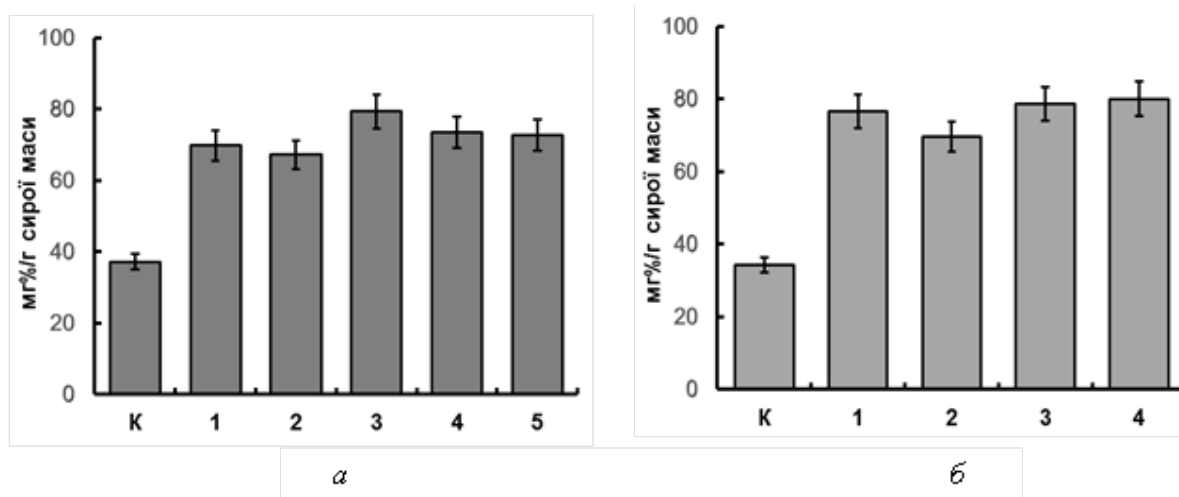


Рис. 3. Вміст вільного проліну у рослин насіннєвого покоління R_1 тритикале лінії 38/1296 (а) та сорту Обрій (б) після 3-тижневого впливу посухи. К – контроль, 1-5 та 1-4 – лінії рослин R_1 , отримані зі стійких рослин-регенерантів покоління R_0 .

них коренів та пагонів достовірно перевищує відповідні показники у контрольних проростків К(-). Таким чином, отримані дані свідчать про підвищену толерантність рослин R_1 тритикале до солі порівняно з рослинами вихідного генотипу.

Серед механізмів адаптації рослин до водного дефіциту важливу роль відводять накопиченню сумісних осмолітів, насамперед проліну. Відомо, що збільшення вмісту цієї амінокислоти в клітинах рослин сприяє підвищенню стійкості до осмотичного стресу (Колупаев и др., 2014). Тому динаміка вмісту проліну в отриманих шляхом клітинного добору рослинах та їх нащадків широко використовується як показник підвищеної їх стійкості до водного дефіциту (Аль-Холани, 2010; Зінченко, 2014). У попередніх дослідженнях (Пикало та ін., 2015) нами було встановлено підвищений вміст проліну у рослинах R_0 тритикале, отриманих методом селекції *in vitro*. Рослини насіннєвого покоління R_1 характеризувалися таким же рівнем вільного проліну в листках, як і зразки покоління R_0 (рис. 3).

Зберігався вдвічі більший вміст цієї амінокислоти відносно контролю. Результати аналізу вмісту проліну у нащадках регенерантів, отриманих у результаті клітинної селекції, підтвердили збереження підвищеного рівня в наступному поколінні. Пролін діє не лише як осморегулятор, а й як антиоксидант і як стабілізатор субклітинних структур (Колупаев и др., 2014). Є свідчення, що навіть відносно незначна зміна концентрації проліну може вплинути на життєздатність рослин за стресових умов (Коса et al., 2007).

Отже, попередні результати фізіологічної оцінки потомства R_1 рослин тритикале, отриманих методом клітинного добору, підтвердили збереження підвищеної толерантності до засолення та водного дефіциту у протестованих рослин. Це дає підстави стверджувати про мутаційну природу стійкості проаналізованих форм.

При оцінці структурних показників урожаю нами виявлено відмінності за показниками ВР, КЗГК, КЗР, МЗГК, МЗР та МТЗ між рослинами R_1 та рослинами вихідного генотипу (негативним контролем), які вирощувалися за умов стресу (таблиця). Достовірна різниця порівняно з контролем за цими показниками може свідчити про комплексну стійкість цих ліній до стресових факторів.

Таким чином, отримані стійкі форми тритикале характеризувалися підвищеною стійкістю як до водного дефіциту, так і до засолення. Раніше було доведено, що підвищення осмотичності на клітинному рівні може забезпечити толерантність рослин одночасно до кількох абіотичних стресів, які спричиняють зневоднення клітин (Levenko et al., 1990; Белянская, Шамина, 1993; Аль-Холани, 2010). Зокрема, підвищена толерантність до солі виявлена в регенерантах пшениці, індукованих зі стійких до маніту клітинних ліній (Levenko et al., 1990). За селективної системи з ПЕГ були отримані солестійкі рослини рису (Белянская, Шамина, 1993). Серед рослин кукурудзи, регенованих зі стійких до маніту тканин, були відібрані форми з підвищеною толерантністю не лише до водного дефіциту, а й до засолення, низьких позитивних і негативних температур (Аль-Холани, 2010). Автори пояснюють дане явище

ПИКАЛО, ДУБРОВНА

Показники структури урожаю рослин R₁ та контрольних рослин за стресових умов

Генотип	Клітинна лінія, №	ВР, см	ДГК, см	КЗГК, шт.	КЗР, шт.	МЗГК, г	МЗР, г	МТЗ, г
Лінія 38/1296	К (+)	108,72±4,17	12,24±1,17	56,37±5,12	158,26±7,36	2,71±0,15	8,57±0,37	58,74±1,35
	К (-)	58,45±4,22*	9,13±0,96*	28,63±4,86*	94,23±6,78*	1,27±0,09*	4,18±0,24*	36,37±1,21*
	1	102,76±4,35*	11,78±1,06*	52,51±4,74*	150,39±7,25*	2,27±0,12*	8,17±0,38*	48,90±1,32*
	2	102,18±4,08*	11,95±0,93*	53,38±5,20*	152,62±6,82*	2,41±0,10*	8,25±0,33*	52,92±1,26*
	3	101,35±4,36*	11,84±0,89*	51,72±5,08*	151,48±7,17*	2,17±0,14*	8,12±0,42*	52,16±1,39*
	4	100,68±4,28*	11,52±1,04*	53,55±4,95*	153,16±7,32*	2,48±0,16*	8,28±0,40*	50,44±1,28*
Сорт Обрій	К (+)	104,41±4,26	12,67±1,14	52,82±5,14	146,83±6,72	2,46±0,14	8,34±0,46	49,52±1,41
	К (-)	61,83±4,15*	9,89±1,02*	26,77±4,72*	87,55±6,88*	1,14±0,10*	4,26±0,39*	30,14±1,28*
	1	96,61±4,30*	12,32±0,93*	49,63±4,58*	141,81±8,16*	2,06±0,09*	7,23±0,41*	46,62±1,33*
	2	92,42±4,62*	12,08±0,97*	50,08±5,18*	144,04±7,42*	2,28±0,12*	7,17±0,37*	44,59±1,35*
	3	98,30±4,58*	12,04±0,88*	51,42±5,10*	144,25±6,91*	2,31±0,13*	8,07±0,44*	45,60±1,24*
	4	90,53±4,21*	11,82±1,15*	49,85±5,24*	142,77±7,60*	2,12±0,12*	7,98±0,42*	43,94±1,39*

Примітки: *різниця між рослинами R₁ та негативним контролем достовірна при p < 0,05; К(+) – вихідний генотип за звичайних умов; К(-) – вихідний генотип за умов стресу (негативний контроль); ВР – висота рослини, ДГК – довжина головного колоса, КЗГК – кількість зерен з головного колоса, КЗР – кількість зерен з рослини, МЗГК – маса зерна з головного колоса, МЗР – маса зерна з рослини, МТЗ – маса тисячі зерен.

схожістю фізіологічних ефектів на рослини водного дефіциту і засолення.

У результаті проведених досліджень встановлено, що проаналізовані форми тритикале показали значно вищу толерантність порівняно з рослинами вихідного генотипу, що свідчить про можливість утворення генного комплексу, відповідального за підвищення стійкості до осмотичного стресу. Результати роботи підтвердили можливість використання клітинної селекції *in vitro* для добору рослин з покращеними полігенними ознаками. Стійкість до осмотичного стресу виділених *in vitro* клітин збереглася у індукованих рослинах і на організмовому рівні забезпечила підвищення толерантності до абіотичних факторів середовища, які викликають водний стрес. Комплексна оцінка рослин насінневого покоління R₁ підтвердила стійкість отриманих біотехнологічним шляхом форм тритикале, що дозволяє припустити генетичну обумовленість даної ознаки. Доведено, що шляхом селекції *in vitro* за використання селективної системи з низькомолекулярним манітоном можна отримати рослини, толерантні до

декількох абіотичних стресорів, які спричиняють зневоднення тканин.

ЛІТЕРАТУРА

Авдеев Ю.И., Слащева Л.А. Устойчивость озимой тритикале к экстремальным абиотическим факторам среды в аридной зоне возделывания // Астраханский вест. эколог. образов. – 2014. – Т. 29, № 3. – С. 84-87.

Аль-Холани Х.А.М. Получение стресс-толерантных растений кукурузы методом клеточной селекции: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. – М., 2010. – 24 с.

Андрющенко В.К., Саянова В.В., Жученко А.А. Модификация метода определения пролина для выявления засухоустойчивых форм рода *Lycopersicon* Tourm // Изв. Акад. наук Молд. ССР. – 1981. – № 4. – С. 55-60.

Белянская С.Л., Шамина З.Б. Получение и характеристика клонов риса, резистентных к стрессовым факторам // Физиология растений. – 1993. – Т. 40. – Р. 681-685.

Волощук С.І. Індукований андрогенез у селекції тритикале озимого // Вісн. аграрн. науки. – 2014. – № 3. – С. 36-40.

СТІЙКІСТЬ ДО АБІОТИЧНИХ СТРЕСОРІВ

- Зінченко М.О. Клітинна селекція пшениці на стійкість до комплексу стресових факторів: Автореф. дис. ... канд. біол. наук. – К., 2014. – 20 с.
- Колупаев Ю.Е., Вайнер А.А., Ястреб Т.О. Пролін: физиологические функции и регуляция содержания в растениях в стрессовых условиях // Вісн. Харків. нац. аграрн. ун-ту. Сер. Біологія. – 2014. – Вип. 2 (32). – С. 6-22.
- Пикало С.В., Зінченко М.О., Волощук С.І., Дубровна О.В. Селекція *in vitro* тритикале озимого на стійкість до водного дефіциту / Biotechnol. Acta. – 2015. – Т. 8, № 2. – С. 69-77.
- Соболева Г.В. Влияние осмотического стресса на процессы роста и морфогенеза в длительно пасируемых каллусных культурах гороха (*Pisum sativum* L.) // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2013. – Т. 5, № 1. – С. 8-15.
- Соловух Н.В. Диагностика солеустойчивости растений рода *Rubus* биотехнологическим методом // Вестн. Мичуринск. гос. аграрн. ун-та. – 2010. – № 1. – С. 68-72.
- Ступко В.Ю. Культура растительных тканей *in vitro* как метод повышения стрессоустойчивости яровой мягкой пшеницы сибирской селекции: Дисс. ... канд. с.-х. наук. – Красноярск, 2009. – 124 с.
- Трухачева Н.В. Математическая статистика в медико-биологических исследованиях с применением пакета *Statistica*. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2012. – 384 с.
- Хомякова О.В. Создание исходного материала для селекции тритикале на основе клеточных биотехнологий: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Саратов, 2009. – 20 с.
- Bartels D., Sunkar R. Drought and salt tolerance in plants // Critical Rev. Plant Sci. – 2005. – V. 24, № 1. – P. 23-58.
- Blum A. Drought resistance, water-use efficiency, and yield potential – are they compatible, dissonant, or mutually exclusive? // Austr. J. Agricult. Res. – 2005. – V. 56, № 11. – P. 1159-1168.
- Chetukuri A. Effect of salt (NaCl) stress on callus growth in sunflower (*Helianthus annuus* L.) genotypes // Annu. Plant Sci. – 2013. – V. 2, № 9. – P. 358-361.
- Hasaegawa P.M., Bressan R.A., Zhu J.K., Bohnert H.J. Plant cellular and molecular responses to high salinity // Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. – 2000. – V. 51. – P. 463-499.
- Hassan N.S., Shaaban L.D., Hashem E.-S.A. and Seleem E.E. *In Vitro* selection for water stress tolerant callus line of *Helianthus annuus* L. cv. Myak // Int. J. Agri. Biol. – 2004. – V. 6, № 1. – P. 13-18.
- Hoagland D.R., Arnon D.I. The water-culture method for growing plants without soil // Circular California Agricultural Experiment Station. – 1950. – V. 347. – P. 1-32.
- Koca H., Bor M., Ozdemir F., Turkan I. The effect of salt stress on lipid peroxidation, antioxidative enzymes and proline content of sesame cultivars // Environ. Exp. Bot. – 2007. – V. 60. – P. 344-351.
- Krasensky J. and Jonak C. Drought, salt, and temperature stress-induced metabolic rearrangements and regulatory networks // J. Exp. Bot. – 2012. – V. 63. – P. 1593-1608.
- Levenko B.A., Pasternak E.Yu., Sidorova N.V. Selection for resistance to water and salt stress in wheat // Abstr. VII Intern. Congr. Plant Tissue and Cell Culture. – Amsterdam, 1990. – P. 37.
- Martinez J.P., Silva H., Ledent J.F., Pinto M. Effect of drought stress on the osmotic adjustment, cell wall elasticity and cell volume of six cultivars of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) // Europ. J. Agronomy. – 2007. – V. 26. – P. 30-38.
- Queirys L.F., Fidalgo F., Santos I. and Salema R. *In vitro* selection of salt tolerant cell lines in *Solanum tuberosum* // Biol. Plant. – 2007. – V. 51, № 4. – P. 728-734.
- Sairam R.K., Srivastava G.C., Agarwal S., Meena R.C. Differences in antioxidant activity in response to salinity stress in tolerant and susceptible wheat genotypes // Biol. Plant. – 2005. – V. 49, № 1. – P. 85-91.
- Zhao K., Fan H., Zhou S., Song J. Study on the salt and drought tolerance of *Suaeda salsa* and *Kalanchoe clavigramontiana* under iso-osmotic salt and water stress // Plant Sci. – 2003. – V. 165. – P. 837-844.
- Zhu J.-K. Salt and drought stress signal transduction in plants // Annu. Rev. Plant Biol. – 2002. – V. 53. – P. 247-273.

Надійшла до редакції
04.09.2015 р.

**TOLERANCE TO ABIOTIC STRESSORS OF R₁ PLANTS OF TRITICALE
OBTAINED BY CELL SELECTION**

S. V. Pykalo¹, O. V. Dubrovna²

¹*V.M. Remeslo Myronivka Institute of Wheat
of National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine
(v. Tsentralne, Myronivka district, Kyiv region, Ukraine)
e-mail: pykserg@ukr.net*

²*Institute of Plant Physiology and Genetics
of National Academy of Sciences of Ukraine
(Kyiv, Ukraine)*

Level of salinity tolerance and water deficiency of R₁ plants of winter triticale obtained by cell selection was analyzed. It was established that tolerant to water deficiency triticale forms were characterized by increased salinity tolerance. Results of the analysis of dynamics of proline accumulation by progenies of R₀ plants regenerants obtained by cell selection reaffirmed preservation of increased level in next R₁ generation. In stress conditions R₁ plants for sure exceeded plants of initial genotypes by structural indicators of crop yield. Analyzed forms have shown significantly higher tolerance to abiotic stressors compared with plants of initial genotype which indicates the possibility of gene complex formation, responsible for increasing tolerance. By selection *in vitro* it is proved that using selective systems with low molecular mannitol it is possible to obtain plants that are tolerant to several abiotic stresses which cause dehydration tissues.

Key words: *Triticale, tolerance, abiotic stresses, cell selection*

**УСТОЙЧИВОСТЬ К АБИОТИЧЕСКИМ СТРЕССОРАМ
РАСТЕНИЙ R₁ ТРИТИКАЛЕ, ПОЛУЧЕННЫХ ПУТЕМ
КЛЕТОЧНОЙ СЕЛЕКЦИИ**

С. В. Пыкало¹, О. В. Дубровная²

¹*Мироновский институт пшеницы им. В. Н. Ремесло
Национальной академии аграрных наук Украины
(с. Центральное, Мироновский р-н, Киевская обл., Украина)
e-mail: pykserg@ukr.net*

²*Институт физиологии растений и генетики
Национальной академии наук Украины,
(Киев, Украина)*

Проанализирован уровень устойчивости к засолению и водному дефициту растений R₁ тритикале озимого, полученных путем клеточной селекции. Установлено, что устойчивые к водному дефициту формы тритикале характеризовались повышенной устойчивостью и к засолению. Результаты анализа динамики накопления пролина потомками растений-регенерантов R₀, полученных в результате клеточной селекции, подтвердили сохранение повышенного его содержания в следующем поколении R₁. В условиях стресса растения R₁ по структурным показателям урожая достоверно превышали растения исходных генотипов. Проанализированные формы имели значительно более высокую толерантность к абиотическим стрессорам по сравнению с растениями исходного генотипа, что свидетельствует о возможности образования генного комплекса, ответственного за повышение устойчивости. Доказано, что путем селекции *in vitro* с использованием селективной системы с низкомолекулярным маннитом можно получить растения, толерантные к нескольким абиотическим стрессорам, которые вызывают обезвоживание тканей.

Ключевые слова: *Triticale, устойчивость, абиотические стрессоры, клеточная селекция*