

Проучване на толерантността към засушаване на перспективни линии обикновена зимна пшеница чрез косвени физиологични методи

Радослав Чипилски*, Златина Ур

Институт по растителни генетични ресурси, Садово, ССА, бул. Дружба № 2, 4122 България

*E-mail: radotch@abv.bg

Резюме

В лабораторията по физиология на растенията на ИРГР - гр. Садово в периода 2017–2019 беше проучена реакцията към засушаване на 11 перспективни линии обикновена зимна пшеница. Линиите са създадени чрез метода на междусортовата хибридизация. За стандарт беше използван най-сухоустойчивия български сорт Катя, създаден в ИРГР - гр. Садово. Използвани са методи за косвена физиологична оценка на сухоустойчивост на кълнове и млади растения. Отчетени бяха данни за относително водно съдържание, суха маса и индекс на увреждане на клетъчни мембрани на листови клетки в два варианта на опита-контроли и засушени в продължение на 7 дни. Беше изчислена депресията в растежа на прорастъци и коренчета при условията на осмотичен стрес в три варианта – 0 М, 0.5 М и 1.0 М разтвор на захароза. Линиите МХ 270/71, МХ 271/294, МХ 265/654, МХ 268/1053 и МХ 268/1008 се характеризират с най-оптимално съчетание на стойности на физиологичните показатели, като по някои показатели надвишават стандарта Катя. Тези линии могат да бъдат определени като толерантни на засушаване. Водният дефицит предизвикван от осмотичния стрес влияе по-силно върху растежа на колеоптилите в сравнение с растежа на корените. От направения корелационен анализ се установи силна негативна връзка между относителното водно съдържание и индекса на увреждане на клетъчните мембрани при засушените образци. Силна и положителна е връзката между стойностите на депресия на колеоптили и корени при различните осмотични концентрации.

Ключови думи: обикновена зимна пшеница; косвени физиологични методи; осмотичен стрес; сухоустойчивост

Study of drought tolerance of modern line common winter wheat by indirect physiology methods

Radoslav Chipilski*, Zlatina Uhr

Institute of Plant Genetics Resources, Sadovo, AA, Druzhiba, 2, Str., 4122, Bulgaria

*E-mail: radotch@abv.bg

Citation

Chipulski, R., & Uhr, Zl. (2021). Study of drought tolerance of modern line common winter wheat by indirect physiology methods. *Rastenievadni nauki*, 58(4) 27-36 (Bg).

Abstract

Drought tolerance of 11 modern lines Bulgarian winter common wheat was investigated during two vegetation periods 2017-2019 in laboratory of the Plant Physiology. The lines were created by cross-variety. As a standard was used the most drought tolerance variety Katya. The germs and twenty days old seedlings were compared with each other based on the estimate on indirect physiology methods. The data were gathered and traced for relative water content, dry weight and injury index of cells membranes in both trial variants-control (irrigated) and unirrigated for 7 days. The growth depression seedling was evaluated by germ, cultivated in solution with

increased osmotic pressure as follows 0 atm, 12.23 atm and 24.45 atm. The lines MX 270/71, MX 271/294, MX 265/654, MX 268/1053 and MX 268/1008 were described as drought resistance. The water deficit obtained affects from applied osmotic stress suppresses to a great extent the growth of shoots compared to that of the root. From correlation analyzes was established strong negative dependence among relative water content and injury index in drought variant of trial. Strong positive dependence was established among both growth depression of shoot and root at various osmotic concentrations.

Key words: common winter wheat; indirect physiology methods; osmotic stress; drought resistance

ВЪВЕДЕНИЕ

Основната цел на всяка програма по селекция на пшеницата е създаване на сортове с висок продуктивен потенциал и едновременно с това устойчиви на биотични и абиотични стресови фактори (Rachovska et al., 2003; Tsenov et al., 2009). В предвид екстремно сухите климатични условия в района на ИРГР-Садово не случайно е, че именно тук са създадени голям брой сухоустойчиви и с екологическа пластичност сортове (Boyadjieva & Andonov, 2010). Идентифицирането на генотипи с различна по степен и механизъм на действие толерантност към засушаване включва различни методи – от физиологични до генетични маркери (Mascarelli et al., 2008; Aliyev, 2012; Khavarinejad & Karimov, 2012). Методът за измерването на колеоптила на обикновената зимна пшеница в условията на воден дефицит е разработен от Morgan (1988) и се основава на факта, че генотиповете, които имат по-добър потенциал за осморегулация са в състояние да поддържат по-добър тургор и свързаните с това физиологични процеси като поддържане на по-интензивно нарастване на клетките по време на воден дефицит. В много изследвания идентифицирането на толерантни и чувствителни форми се базира на измервания на някои физиологични параметри свързани с устойчивостта на суша (Bozhanova & Dechev, 2002; Bozhanova et al., 2010; Ganusheva et al., 2011). Генотипни различия в способността за осморегулация са докладвани при различни култури. Съществено вариране по този признак е наблюдавано при ечемик (Blum, 1989), пшеница (Blum et al., 1999;) и диви видове от сем. Житни (Uhr et al, 2007). При изследването на водообмена на растенията се използва параметърът относително водно съдържание (ОВС, %), който представлява максимума вода, която тъканите

имат възможност да задържат при дадено състояние на средата в зависимост от тяхната маса (Turner, 1981; Grace, 1997). Този показател има предимствата като прост, надежден и високо информативен параметър за тестване на водообмена на растенията (Dhanda & Sethi, 2002). Доказани са определени връзки между генотипа, относително водно съдържание и продуктивността на житните култури, поставени в условията на засушаване (Tahara et al., 1990; Lilley, 1996). Изтичането на субстанции от растителните тъкани потопени в разтвор широко се използва за измерване на мембранната цялост и съответно пропускливост при изследване на различни стресови условия. Във връзка с това степента на стабилност на клетъчните мембрани се счита за един от най-добрите физиологични индикатори за стрес предизвикан от засушаване. (Premachandra et al., 1992; Garty et al. 2000; Saltveit & Nepler, 2004).

Целта на настоящото изследване е да се оценят напреднали селекционни обикновена зимна пшеница по толерантността на засушаване и осмотичен стрес чрез използването на косвени физиологични методи.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

Изследването е проведено в ИРГР ”К. Малков” – гр. Садово, през две реколтни години 2012/2013 и 2013/2014 г. В експеримента участваха 11 перспективни линии обикновена зимна пшеница, създадени по метода на междусортовата хибридизация, и стандартния сорт Катя (Таблица 1). Изследваните линии са показали високи стойности за показателите, характеризиращи технологичните показатели и добив. Използваха се листа от 20 дневни растения, отглеждани при условия на нормална и

Таблица 1. Произход на изследваните линии
Table 1. Origin of tested breeding lines

N	breeding line	crossing
1	MX 270/27	♀ Fermer x ♂ Prelom
2	MX 270/33	♀ Fermer x ♂ Prelom
3	MX 270/50	♀ Fermer x ♂ Prelom
4	MX 270/71	♀ Fermer x ♂ Prelom
5	MX 271/128	♀ Yoana x ♂ Prelom
6	MX 271/142	♀ Yoana x ♂ Prelom
7	MX 271/294	♀ Yoana x ♂ Prelom
8	MX 271/348	♀ Yoana x ♂ Prelom
9	MX 265/654	♀ Panaceya x ♂ Prelom
10	MX 268/1008/Sashec/	♀ Fermer x ♂ Yunak
11	MX 268/1053	♀ Fermer x ♂ Yunak

ограничена водообезпеченост, и седемдневни кълнове.

Осъществиха се следните лабораторно-аналитични и лабораторни методи на оценка на сухоустойчивост:

1. Определяне на относителното водно съдържание (OBC, RWC) и абсолютно сухо тегло на листа (ACT, DW) - Turner (1981)

Относителното водно съдържание се определя в проценти по формулата:

$$RWC(\%) = \frac{W_1 - W_0}{W_2 - W_0} \times 100,$$

където

W_1 – първоначално тегло на листата (g); W_2 – тегло на листата при пълен тургор (g); W_3 – абсолютно сухо тегло на листата след сушенето им на 105 °C за 8 h (g)

2. Определяне на индекса на увреждане (Id, %) в листа от засушени 20 дневни растения чрез кондуктометрия (Blum & Ebercon, 1981; Premachandra et al., 1992)

Нарязват се 20 листни сегмента с дължина 2 cm от засушаваните и поливаните (контролни) растения, след което се потапят в 20 ml дестилирана вода за 24 часа при стайна температура. Електричната проводимост на разтвора, в който са престояли сегментите, се определя от кондуктометър HANNA, модел HI 98129 преди и след 15 min. оставени във вряла вода. От тези стойности се изчислява индекса на увреждане, който представлява относителния дял на увредените части на клетките, предимно мембрани:

$Id, \% = [1 - (1-T1/T2)/(1-C1/C2)] \times 100$, където $T1$ и $T2$ са стойностите, отчетени съответно преди и след автоклавиране за засушените растения, а $C1$ и $C2$ са съответните стойност за контролните (поливаните) растения

3. Определяне реакцията на корени и прорастващи на кълнове, подложени на осмотичен стрес - Семената се оставят да прораснат в петрита с филтърна хартия за 72 часа на температура 25.0 °C в термостат. След прорастването кълновете на всеки образец бяха оставени за 48 часа в три варианта на осмотично налягане, както следва:

1. Контрола – дестилирана вода
2. Умерен осмотичен стрес- 0.5 M разтвор на захароза-12.23 atm.
3. Силен осмотичен стрес- 1.0 M разтвор на захароза-24.45 atm.

Осмотичното налягане на разтвора на захароза се изчисли според Todd Helmenstine (<http://chemistry.about.com/od/workedchemistryproblems/a/Osmotic-Pressure-Example.htm>).

Биметричните измервания на кълновете се извършиха в мерни единици cm, след което се изчисли коефициента на депресия (CD) по Blum et al. (1980)

$$CD(\%) = \frac{A - B}{A} \times 100$$

където:

A – средна дължина на корен/ колеоптил на контролите, cm

B – средна дължина на корен/ колеоптил на опитните варианти, cm

Статистическата обработка на данните включва дисперсионен, корелационен, регресионен анализ и T-тест за доказване на разлики в средните стойности между стандарта Катя и линиите обикновена зимна пшеница (Lidanski, 1988). Статистическите анализи са извършени с помощта на програми SPSS 13.0 и Statistica 10.

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

В Таблица 2 са представени резултатите от извършените физиологични методи на оценка и отчетената абсолютно сухо тегло на листата. Сравнителният анализ на данните за OBC на засушените растения показват, че линиите MX

270/71, MX 268/1053 и MX 271/294 превъзхождат доказано стандарта Катя, както по стойност на ОВС, така и по процентното съотношение засушени към контроли. Най-чувствителна реакция към приложеното засушаване проявяват линиите MX 270/33, MX 270/50 и MX 271/128. Стойностите им по този показател са по-ниски от тези на стандартния сорт Катя. Получените резултати показват, че общата реакция на линиите към продължилото седем дни засушаване (52.9 % от контролата) се равнява на силен по сила стрес, допринасящ за по-точна оценка на селекционните материали и потвърждават изследванията на Kocheva et al. (2009).

С най-нисък индекс на увреждане на клетъчните мембрани (от 6.09% до 12.20%) са линиите MX 265/654, MX 268/1008, MX 268/1053 и MX 271/142. Стойността на MX 271/294 е близка до тази на сорт Катя. При линиите MX 268/1053 и MX 271/294 се установи най-високо ОВС и най-нисък индекс на увреждане. При линиите MX

270/33 и MX 270/50 се открии обратната зависимост. За такава зависимост при изследване на толерантност към суша на образци обикновена зимна пшеница докладват Kocheva et al. (2004) и Tas & Tas (2007).

Паралелно с това е отчетен показателят абсолютно сухо тегло. При незасушените растения най-силна степен на натрупване на сухо вещество се отчете за линия MX 270/33, която е със значима статистическа разлика до 5% от стандарта Катя. При засушените растения се установи натрупване с 16.8% по-малко биомаса и по-силно вариране на този показател. Само две линии MX 271/142 и MX 268/1008 имат доказано по-високо АСТ от стандарта Катя и успоредно с това процента им на редукция е по-нисък от стандарта.

От направения двуфакторен дисперсионен анализ (Таблицы 3 и 4) се установи, че варирането на стойностите на показателите ОВС и АСТ се дължи достоверно на нивото на водообезпе-

Таблица 2. Средни стойности на физиологичните и морфофизиологични показатели за периода 2017- 2019
Table 2. Mean value of physiology and morphophysiology indices during period 2017-2019

breeding line	RWC % control	RWC % drought stress	% of control	DW mg control	DW mg drought stress	% of control	Id %
Katya-St	96.1	51.9	54.0	66.0	55.0	83.3	22.53
MX 270/27	95.2	49.2 ns	51.7	63.0	57.0 ns	90.5	27.45
MX 270/33	95.8	36.6 ---	38.2	71.0	53.0 ns	74.6	55.49
MX 270/50	95.6	43.1 ---	45.1	61.0	49.0 --	80.3	40.15
MX 270/71	96.7	58.3 ***	60.3	62.0	53.0 ns	85.5	34.09
MX 271/128	93.3	42.8 ---	45.9	61.0	47.0 --	77.0	34.17
MX 271/142	95.8	47.4 ---	49.5	67.0	61.0 **	91.0	10.82
MX 271/294	93.7	55.1 **	58.8	47.0	38.0---	80.9	20.77
MX 271/348	95.3	48.4 --	50.8	51.0	47.0---	92.2	33.15
MX 265/654	96.7	54.1 ns	55.9	53.0	41.0 ---	77.4	6.09
MX 268/1008	96.7	52.2 ns	54.0	68.0	60.0*	88.2	10.72
MX 268/1053	96.1	67.5 ***	70.2	50.0	45.0 ---	90.0	12.20
mean value	95.6	50.6	52.9	60.0	50.5	84.2	25.6
LSD genotype	5%=2.28 1%=3.09 0.1%=4.14	-	-	5%=4.04 1%=5.48 0.1%=7.33	-	-	-
LSD rate of irrigation	5%=0.93 1%=1.26 0.1%=1.69	-	-	5%=1.65 1%=2.24 0.1%=2.99	-	-	-
LSD interaction	5%=3.23 1%=4.37 0.1%=3.75	-	-	5%=5.71 1%=7.74 0.1%=10.37	-	-	-

Таблица 3. Анализ на варирането за показател относително водно съдържание (OBC)**Table 3.** Analysis of variance for relative water content (RWC)

source of variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit	η
rate of irrigation	24226.26	1	24226.26	9916.5***	6.33E-33	4.26	94.13
genotype	771.68	11	70.15	28.7***	3.88E-11	2.22	2.99
interaction	679.55	11	61.78	25.3***	1.53E-10	2.22	2.64
error	58.63	24	2.44				0.22
Total	25736.12	47					

***significance difference at 0.1 %

Таблица 4. Анализ на варирането за показател абсолютно сухо тегло (AST)**Table 4.** Analysis of variance for dry weight (DW)

source of variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit	η
rate of irrigation	1083	1	1083.00	141.26***	1.52E-11	4.26	28.5
genotype	2341	11	212.82	27.75**	5.6E-11	2.22	61.7
interaction	185	11	16.82	2.19 n.s.	0.05	2.22	4.87
error	184	24	7.67				4.85
Total	3793	47					

n.s.- незначителна разлика ; ** значителна разлика до 1.0 %; *** значителна разлика до 0.1%
n.s- no significance difference; ** significance difference at 1.0 %; *** significance difference at 0.1

ченост, генотипа и взаимодействието между тях. Взаимодействието генотип-варианти на водообезпечаване не е статистически доказано при показател АСТ, но F-критично и F-опитно имат почти равни стойности 2.19 и 2.22 (Таблица 4).

В таблици 5 и 6 са представени дължините на коренчетата и колеоптили на кълнове от линиите, изследвани при три варианта на осмотичен стрес. Установи се, че средната дължина на коренчета е по-голяма от дължината на колеоптилите, а стойността на депресията им спрямо контролата е по-малка. При изследване на образци твърда пшеница *Triticum durum* Defs, Bozhanova et al., 2005 и Marcheva et al., 2013 отчитат по-ниска депресия при корените в сравнение с колеоптилите. Докато Bozhanova & Hadzhiivanova (2010) и Ganusheva et al. (2011) получават обратната зависимост при изледване на образци *Aegilops and Echemik (Hordeum)*.

При зародишните коренчета е налице най-слаба растежна реакция на стандарта Катя. Най-слабо изразена е тя при контролите и при вариант 1.0 М осмотичен стрес (Таблица 5). С най-голяма дължина на корените при двата опитни

варианта са линиите МХ 271/294 и МХ 271/348. Стандартният сорт Катя по отношение на стойността на редуцията в дължината на коренчетата е с най-добри показатели и при двата опитни варианта. С близки стойности по този показател до тези на сорт Катя са линиите МХ 271/294 МХ 271/348. Този факт потвърждава тяхната стабилност на осмотичен стрес.

На таблица 5 са дадени растежните характеристики на колеоптилите. При линиите МХ 268/1008, МХ 268/1053 и МХ 270/33, поставени при по-слабия осмотичен стрес - 0.5 М, е ясно изразена чувствителна реакция доказано значима спрямо стандарта. Тези линии показват и най-висока депресия в растежа при вариант 0.5 М и слабо вариране в дължината на колеоптилите при останалите линии. При по-високата осмотична концентрация три линии, МХ 270/71, МХ 271/294 и МХ 265/654 са с доказано значимо поинтензивен растеж от стандарта. Същите линии имат и най-ниска депресия на растежа. При колеоптилите е по-силно изразена отрицателната зависимост между сила на растеж и депресия в сравнение с корените.

Таблица 5. Степен на растежа и стойност на депресията в растежа на корените**Table 5.** Rate of growth and depression in roots growth

N	breeding line	length cm control	length cm 0.5 M	Depression % 0.5 M	length cm 1.0 M	Depression % 1.0 M
	Katya-St	7.71	5.57	27.8	4.64	39.8
1	MX 270/27	9.80**	5.74 n.s.	41.4	5.31*	45.8
2	MX 270/33	11.33***	5.94 n.s.	47.6	5.85***	48.4
3	MX 270/50	11.74***	6.27 n.s.	46.6	5.58*	52.5
4	MX 270/71	10.91***	6.45*	40.9	6.2***	43.2
5	MX 271/128	11.31***	6.42*	43.2	5.97**	47.2
6	MX 271/142	11.84***	6.8**	42.6	5.78***	51.2
7	MX 271/294	10.26*	7.36***	28.3	6.03***	41.2
8	MX 271/348	11.13***	7.20***	35.3	6.65***	40.3
9	MX 265/654	10.59***	5.99 n.s.	43.4	5.53***	47.8
10	MX 268/1008	10.79***	5.57 n.s.	48.4	5.53***	48.7
11	MX 268/1053	10.36***	5.73 n.s.	44.7	5.05 n.s.	51.3
	mean value	10.65	6.25	40.84	5.68	47.04

n.s- no significance difference; ** significance difference at 1.0 %; *** significance difference at 0.1 %

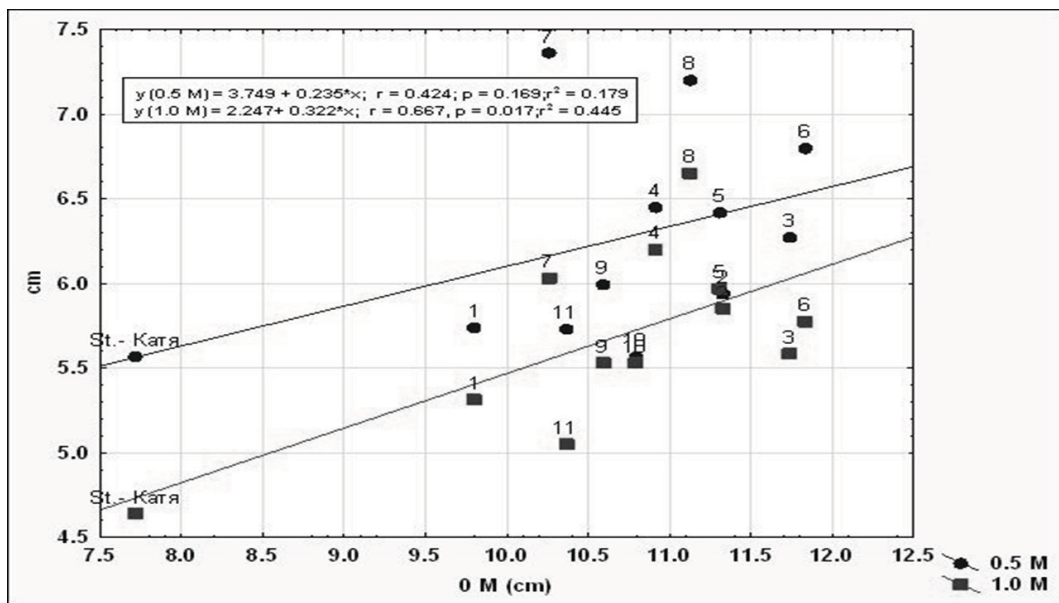
Таблица 6. Степен на растежа и стойност на депресията в растежа на колеоптилите**Table 6.** Rate of growth and depression in coleoptile growth

N	Breeding line	length cm control	length cm 0.5 M	depression % 0.5 M	length cm 1.0 M	Depression % 1.0 M
	Katya -St	7.23	4.02	44.2	3.41	52.7
1	MX 270/27	7.09 n.s.	3.82 n.s.	46.1	3.39 n.s.	52.2
2	MX 270/33	6.68 n.s.	3.26 - - -	51.2	3.26 n.s.	51.2
3	MX 270/50	7.85*	3.91 n.s.	50.2	3.75 n.s.	52.2
4	MX 270/71	7.19 n.s.	4.25 n.s.	40.9	4.15**	42.3
5	MX 271/128	8.36**	4.34 n.s.	48.1	3.81 n.s.	54.4
6	MX 271/142	7.69 n.s.	4.15 n.s.	46.0	3.46 n.s.	55.0
7	MX 271/294	7.96*	4.41 n.s.	44.6	4.01*	49.6
8	MX 271/348	8.27*	4.17 n.s.	49.6	3.49 n.s.	57.8
9	MX 265/654	8.42**	4.25 n.s.	49.5	3.97*	52.9
10	MX 268/1008	7.91*	3.31- - -	58.2	3.29 n.s.	58.4
11	MX 268/1053	7.18 n.s.	3.37 - - -	53.1	3.25 n.s.	54.7
	mean value	7.65	3.94	48.47	3.60	52.78

n.s- no significance difference; ** significance difference at 1.0 %; *** significance difference at 0.1 %

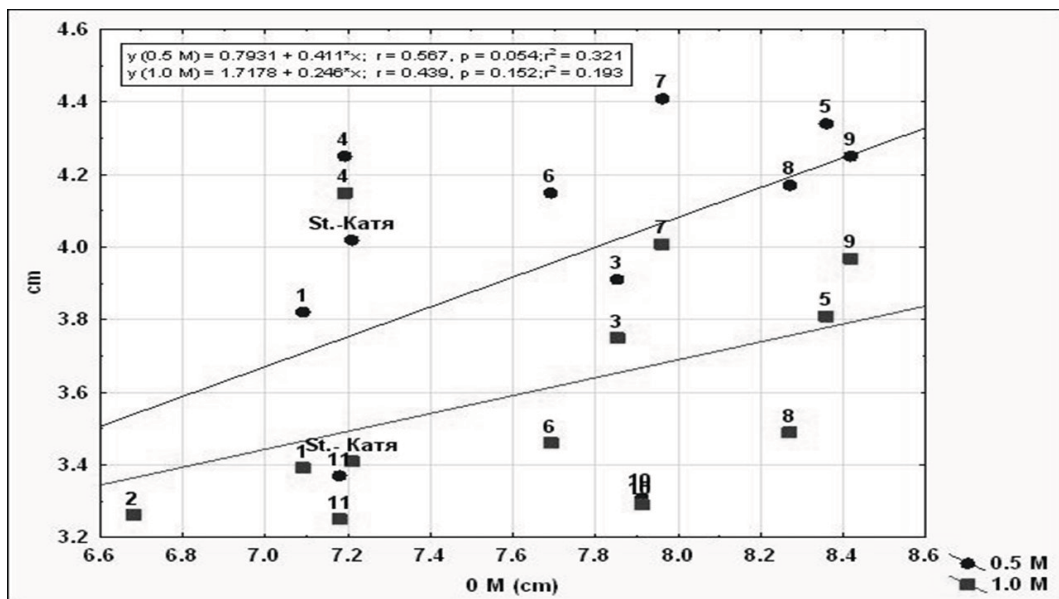
На фигури 1 и 2 са построени диаграми на разсейване на стойностите на дължините на корени (Фигура 1) и колеоптили (Фигура 2). За независима променлива сме приели дължината на контролния вариант. При корените ъгло-

вият коефициент b на регресионното уравнение и при двата варианта на стрес е положителен, но доказан значимо само при по високата концентрация. Изчислените регресии на колеоптилите са също с положителен ъглов



Фигура 1. Регресионна зависимост между дължината на корените при контролата и дължината на корените при двата варианта на осмотичен стрес

Figure 1. Regression dependence between roots length in control and roots length in two variants of osmotic stress



Фигура 2. Регресионна зависимост между дължината на колеоптилите при контролата и дължината на корените при двата варианта на осмотичен стрес

Figure 2. Regression dependence between shoot length in control and shoot length in two variants of osmotic stress

коэффициент b , но доказаността не е значима. Въпреки липсата на доказаност на повечето регресионни уравнения анализът показва по-

ложителната връзка в растежните характеристики на изследваните генотипи при различните варианти на опита.

В Таблица 7 могат да се проследят корелационните зависимости между различните показатели на оценка на сухоустойчивост. Установи се средна по сила и доказана до 5% отрицателна зависимост между ОВС на засушени растения и индекс на увреждане. Взаимодействието ОВС на засушените растения със стойностите на депресия на колеоптилите и коренчетата е отрицателно. Наблюдава се еднопосочност в реакцията на засушените растения по този показател, което е в съгласие с изследванията на Almeselmani et al. (2011). Както очаквахме, се получиха силни положителни доказани корелационни връзки при взаимодействията депресия колеоптили при различни осмотични концентрации и депресия в растежа на корени при различни осмотични концентрации. Средна по сила положителна връзка се установи при депресията корени /колеоптили при условия на 0,5 моларен разтвор на захароза. Подобни резултати получихме и при изследване толерантността към осмотичен стрес на образци

обикновена зимна пшеница и образци лимец (Chipilski et al., 2014; Chipilski et al., 2014).

Двуфакторният дисперсионен анализ за депресията на корените (Таблица 8) и депресията на колеоптилите (Таблица 9) показва значимо вариране на елементите (варианти с различна степен на водообезпечаване, генотип и тяхното взаимодействие). Взаимодействието генотип-варианти на водообезпечаване при депресия на колеоптилите е статистически недоказано, но F критично и F опитно имат почти равни стойности 2.17 и 2.22 (Таблица 9). Най-голяма е влиянието на генотипите (над 60 %) и затова те реагират по-различен начин на условията на осмотичен стрес.

ИЗВОДИ

1. Линиите МХ 270/71, МХ 271/294, МХ 265/654, МХ 268/1053 и МХ 268/1008 се харак-

Таблица 7. Корелационен анализ между физиологичните, морфофизиологичните показатели и стойностите на депресията в растежа на колеоптили и коренчета

Table 7. Correlation analysis between physiology, morphophysiology indices and depression in shoot/ roots growth

Indices	RWC control	RWC drought stress	derpersion of shoot 0.5 M	derpersion of shoot 1.0 M	derpersion of roots 0.5 M	derpersion of roots 1.0 M	injury index	DW control	DW drought stress
RWC control	1	0.289	0.064	-0.059	0.025	-0.024	-0.263	0.358	0.436*
RWC drought stress		1	-0.061	-0.153	-0.228	-0.122	-0.655*	-0.562*	-0.262
derpersion of shoot 0.5 M			1	0.721**	0.613*	0.528	-0.157	0.095	0.072
derpersion of shoot 1.0 M				1	0.177	0.239	-0.331	0.009	0.142
derpersion of root s 0.5 M					1	0.845**	0.114	0.402*	0.302
derpersion of root s 1.0 M						1	-0.101	0.266	0.212
Injury index							1	0.304	0.011
DW control								1	0.852**
DW drought stress									1

** significance difference at 5.0 %; *** significance difference at 1.0 %

Таблица 8. Анализ на варирането за показател депресия растежа на корените**Table 8.** Analysis of variance for the growth roots depression

source of variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit	η
rate of irrigation	376.10	1	376.10	87.42***	1.8E-09	4.26	19.2
genotype	1305.05	11	118.64	27.58***	6.01E-11	2.22	66.7
interaction	171.89	11	15.63	3.63**	0.003	2.22	8.78
error	103.25	24	4.30				5.27
Total	1956.285	47					

** significance difference at 1.0 %; *** significance difference at 0.1 %

Таблица 9. Анализ на варирането за показател депресия в растежа на колеоптилите**Table 9.** Analysis of variance for the coleoptiles growth depression

source of variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit	η
rate of irrigation	232.50	1	232.50	48.24***	3.5E-07	4.26	19.73
genotype	715.05	11	65.00	13.49***	9.77E-08	2.22	60.68
interaction	115.14	11	10.47	2.17 n.s.	0.054	2.22	9.77
error	115.67	24	4.82				9.82
Total	1178.34	47					

n.s- no significance difference; ** significance difference at 1.0 %; *** significance difference at 0.1 %

теризират с най-оптимално съчетание на стойности на физиологичните показатели, като по някои показатели надвишават стандарта Катя. Тези линии могат да определят като толерантни на засушаване.

2. От направения корелационен анализ се установи силна негативна връзка между относителното водно съдържание и индекса на увреждане на клетъчните мембрани при засушените образци.

3. Силна и положителна е връзката между стойностите на депресия на колеоптили и корени при различните осмотични концентрации.

4. Водният дефицит, предизвикван от осмотичния стрес влияе по-силно върху растежа на колеоптилите в сравнение с растежа на корените.

ЛИТЕРАТУРА

- Aliyev, J. A. (2012). Physiological and molecular bases of drought tolerance in wheat (*Triticum* L.) genotypes. Drought: new research. 47-96.
- Almeselmani, M., Abdullah, F. Hareri, F. Naeesan, M. Ammar, M. ZuherKanbar, O. & Saud, A. (2011). Effect of drought on different physiological characters and yield component in different varieties of syrian durum wheat. *Journal of Agricultural Science*, 3(3), 127-133.
- Boydajieva, D. & Andonov, B. (2010). Selection efficiency of morphological and physiological parameters of *T. aestivum* L. in dry climatic conditions. *Bulgarian Journal of Agriculture Sciences*, 16, 539-546.
- Bozhanova, V. & Dechev, D. (2002). Assessment of tissue culture derived durum wheat lines for somaclonal variation. *Cereal Research Communications*, 30, 277-285.
- Bozhanova, V., Dechev, D. & Yanev, S. (2005). Tolerance to osmotic stress in genotypes of durum wheat. *Izsledvaniya varhu polskite kulturi*, 2(1), 38-44 (Bg).
- Bozhanova, V. & Hadzhiivanova, B. (2010). Osmotic adjustment ability in durum wheat. Distant species and their hybrids. *Agricultural Sciences*, 2 (4), 65-68 (Bg).
- Blum, A., Zhang J. & Nguyen, H.T. (1999). Consistent differences among wheat cultivars in osmotic adjustment and their relationship to plant production. *Field Crops Research*, 64, 287-291.
- Blum, A. (1989). Osmotic adjustment and growth of barley genotypes under drought stress. *Crop Sciences*, 29: 230 – 233.
- Blum, A. & Ebercon, A. (1981). Cell membrane stability as a measure of drought and heat tolerance in wheat, *Crop Sciences*, 21, 43– 47.
- Blum, A., Sinmena, B. & Ziv, O. (1980). An evaluation of seed and seedling drought tolerance screening tests in wheat. *Euphytica*, 29 (3), 727-736.

- Chipilski, R., Desheva, G. & Kyosev, B.** (2014). Evaluation of tolerance to osmotic stress of winter bread wheat genotypes using indirect physiological method, *Emirates Journal of Food Agriculture*, 26 (9), 800-806.
- Chipilski, R., Kyosev, B. & Desheva, G.** (2014). Evaluation of tolerance to osmotic stress of emmer genotypes (*triticum dicoccon* schrank) using indirect physiological method. *Genetics and Plant Physiology*, 4 (3-4), 182-190.
- Ganusheva, N., Vasileva, S. & Andonova, M.** (2011). Investigation of drought resistance of perspective lines two row barley. *Field Crops Studies*, 7 (2), 269-274.
- Dhanda, S.S. & Sethi, G.S.** (2002). Tolerance to drought stress among selected Indian wheat cultivars *Journal of Agricultural Science*, 139, 319-326.
- Garty, J., Weissman, L., Tamir, O., Beer, S., Cohen, Y., Karnieli, A. & Orlovsky, L.** (2000). Comparison of five physiological parameters to assess the vitality of the lichen *Ramalina lacera* exposed to air pollution. *Physiologia Plantarum*, 109, 410-418.
- Grace, J.** (1997). Plant water relations- In: MJ Crawley (Ed.) *Plant Ecology*. Blackwell Publ., 28-55.
- Khavarinejad, M. S. & Karimov, M.** (2012). Evaluation of agronomic and morphological traits of spring bread wheat genotypes in normal and drought conditions. *International Journal of Agronomy and Plant Production*, 3 (2), 66-72.
- Kocheva, K., Lambrev, P., Georgiev, G., Goltsev, V. & Karabaliev, M.** (2004) Evaluation of chlorophyll fluorescence and membrane injury in the leaves of barley cultivars under osmotic stress. *Bioelectrochemistry*, 63, 121- 124.
- Kocheva, K., Kartseva, T., Landjeva, S. & Georgiev, G.** (2009). Parameters of cell membrane stability and levels of oxidative stress in leaves of wheat seedlings treated with PEG6000. *General and Applied Plant Physiology*, 35 (3-4), 127-133.
- Lidanski, T.** (1988). *Statistical methods in the biology and in the agriculture*. Zemizdat, Sofia.
- Lilley, J.M., & Ludlow, M.M.** (1996). Expression of osmotic adjustment and dehydration tolerance in diverse rice lines. *Field Crops Research*, 48, 185-197
- Maccaferri, M., Sanguineti, M. C., Corneti, S., Ortega, J. L., Salem, M. B., Bort, J., DeAmbrogio, E., del Moral, L. F., Demontis, A., El-Ahmed, A., Maalouf, F., Machlab, H., Martos, V., Moragues, M., Motawaj, J., Nachit, M., Nserallah, N., Ouabbou, H., Royo, C., Slama, A. & Tuberosa, R.** (2008). Quantitative trait loci for grain yield and adaptation of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) across a wide range of water availability. *Genetics*, 178(1), 489-511. <https://doi.org/10.1534/genetics.107.077297>
- Marcheva, M., Popova, Z., & Vassileva, S.** (2013). Assessment of the osmotic stress reaction of Bulgarian durum wheat landraces (*Triticum durum* Desf.). *Agricultural Sciences*, 4(12), 31-37 (Bg).
- Morgan, J. M.** (1988). The use of coleoptile responses to water stress to differentiate wheat genotypes for osmoregulation, growth and yield. *Annals of Botany*. 62, 193-198.
- Premachandra, GS., Saneoka, H., Fujita, K. & Ogata, S.** (1992). Leaf water relations, osmotic adjustment, cell membrane stability, epicuticular wax load and growth as affected by increasing water deficits in sorghum. *Journal of experimental Botany*, 43, 1569-1576.
- Rachovska, G., Bozhinov, B. & D. Dimova, D.** (2003). Yield and stability evaluation of mutant forms winter bread wheat. Collection of the reports "120 years plant science in Sadovo", 3, 64-67 (Bg)
- Saltveit, M. & Hepler P.K.** (2004). Effect of heat shock on the chilling sensitivity of trichomes and petioles of African violet (*Saintpaulia ionantha*). *Physiologia Plantarum*, 121, 35-43
- Todd Helmenstine.** Osmotic Pressure Example. Calculating Osmotic Pressure Example Problem. (<http://chemistry.about.com/od/workedchemistryproblems/a/Osmotic-Pressure-Example.htm>).
- Tahara, M., Carver, F., Johnson, C. & Smith, L.** (1990). Relationship between relative water content during reproductive development and winter wheat grain yield. *Euphytica*, 49, 255-262.
- Tas, S., & Tas, B.** (2007) Some physiological responses to drought stress in wheat genotypes with different ploidity in turkiye. *Word journal of agriculture sciences*, 3 (2), 178-183.
- Tsenov, N., Kostov, K., Todorov, I., Panayotov, I., Stoeva, I., Atanasova, D., Mankovsky, I & Chamurliysky, P.** (2009). Problems, achievements and prospects in breeding for grain productivity of winter wheat. *Field Crops Studies*, V (2), 261-273.
- Turner, N.C.** (1981). Techniques and experimental approaches for the measurement of plant water status. *Plant and Soil*, 58, 339-366.
- Uhr, Z., Bozhanova, V. & Hadjiivanova, B.,** (2007). Evaluation of Gramineae species to osmotic stress. In: International scientific conference, Plant Genetic Stocks-the basis of agriculture of today, 13-14 June 2007, Sadovo, Bulgaria, 2-3, 231-234 (Bg)