

Chipilski, R., Kocheva, K. & Georgiev, G. (2017). Growth reaction of seedlings of common winter wheat varieties to solutions of different osmotic pressures. *Rasteniadvni nauki (Bulgarian Journal of Crop Science)*, 54(1), 15–29 (Bg).

Растежна реакция на прорастъци от сортове обикновена зимна пшеница към разтвори с различно осмотично налягане

Радослав Чипилски^{1a}, Константина Кочева^{2b}, Георги Георгиев^{2c}

¹Институт по растителни генетични ресурси „Констатин Малков” – Садово, ССА

²Институт по физиология на растенията и генетика – София, БАН

^ae-mail: radotch@abv.bg (Corresponding author)

^be-mail: konstvk@abv.bg

^ce-mail: georgigeorgiev49@abv.bg

Резюме

Растежната активност на петдневни прорастъци от обикновена зимна пшеница в условия на осмотичен стрес, е оценявана по натрупана биомаса, депресия на растежа, индекс на увреждане и оводненост. Използвани са семена от българските сортове Катя, Гинес, Гея-1 и Ники от три вегетационни години 2012-2014 г. Кълновете са подлагани на осмотичен стрес за 48 часа в термостат с разтвори на захароза с воден потенциал от -0.55 и -1.33 МРа. Беше установено, че след стреса при сортовете Гинес и Гея-1 свежата и сухата маса на колеоптила е по-голяма и се повлиява по-слабо негативно в сравнение със свежата и сухата маса при сорт Ники, като при Гинес и Гея-1 дължината на колеоптила е по-голяма от тази при Ники. Катя и Гинес показват по-висока оводненост на колеоптила при умерен стрес от -0.55 МРа, което корелира с депресията на растежа на органа. Силният воден стрес от -1.33 МРа предизвиква еднаква депресия на растежа на органите без разлика между сортовете. Най-чувствителен към умерен и силен воден стрес по тези показатели е сорт Ники. Кривите на регресионните зависимости между сухата маса и оводнеността на колеоптила и сухата маса и коефициента на депресия при умерен стрес доказват, че сортовете Катя, Гинес и Гея-1 притежават адаптивни механизми към стреса, за разлика от сорт Ники.

Ключови думи: обикновена зимна пшеница; прорастъци; осмотичен стрес; индекс на увреждане

Growth reaction of seedlings of common winter wheat varieties to solutions of different osmotic pressures

Radoslav Chipilski^{1a}, Konstantina Kocheva^{2b}, Georgi Georgiev^{2c}

¹Institute of Plant Genetic Resources, Sadovo, Agricultural Academy, Bulgaria

²Institute of Plant Physiology and Genetics, Sofia, Bulgarian Academy of Sciences

^ae-mail: radotch@abv.bg (Corresponding author)

^be-mail: konstvk@abv.bg

^ce-mail: georgigeorgiev49@abv.bg

Abstract

Growth activity of 5-days-old seedlings of common winter wheat varieties grown on conditions of osmotic stress was evaluated on the basis of accumulated biomass, growth depression, injury index and water content. Seeds of Bulgarian varieties Katya, Gines, Geya-1 and Nikki from three vegetation years 2012-2014 were used.

Seedlings were subjected to osmotic stress for 48 hours in thermostat by sucrose solutions with water potentials of -0.55 and -1.33 MPa. It was found that in the varieties Gines and Geya-1 the coleoptile fresh and dry mass were less negatively affected by the applied stress than in the variety Nikki, and in Gines and Geya-1 the coleoptile length was bigger than in Nikki. Katya and Gines showed higher water content of shoot under moderate stress (-0.55 MPa) which correlates with depression in organ growth. The severe water stress of -1.33 MPa induced similar depression in organ growth with no varietal differences. Based on these parameters, it was estimated that Nikki was most sensitive to mild and severe water stress compared with the studied varieties. Regression correlation curves of shoot dry mass and water content and dry mass and depression coefficient under moderate stress for Katya, Gines and Geya-1 proved that these varieties possessed adaptive mechanisms towards stress unlike Nikki.

Key words: common winter wheat; seedlings; osmotic stress; injury index

Известно е, че покълването и ранното развитие на растенията много често протича при неблагоприятни условия на средата, най-вече при неблагоприятен воден режим. В тази ранна фаза пшеничните растения, засявани през есента, почти винаги са подложени на воден дефицит поради засушаване (ADSS, 2012; Tonev et al., 2008; Dreccer et al., 2004). Този процес влияе често и върху крайната продуктивност на посева. Ето защо оценката на реакцията на семената и ранното развитие на прорастъка от даден сорт към засушаване, е важен етап от определяне на общата му толерантност към засушаване. Информацията за растежната реакция на генотиповете, отглеждани при осмотичен стрес, би имала и практическа стойност при райониране или определяне на посевни норми на сорта (Georgiev and Valchev, 1990, 1991; Zarei et al., 2007). За оценка на покълването и развитието на прорастъците при засушаване най-често се използват физиологични лабораторни подходи (Szilagyí, 2003; Vasilev et al., 2010). Основни изисквания към приложимостта на такива методи са бързина, лесно изпълнение и достатъчна точност, които позволяват оценка на голям брой образци от различни генотипове за кратко време (Gavuzzi et al., 1997; Valchev, 2007; Aliyev, 2012). Най-често използваните методи са свързани с характеристика на водообмена при стрес чрез параметъра относително водно съдържание - RWC (Turner, 1981; Kocheva et al., 2005), характеристика на депресията в растежа на прорастъци (D, %) (Blum et al., 1980; Bozhanova, 1997), характеризирани на индекса на увреждане на клетъчната мембрана (Id, %) (Blum and

Ebercon, 1981; Premachandra et al., 1992, Kocheva et al., 2005).

Показателят депресия на растежа отчита промените в дължината на органите при стрес и е индикатор за толерантността на генотиповете към засушаване в началните фази на развитие на растенията. Освен това той се използва и за характеризирани на способността на генотиповете за регулиране на осмотичното налягане при воден дефицит, настъпващ и в по-късни фази на развитие на растенията (Todorovska et al., 2014). Способността за осморегулация е един от най-важните адаптационни механизми, чрез които се избягва дехидратирането на клетките и намаляването на добива (Blum, 2005). При пшеницата е установено, че този признак е генетично обусловен (Morgan and Tan, 1996; Bozhanova and Dechev, 2010). А изследванията на Vaisi and Farshadfar (2011) показват, че локуси за количествени признаци (QTL), свързани с растежни реакции на кълновете към засушаване, корелират с толерантността на генотиповете към засушаване и при полски условия.

Целта на настоящото изследване е да се сравнят реакциите към осмотичен стрес на прорастъци от няколко сорта обикновена пшеница чрез различни методи. Измервани са състоянието на водообмена, натрупването на биомаса в колеоптила, депресията в нарастването на колеоптила и коренчето и индекса на увреждане при няколко нива на воден дефицит, индуциран чрез различни концентрации на разтвори със захароза. Въз основа на сравнителното изследване се очаква да бъде оценена възможността за използване на косвения лабораторен метод, измерващ

депресията в растежа на прорастъците при осмотичен стрес в комбинация с останалите използвани тук методи за по-ефективна оценка на толерантността към засушаване при обикновената зимна пшеница.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

Проучването е извършено в ИРГР - Садово през три вегетационни сезона 2012-2014 година, като данните от опитите са дадени като средна стойност на параметъра, получен от средните измервания за всяка от изследваните години. Използвани са семена от сортовете Катя, Гинес, Гей-1 и Ники, създадени в ИРГР - Садово. В сравнителното изследване е използван сорт Катя като стандарт. Той е създаден през 1983 година от кръстоската Хеброс x Безостая 1 и се счита за най-сухоустойчивия сорт в България. Семената са взети от полски опити с рандомизирано подредени парцелки по 10 m², изпълнени по стандартна методика на залагане и агротехника. Средните стойности за лабораторните измервания от опитите със семена за отделните години не се различават съществено, поради което не са обявени в изследването.

Опитната постановка за отглеждане на кълновете и изпитване влиянието на водния стрес е базирана на стандартизирана методика (Bozhanova, 1997; Bozhanova and Dechev; 2010). Използвани са партиди семена от всеки вегетационен сезон за изследваните генотипове. Семената са поставяни за покълване в петриевы блюда върху филтърна хартия, напоена с 20 ml дестилирана вода. Петриевите блюда са оставяни в термостат на тъмно за 72 h при температура 25°C, след което кълновете са навивани на рулони от филтърна хартия и потапяни в разтвори с различно осмотично налягане, създадено от захароза.

Вариантите на опита са следните: 1) *Контрола* - разтвор на дестилирана вода; 2) *Умерен осмотичен стрес* - 0.2 М разтвор на захароза с осмотично налягане от -5.4 atm (или осмотичен потенциал -0.55 МПа); 3) *Силен осмотичен стрес* - 0.4 М разтвор на захароза с осмотично налягане от -11.2 atm (или осмотичен потенциал -1.33 МПа). След това кълновете са оставяни отново в термостат на тъмно за 48 h при тем-

пература 25°C. Експериментът е извършен в три повторения за всеки генотип и вариант, като за всяко повторение са направени по 10 измервания или общо 90 измервания за година. След измерване на дължините на колеоптила и коренчето, са изчислени отношението между тях и коефициента на депресия на растежа (ДР) по формулата на Blum et al. (1980):

$$\text{ДР (\%)} = [(A-B)/A] \times 100, \text{ където}$$

A - средна дължина на корен/колеоптил в контролен вариант, cm;

B - средна дължина на корен/колеоптил при осмотичен стрес, cm.

След измерването на свежата (FW) и сухата биомаса (DW) на кълновете (контрола и стрес), е отчитан и показателят относително водно съдържание (RWC) на колеоптилите на прорастъците по методиката на Turner (1981). С помощта на аналитична везна е измервана свежата маса (FW) на отрязани колеоптили (10 броя на вариант), след което те са поставяни в епруветки с вода и експонирани във влажна среда на херметизирана камера за 24 часа при стайна температура за получаване на теглото им при пълна тургесцентност. След 24 часа колеоптилите са изваждани от влажната среда, подсушавани и е определяна масата им при пълна тургесцентност (TW), след което са изсушавани при 104°C до постоянна суха маса (DW).

RWC е изчислявано по формулата:

$$\text{RWC (\%)} = (FW - DW) / (TW - DW) \times 100.$$

Индексът на увреждане (Id) на клетки от колеоптила на 5-дневни прорастъци е определян чрез кондуктометрия. Колеоптили (10 броя на вариант) от прорастъци, подложени на умерен осмотичен стрес (-0.55 МПа) и контролни (0 МПа) растения са изплаквани обилно за отстраняване на йони и метаболити от наранените повърхности. След това са потапяни в 20 ml дестилирана вода за 24 часа при стайна температура. Електрическата проводимост на разтвора, в който са престояли сегментите, е определяна преди и след 15-минутно автоклавиране с кондуктометър HANNA, модел HI 98129. Последната стойност представлява тоталното съдържание на електролити в растителната тъкан, докато първата отчита електролитите, изтекли от клетките преди разрушаване на клетъчната мембрана от високата температура на автоклава. От тези стойности е изчислен индексът на

увреждане (Id), който представлява относителния дял на увредените части на клетките, предимно мембрани (Blum and Ebercon, 1981):

$$Id (\%) = [1 - (1 - T_1/T_2)/(1 - C_1/C_2)] \times 100, \text{ където}$$

T_1 и T_2 са стойностите, отчетени съответно преди и след автоклавиране на третираните растения;

C_1 и C_2 са съответните стойности за контролните (нестресиранни) растения.

Получените данни са обработени математически по методите на вариационния анализ (средна грешка на средната аритметична), дисперсионен анализ (най-малки значими разлики между сортовете) и регресионен анализ за отчитане на зависимостите между показателите. Всички статистико-математически обработки са извършени с програма Excel 10 for Windows.

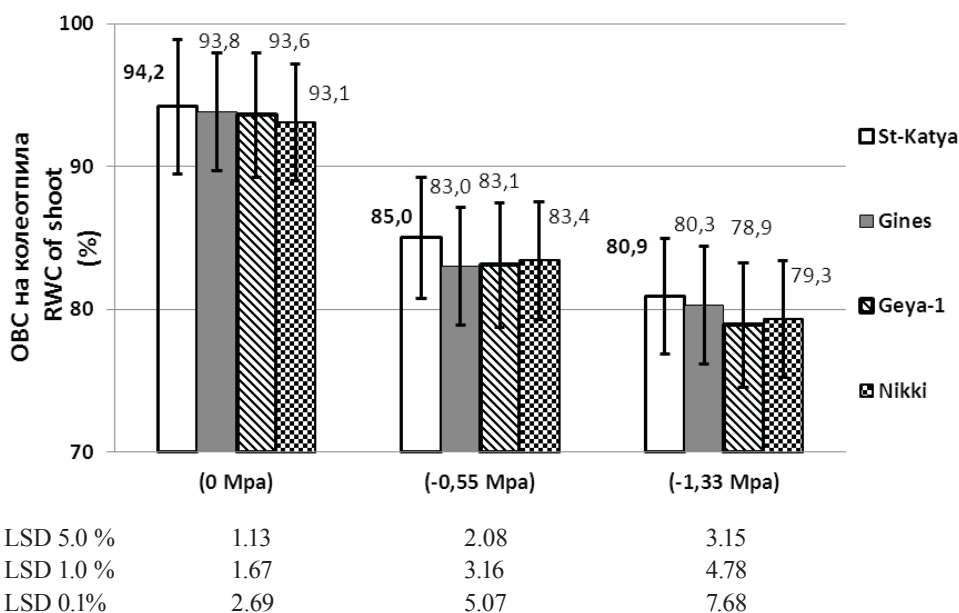
РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

На Фигура 1 са представени резултатите за относителното водно съдържание на колеоптилите на 5-дневни прорастъци, претърпяли 48-часов осмотичен стрес с различна сила. Представените данни са усреднени за партиди семена от

три вегетационни сезона за всяко измерване по сорт и вариант. Беше установено, че при всички сортове има по-значително намаление на стойностите на оводнеността на колеоптила при понижаване на осмотичния потенциал на средата до -1.33 Мра. При сравняване на реакцията на сортовете, по-голямо намаление на оводнеността бе наблюдавано при сортовете Гея-1 и Ники в сравнение с Катя и Гинес.

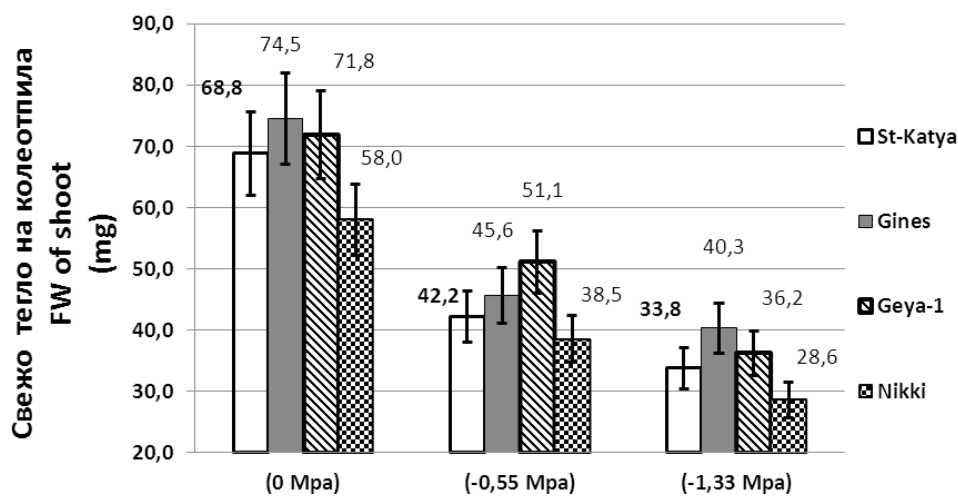
По-съществена разлика в реакцията на сортовете към осмотичен стрес беше наблюдавана при отчитането на останалите два показателя – свежа и суха биомаса на колеоптила (Фиг. 2 и 3). Най-голяма стойност на свежото тегло на колеоптилите при контролите бе отчетена при сортовете Гея-1 и Гинес. Тези сортове запазват по-високи стойности на свежата биомаса и при двете нива на воден стрес. Най-висока разлика в инхибицията на свежата биомаса на колеоптила между двете осмотични концентрации бе измерена при сортовете Ники и Гея-1 (Фиг. 4). При сухата биомаса на колеоптилите се запазва тенденцията на промяна, както и при свежата биомаса (Фиг. 3 и 4).

Дължината на коренчето при контролните растения е най-голяма при Гинес и Гея-1 и при-



Фигура 1. Относително водно съдържание на колеоптили, поставени в разтвори с нарастващо осмотично налягане, средно за периода 2012-2014

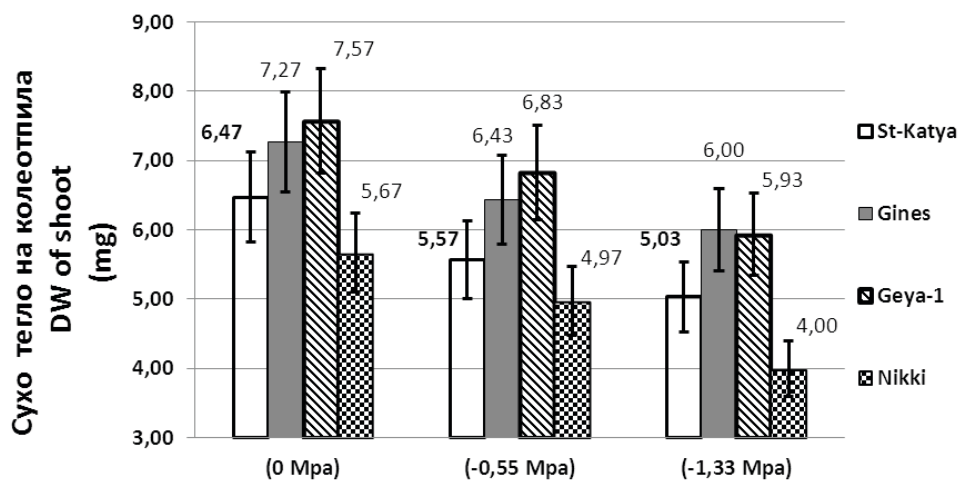
Figure 1. Average value of relative water content of shoots grown on solution with increasing osmotic pressure averaged for the period 2012-2014



LSD 5.0 %	17.6	4.8	6.9
LSD 1.0 %	26.6	7.3	10.5
LSD 0.1 %	42.8	11.7	16.8

Фигура 2. Свежа маса на колеоптили, поставени в разтвори с нарастващо осмотично налягане, средно за периода 2012-2014

Figure 2. Fresh weights of shoots grown on solution with increasing osmotic pressure averaged for the period 2012-2014



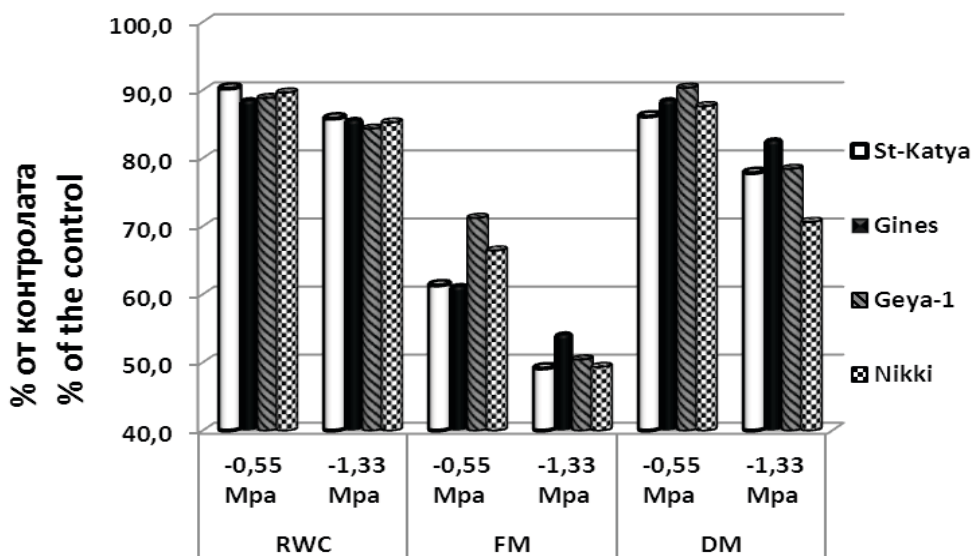
LSD 5.0%	1.42	0.85	1.33
LSD 1.0%	2.13	1.29	2.02
LSD 0.1%	3.42	2.07	3.24

Фигура 3. Абсолютно суха маса на колеоптили, поставени в разтвори с нарастващо осмотично налягане, средно за периода 2012-2014

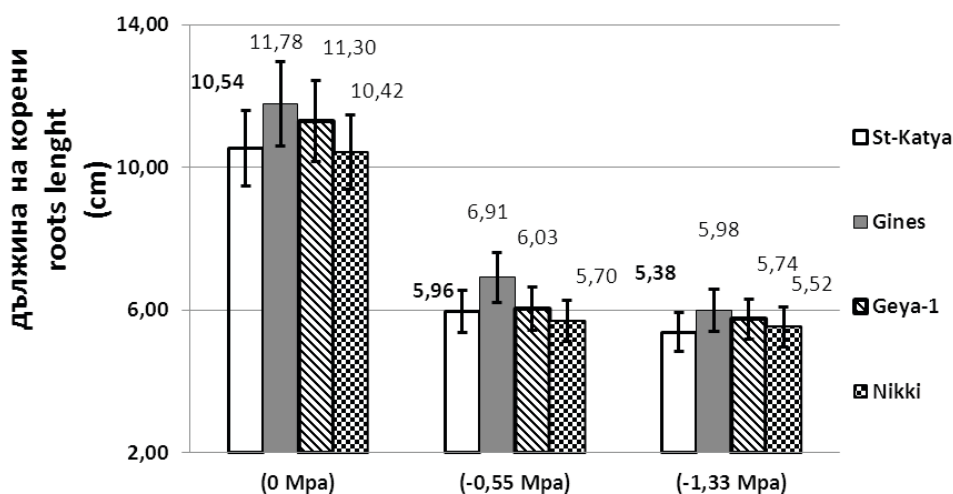
Figure 3. Dry weights of shoots grown on solution with increasing osmotic pressure averaged for the period 2012-2014

лагането на воден стрес инхибира удължаването на органа най-слабо при Гинес в сравнение с другите сортове при умерен осмотичен стрес

(Фиг. 5 и 7). Сортовете Гeya-1 и Ники показва най-силна инхибция на растежа на корена при този осмотичен стрес.



Фигура 4. Процентно отношение спрямо контролата при различни осмотични разтвори за показателите относително водно съдържание, свежа и суха биомаса
Figure 4. Indices RWC, FW and DW presented as percentage against control values for different osmotic solutions



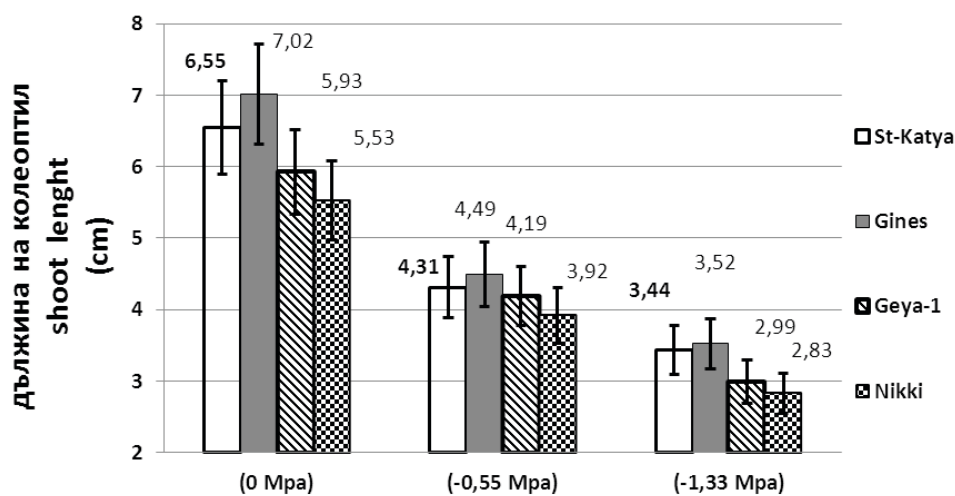
LSD 5.0 %	1.88	0.84	0.46
LSD 1.0 %	2.85	1.27	0.71
LSD 0.1 %	4.58	2.04	1.15

Фигура 5. Средна дължина на корени на прорастъци, подложени на различен осмотичен стрес за 48 часа

Figure 5. Average length of germ roots subjected to different osmotic stress for 48 hours

Дължината на колеоптила при контролите е най-голяма при сортове Катя и Гинес и при стрес тези сортове запазват предимство-

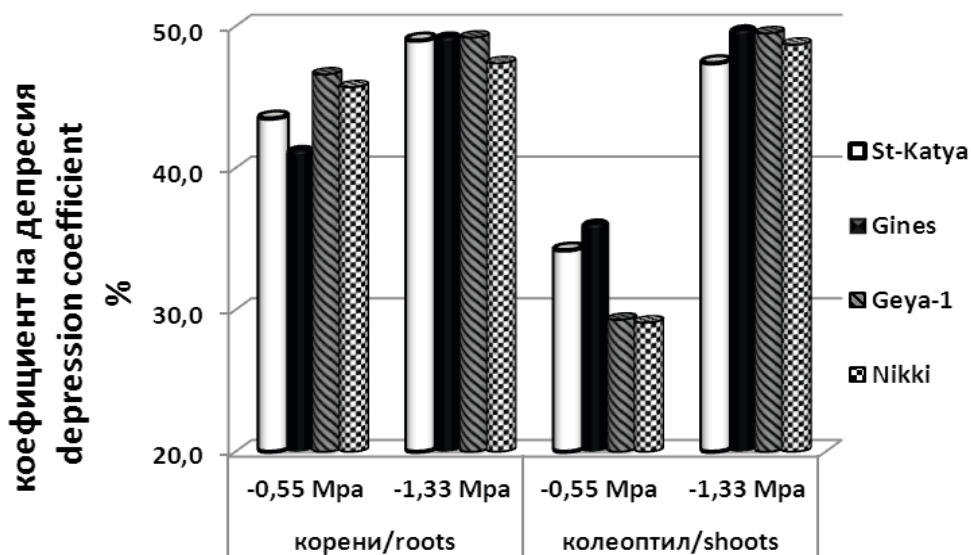
то си на растеж на този орган. Колеоптилът на сорт Ники е най-чувствителен при стрес (Фиг. 6).



LSD 5.0 %	0.85	0.59	0.69
LSD 1.0 %	1.29	0.89	1.05
LSD 0.1 %	2.07	1.43	1.69

Фигура 6. Средна дължина на колеоптили на прорастъци, подложени на различен осмотичен стрес, приложен за 48 часа

Figure 6. Average length of germ shoot under different osmotic stress for 48 hours



Фигура 7. Депресия на растежа на прорастъци при различни осмотични разтвори (D, %)

Figure 7. Average value of depression coefficient for seedlings under different osmotic solution (D, %)

Съотношението между дължините на коренчетата и колеоптила също се променя при воден стрес (Табл. 1). При по-ниския осмотичен по-

тенциал (-0.55 МПа) съотношението корен/колеоптил спрямо контролата намалява повече при Гей-1 и Ники в сравнение с Катя и Гинес, докато

при по-високата концентрация (-1.33 МПа) се наблюдава обратна тенденция, тъй като този показател се увеличава при всички сортове спрямо контролата. Това увеличение е най-силно при сорт Ники (9.4 %). Подобни резултати докладват Dhanda et al. (2002) и Chipilski et al. (2014).

Загубата на вода и биомаса на прорастъците е свързана и с промяна в скоростта на растеж. На база на промяната в дължините на колеоптила и корените при контроли и стрес бе изчислена величината на депресията на растежа (D, %) (Фиг. 7). При слаб осмотичен стрес от -0.55 МПа величината на депресията на растежа на корените и колеоптила се различава повече меж-

ду сортовете, за разлика от реакцията им при силния осмотичен стрес от -1.33 МПа. При този стрес депресията на растежа нараства с еднаква степен при корени и колеоптили и за четирите сорта. По-слабият стрес инхибира повече корените, отколкото колеоптила при сортовете Катя и Гинес, като същата тенденция, но с по-голяма разлика, бе наблюдавана при сорт Гей-1 и Ники.

За показателите дължина на коренчетата и на колеоптила на прорастъци бяха изчислени регресионни уравнения в зависимост от осмотичния потенциал на разтвора (Табл. 2). При зародишните коренчета преимуществото на

Таблица 1. Съотношение между дължината на корените и на колеоптила при осмотичен стрес за 48 часа
Table 1. Proportion between roots length and shoot length at osmotic stress for 48 hours

Сорт/ Variety	Контрола/ Control	Осмотично налягане/ Osmotic pressure - 0,55 МПа	% от контролата/ % of control	Осмотично налягане/ Osmotic pressure -1,33 МПа	% от контролата/ % of control	Средно съотношение за двете осмотични концентрации/ Average proportion for the two osmotic concentrations	% от контролата/ % of control
St. Katya	1.61	1.40	87.2	1.61	100.0	1.50	93.2
Gines	1.69	1.54	91.4	1.79	105.9	1.67	98.8
Geya-1	1.90	1.43	75.3	2.01	105.8	1.72	90.5
Nikki	1.91	1.46	76.2	2.09	109.4	1.78	93.2
LSD 5.0 %	0.17	0.19		0.38			
LSD 1.0 %	0.26	0.29		0.58			
LSD 0.1 %	0.42	0.47		0.93			

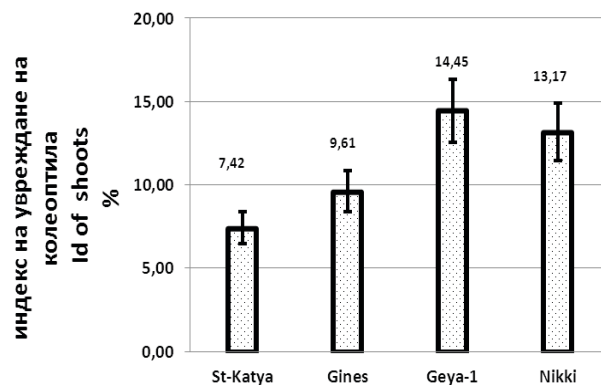
Таблица 2. Регресионни уравнения, коефициенти на корелация (R) и детерминация (R²), изчислени от връзката осмотичен потенциал и показателите дължина на корени и дължина на колеоптили
Table 2. Regression equations, correlation coefficients (R) and coefficient determinations (R²) calculated from relationship between osmotic potential and shoots/roots length

Сорт Variety	Корени Roots	R	R ²	Колеоптили Shoots	R	R ²
St-Katya	y=9.83+4.53*x	0.906	0.821	y=6.30+2.74*x	0.965	0.931
Gines	y=11.08+5.10*x	0.926	0.856	y=6.74+3.08*x	0.964	0.929
Geya-1	y=10.42+4.87*x	0.881	0.776	y=5.82+2.59*x	0.993	0.985
Nikki	y=9.68+4.36*x	0.874	0.764	y=5.43+2.38*x	0.992	0.984

растежа според уравненията е на сортовете Гинес и Гея-1, които са с най-висока стойност на свободния член a , а същевременно ъгловите коефициенти на четирите сорта са близки по стойност и в една посока. При колеоптилите логично, в предвид предимството в резултатите от абсолютните стойности, сортовете Гинес и Катя пресичат оста y най-високо. При сорт Катя наклонът е по-полегат поради по-ниския ъглов коефициент. Общо за сортовете беше установена малка разлика в ъгловите коефициенти при колеоптилите, което е характерно и при корените.

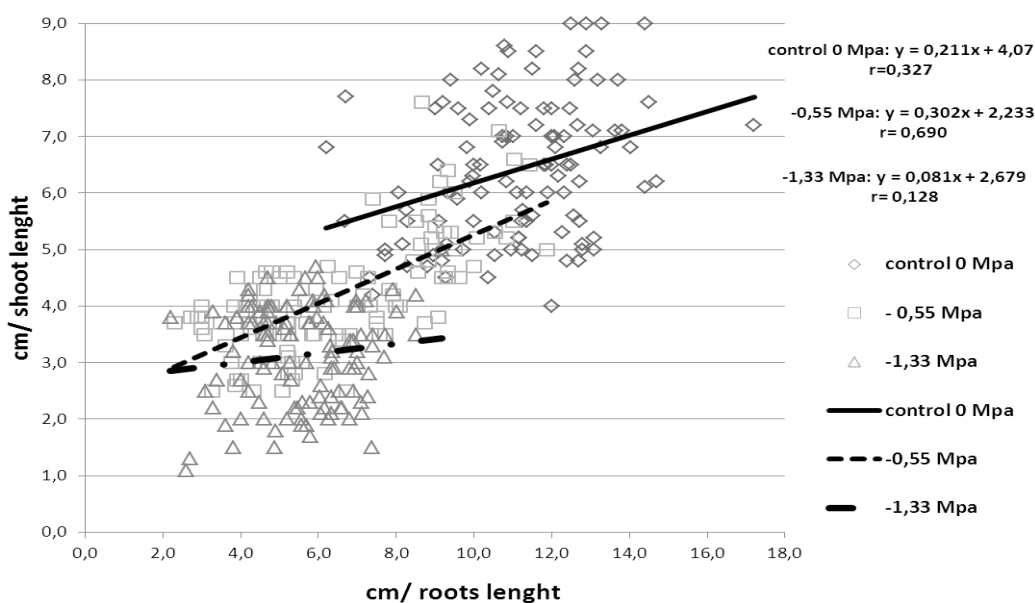
На Фигура 8 е отразена регресионната зависимост между растежа на корените и растежа на колеоптилите при разтворите с нарастващ осмотичен потенциал. От изчислените регресионни уравнения се вижда, че при контролата и по-ниския осмотичен потенциал (-0.55 МПа) връзката растеж на корена и растеж на колеоптила е средно ($r=0.327$) и силно положителна ($r=0.690$). При по-високия осмотичен стрес ъгловият коефициент е с малък наклон, а коефициентът на корелация е слабо положителен ($r=0.128$). Следователно, при тази осмотична концентрация няма изразена взаимовръзка между растежа на корена и колеоптила, особено при сортовете Ники и

Гея-1. Причините за слабата обвързаност на тази зависимост е, че очевидно има друга променлива с по-важно значение за растежа на прорастъците при стрес. Това би могло да бъде силно увреждане на клетъчните мембрани, което води до необратимо изтичане на вода, соли и метаболити от клетките. Информация за това дава показателят индекс на увреждане. От Фигура 9 се



Фигура 9. Индекс на увреждане, отчетен за колеоптили на 5-дневни прорастъци при умерен осмотичен стрес (-0.55 МПа)

Figure 9. Injury index estimated for germ shoots of 5 days seedlings at moderate osmotic stress (-0.55 МПа)



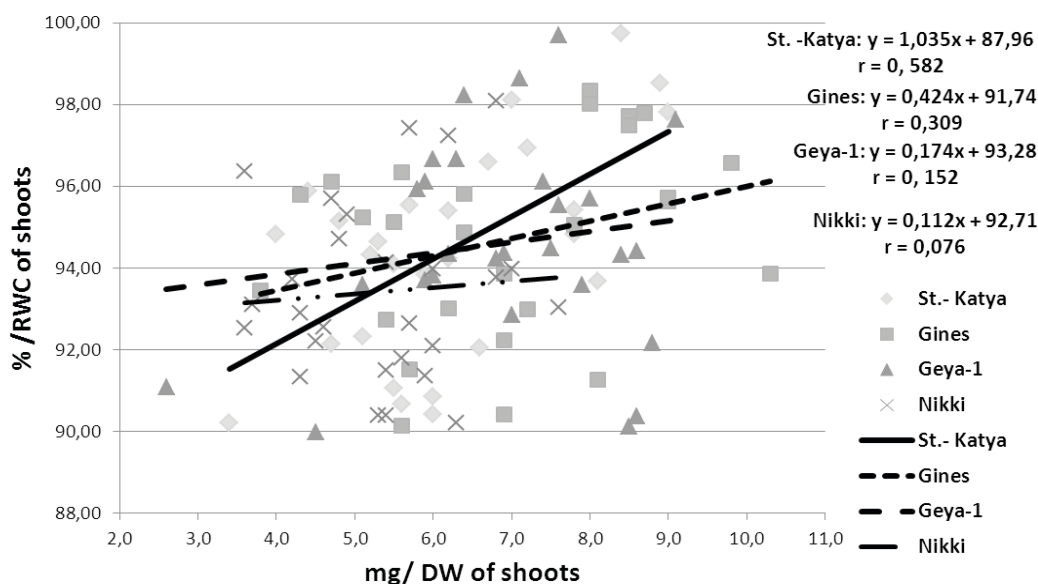
Фигура 8. Регресионни зависимости между дължина на корени (ос X) и дължина на колеоптил (ос Y) в разтвори с нарастващо осмотично налягане

Figure 8. Regression correlations of roots length (axis X) and shoot length (axis Y) in solutions with increasing osmotic pressure

вижда, че индексът на увреждане на колеоптила при умерен стрес за сортовете Гейя-1 и Ники е доказано значимо по-голям от този при същите условия за стандарта Катя и Гинес.

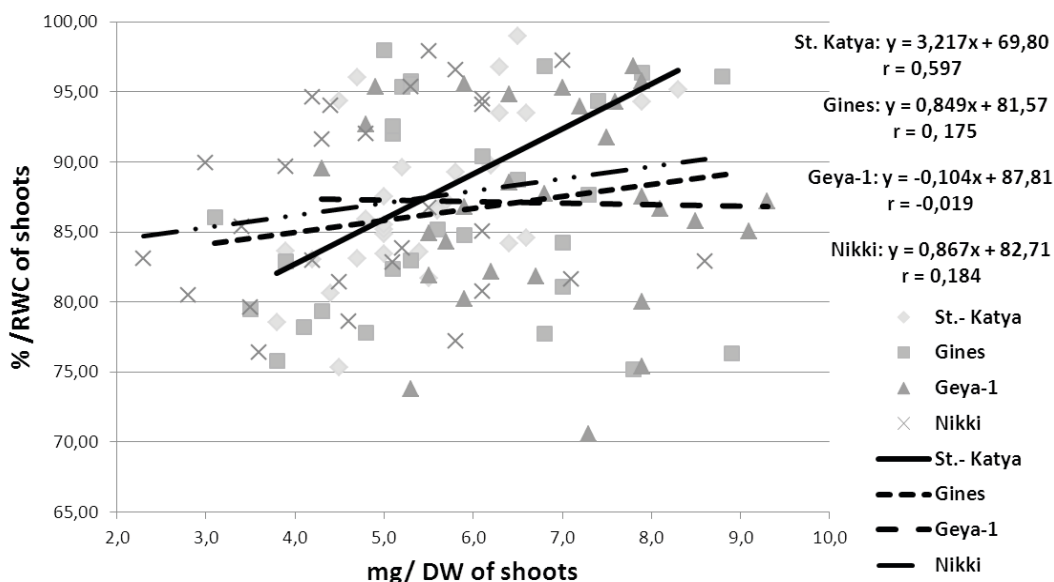
На Фигури 10, 11, 12 и 13 е представена линейната регресионна зависимост между оводнеността и сухата маса на колеоптили, подложени на различен осмотичен стрес. Регресионният

анализ за установяване и посока на зависимостта между показателите RWC и DW за всеки сорт и общо за четирите сорта показва наличие на ниска до средна по сила положителна корелационна зависимост, като най-висока стойност е изчислена за умерен стрес -0.55 MPa (Фиг. 13). Най-силна взаимовръзка е установена за стандарта Катя и за Гинес, особено за контролата и при умерен-



Фигура 10. Контролен вариант (0 MPa)

Figure 10. Control variant (0 MPa)

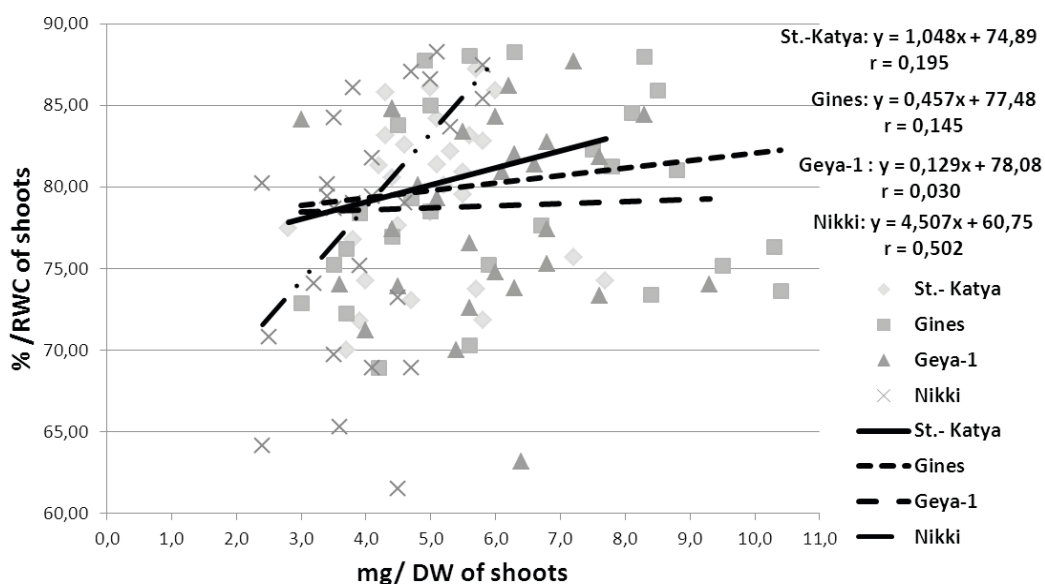


Фигура 11. Осмотичен потенциал (-0.55 MPa)

Figure 11. Osmotic potential (-0.55 MPa)

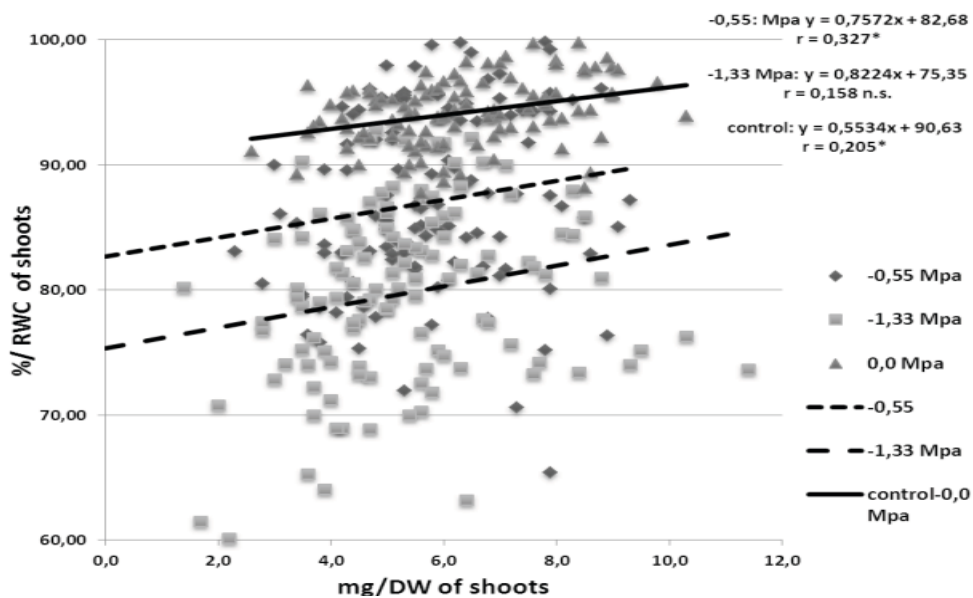
ния осмотичен стрес, а най-слаба е зависимостта при сорт Гея-1. От графиките е видна слабата зависимост между оводненост и натрупана суха

биомаса при по-силния осмотичен стрес (Фиг. 13) и при сортовете Катя, Гинес и Гея-1 (Фиг. 12). Изключение прави сорт Ники, при който натру-



Фигура 12. Осмотичен потенциал (-1.33 MPa)

Figure 12. Osmotic potential (-1.33 MPa)



Фигура 13. Обща регресионна зависимост

Figure 13. Common regression for all treatments

Фигури 10-13. Линейна регресионна зависимост между оводнеността и сухата маса на колеоптили при прорастъци, подложени на различен осмотичен стрес за 48 часа

Figures 10-13. Linear regression correlations between RWC and DW of shoot of seedlings grown under different osmotic stress for 48 hours

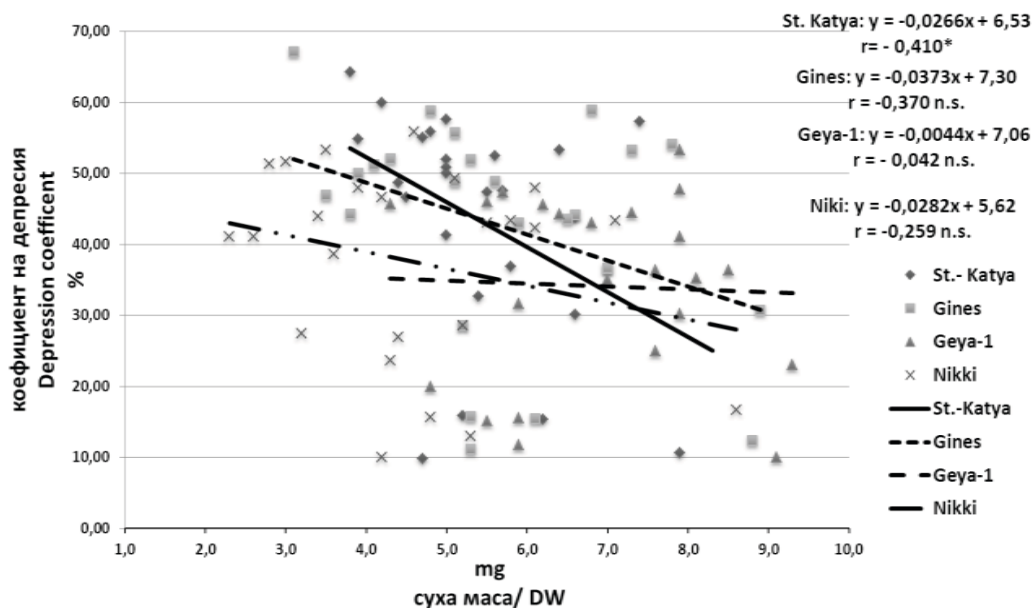
паната суха маса е най-малка и зависи по-силно от оводнеността, което го прави по-неефективен и чувствителен на осмотичен стрес.

Анализирана е и взаимовръзката стойност на коефициента на депресия на колеоптила и натрупана суха биомаса при осмотичен стрес. Напълно логично посоката е отрицателна както при отделните сортове, така и общо за всички, поради алгоритъма за изчисление на коефициента на депресия (Фиг. 14, 15 и 16). Силата на корелативната връзка достига до средна ($r < 0.570$) и при някои сортове е доказано значима до $p = 0.05$ и $p = 0.01$ (Фиг. 14 и 15). Регресионните криви на сортовете се различават една от друга и при двете осмотични концентрации. При умерения стрес основно различието е при сорт Гея-1, при който по-полегатата крива е индикатор за слаба връзка между степента на депресия при осмотичен стрес и натрупаното сухо вещество. При сортовете Катя, Гинес и Ники кривите са по-стръмни, но регресионната крива при Ники клони към по-ниски стойности на сухата маса, за разлика от Катя и Гинес и следователно показва по-чувствителна реакция (Фиг. 14). При силния осмотичен стрес се установи най-толерантна реакция за сорт Гинес, където връзката между степен на депресия и суха биомаса е ниска, но клони от една страна към ниски стойно-

сти на депресията и от друга страна към високи стойности на сухата биомаса (Фиг. 15).

Развитието на прорастъците на тъмно се осъществява за сметка на метаболизирани на резервите в ендосперма на семето, тъй като растенията не осъществяват фотосинтетична дейност при тези условия. Абсолютната маса на семената на сортовете се различава, като масата на Гинес и Катя е средно с 20% по-малка в сравнение с тази на Гея-1 и Ники (Chipilski, 2014). Може да се предположи, че количеството на резервите не дава предимство в растежните характеристики при осмотичен стрес. В такъв случай трябва да се допусне, че основно причината за разликите идва от адаптивните реакции на растенията към стреса. Сред тях са: защитни метаболитни промени срещу обезводняване; синтез на осмотично активни вещества в клетките, противодействащи срещу дехидратацията; прояви на антиокислителен отговор срещу стрес, които като цяло се свързват със способността за осморегулация (Blum, 2005). Това са механизми, предпазващи целостта на мембраните и предотвратяващи дехидратирането на клетките. Почти всички тези реакции имат генетична основа (Bozhanova and Dechev, 2010).

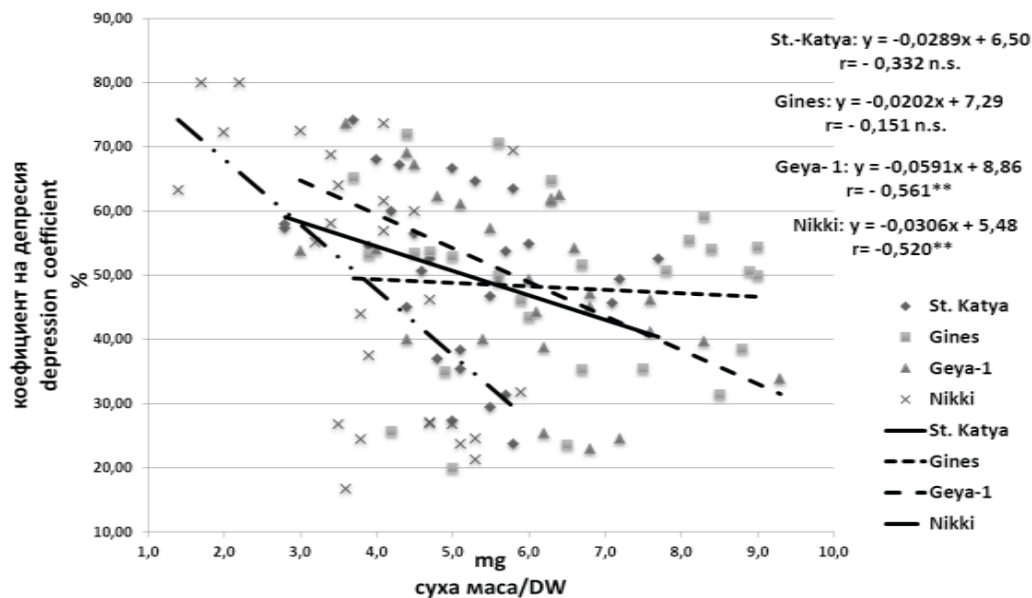
Това са най-вероятните причини за наблюдаваните разлики в измерваните параметри при



Фигура 14. Осмотичен потенциал (-0.55 MPa)
Figure 14. Osmotic potential (-0,55 MPa)

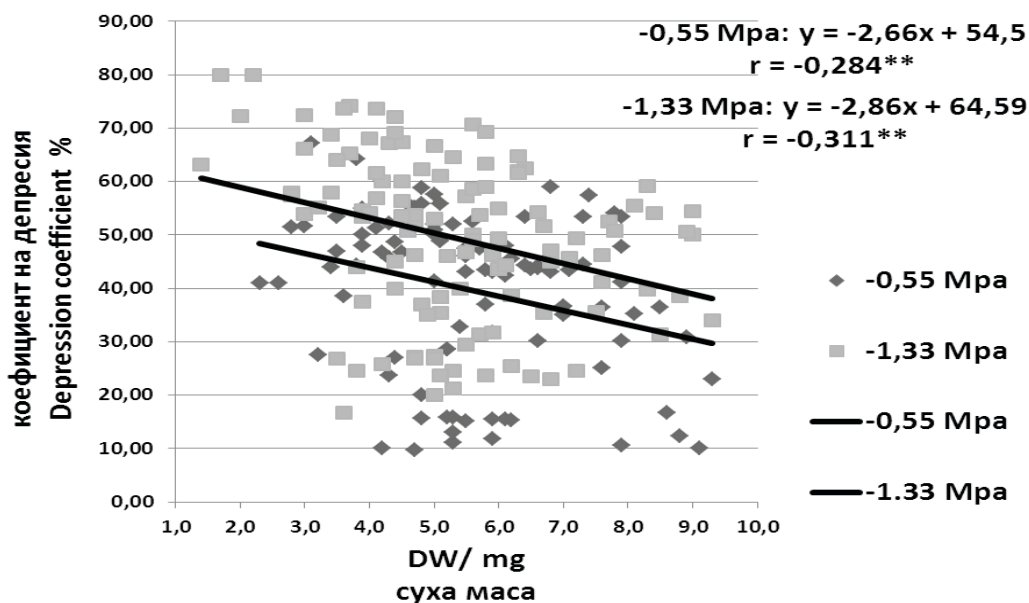
изследваните сортове към осмотичен стрес. Така изчислените корелативни зависимости показват,

че сорт Гинес и стандартът Катя проявяват толерантност в посока задържане вода най-вече в ко-



Фигура 15. Осмотичен потенциал (-1.33 MPa)

Figure 15. Osmotic potential (-1,33 MPa)



Фигура 16. Обща линейна регресионна зависимост

Figure 16. Common linear regression

Фигури 14-16. Линейна регресионна зависимост между коефициент на депресия и суха маса на колеоптили при прорастъци, подложени на различен осмотичен стрес за 48 часа

Figures 14-16. Linear regression correlation between depression coefficient and DW of seedlings shoots grown under different osmotic stress for 48 hours

леоптила, а това е свързано с по-добро развитие на коренчето при стрес, за което свидетелствува величината на депресията на растежа на корена при умерен воден стрес. Едно от доказателствата за адаптивността на тези сортове е отчетеният по-нисък индекс на увреждане на клетъчните им мембрани при стрес. Тези сортове са подходящи за засяване в умерено засушливи условия. В дадения случай има съответствие между тази ранна толерантност към обезводняване и проявите на толерантност и в по-късни фази от развитието на пшеничните растения (Chipilski and Georgiev, 2013). Сортовете Гея-1 и Ники, а донякъде и Гинес, имат добра способност да използват хранителните резерви в семето за по-интензивно нарастване на колеоптила, отколкото на корена. Тези сортове биха били подходящи за засаждане в среда с по-благоприятен почвен воден режим. Сорт Ники по показателите свежа и суха маса е с най-ниски абсолютни стойности, както и с най-висока депресия на натрупване на сухата маса при висок осмотичен потенциал от -1.33 МРа в корена и колеоптила, което го прави най-чувствителен към засушаване в изследваната група сортове. Една от причините за тези разлики между сортовете е, че при нисък воден потенциал настъпват и нарушения, водещи до промени в пропускливостта на клетките за вода и соли (Hsiao, 1973; Todorovska et al., 2014).

ИЗВОДИ

След анализиране на резултатите от изследването може да се заключи, че умереният воден стрес, създаден от разтвор с осмотичен потенциал от -0.55 МРа, позволява по-добре да се разкрият фенотипните разлики в растежа на генотипи от обикновена зимна пшеница, отколкото при силен осмотичен стрес от -1.33 МРа.

Сортовете Катя, Гинес и Гея-1 показват в условията на опита възможност да регулират по-добре растежната си реакция и водообмена към умерен воден стрес от порядъка на -0.55 МРа, което се потвърждава от измерените величини и от анализа на регресионните зависимости между параметрите.

Сорт Гинес и стандартът Катя проявяват толерантност в посока по-малка разлика в депресия при приложените нива на осмотичен стрес.

Прорастъците от сорт Ники имат по-силно инхибирани водообмен и биомаса, което ги категоризира като генотип с ниска степен на толерантност към воден стрес.

Индексът на увреждане на колеоптила при умерен стрес за стандарта Катя и за Гинес е доказано значимо по-нисък от този за сортовете Гея-1 и Ники.

На базата на получените резултати по отчетената депресия на растежа и натрупаната суха и свежа маса може да се заключи, че тези параметри по-отчетливо позволяват да се открият разликите в реакцията на пшеничния прорастък към индуциран воден стрес с помощта на осмотично действащи разтвори.

ЛИТЕРАТУРА

- ADSS (Agricultural Decision Support System)** (2012). Romania-Bulgaria Cross Border Cooperation Program, <http://www.sys.ro/icdpp/>
- Aliyev, J. A.** (2012). Physiological and molecular bases of drought tolerance in wheat (*Triticum L.*) genotypes. In: *Environmental science, engineering and technology. Drought: new research*, 2, 47-95.
- Blum, A.** (2005). Drought resistance, water-use efficiency, and yield potential - are they compatible, dissonant, or mutually exclusive?. *Crop and Pasture Science*, 56(11), 1159-1168.
- Blum, A. & Ebercon, A.** (1981). Cell membrane stability as a measure of drought and heat tolerance in wheat. *Crop Science*, 21(1), 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.
- Bozhanova, V.** (1997). Investigation on drought resistance of durum wheat through plant depression by osmotic stress. In: *II-th Science Conference "Problems of fiber crops and cereal crops"*, Chirpan, vol. 24, 78-83.
- Bozhanova, V. & Dechev, D.** (2010). Heritability of osmoregulation ability at durum wheat. *Agricultural Science and Technology*, 2(4), 169-173.
- Chipilski, R.** (2014). Study of drought resistance of varieties common winter wheat grown in condition of controlled irrigation. In: *Ekologia i zdrave*, Proceedings of Xth Jubilee National Science and Technical Conference, Plovdiv, 05.06.2014, 153-159 (Bg).
- Chipilski, R. & Georgiev, G.** (2013). Relationship between water regime, biomass and yield of recent cultivars common winter wheat grown in conditions of controlled irrigation. *Pochvoznanie, Agrohimiya i Ekologiya*, 47(4), 60-69 (Bg).
- 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 and Agriculture*, 26(9), 800-806.
- Dhanda, S. S., Sethi, G. S. & Behl, R. K.** (2002). Inheritance of seedling traits under drought stress conditions in bread wheat. *Cereal Research Communications*, 30(3-4), 293-300.
- Dreccer, M. F., Ogbonnaya, F. C. & Borgognone, G.** (2004). Sodium exclusion in primary synthetic wheats. In: *Proc. XI Wheat Breeding Assembly*, Sept. 21-24, Canberra, Australia, 118-121.
- Gavuzzi, P., Rizza, F., Palumbo, M., Campanile, R. G., Ricciardi, G. L. & Borghi, B.** (1997). Evaluation of field and laboratory predictors of drought and heat tolerance in winter cereals. *Canadian Journal of Plant Science*, 77(4), 523-531.
- Georgiev, G. & Valchev, D.** (1990). Comparatively study of physiological methods for water exchange estimate of young barley plants for drought resistence. In: *Yubileyna nauchna sesiya na Institut po echemika - Karnobat*, 82-90 (Bg).
- Georgiev, G. & Valchev, D.** (1991). Protective action of coating with some plastic film antitranspirants on water relations and grain yield quantity and quality of barley under conditions of dry hot wind. In: *Plant metabolism regulation*. In: *Proc. 5th Internat. Symp.*, Varna, 6, 363-367.
- Hsiao, T. C.** (1973). Plant responses to water stress. *Annual Review of Plant Physiology*, 24(1), 519-570.
- Kocheva, K. V., Georgiev, G. I. & Kochev, V. K.** (2005). A diffusion approach to the electrolyte leakage from plant tissues. *Physiologia Plantarum*, 125(1), 1-9.
- Kumar, A. & Sharma, S.** (2007). Genetics of excised-leaf water loss and relative water content in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Cereal Research Communications*, 35(1), 43-52.
- Morgan, J. M., & Tan, M. K.** (1996). Chromosomal location of a wheat osmoregulation gene using RFLP analysis. *Functional Plant Biology*, 23(6), 803-806.
- Premachandra, G. S., 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(12), 1569-1576.
- Szilagyi, L.** (2003). Influence of drought on seed yield components in common bean. *Bulgarian Journal of Plant Physiology*, (Special Issue), 320-330.
- Turner, N.C.** (1981). Techniques and experimental approaches for the measurement of plant water status. *Plant and Soil*, 58(1), 339-366.
- Todorovska, E. G., Bozhanova, V., Dechev, D. & Valkova, N.** (2014). Osmoregulation capacity in Bulgarian durum wheat. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 28(5), 786-797.
- Tonev, T., Krasteva, H., Bakardzhieva, N., Milanova, N., Zarkov, B., Tsankov, G., Dekov, O. & Iliev, I.** (2008). Guidance for integrate management of pests of cereal crops, MZG, Sofia, 2008 (Bg).
- Vaisi, Z. & Farshadfar, E.** (2011). Correlation between field and laboratory indicators of drought tolerance in wheat-barley disomic addition lines. *Annals of Biological Research*, 2(6), 546-553.
- Valchev, D.** (2007). Problems, achievements and perspectives in breeding of drought resistance and cold resistance of barley. *Field Crop Studies*, 4(1), 5-18 (Bg).
- Vasilev, A., Zlatev, Z., Berova, M. & Stoeva, N.** (2010). Plant drought tolerance and heat tolerance - physiology mechanisms and approaches for selection of tolerant genotypes. *Agrarni Nauki*, 2(4), 59-64 (Bg).
- Zarei, L., Farshadfar, E., Haghparast, R., Rajabi, R. & Badieh, M. M. S.** (2007). Evaluation of some indirect traits and indices to identify drought tolerance in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Asian Journal of Plant Sciences*, 6(8), 1204-1210.