

## ВЛИЯНИЕ ВОДНОГО И ТЕМПЕРАТУРНОГО СТРЕССОВ НА ВСХОЖЕСТЬ СЕМЯН СОРТОВ ТВЕРДОЙ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ, ПОЛУЧЕННЫХ В КОНТРАСТНЫЕ ПО ПОГОДНЫМ УСЛОВИЯМ ГОДЫ

**В. А. Лиховидова**<sup>1</sup>, младший научный сотрудник лаборатории физиологии растений, ORCID ID: 0000-0002-5340-4901;

**А. С. Казакова**<sup>2</sup>, доктор биологических наук, профессор кафедры агрономии и селекции сельскохозяйственных культур, ORCID ID: 0000-0002-0957-3994;

**Н. Е. Самофалова**<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства озимой твердой пшеницы, ORCID ID: 0000-0002-2216-3164

<sup>1</sup>ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,

347740, Ростовская обл., г. Зерноград, Научный городок, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru;

<sup>2</sup>Азово-Черноморский инженерный институт – филиал ФГБОУ ВО «Донской ГАУ»,

347740, Ростовская обл., г. Зерноград; e-mail: Kasakova@inbox.ru

Исследования проводили в 2016–2018 гг. Объектом исследований служили три коммерческих сорта селекции ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской», один из которых – стандартный сорт Дончанка в системе ГСИ по Ростовской области. Цель исследований заключалась в комплексной оценке семян твердой озимой пшеницы, полученных в контрастные по погодным условиям годы, на устойчивость к недостатку влаги и жаростойкость. По результатам проведенных лабораторных исследований в статье представлены показатели относительной засухоустойчивости и жаростойкости. Изучаемые сорта озимой твердой пшеницы Лазурит и Ониск по всхожести были выше стандартного сорта Дончанка по всем концентрациям раствора. При применении осмотического раствора концентрацией 12 и 14 атм все сорта имели высокую всхожесть и относились к первой группе устойчивости. При критической концентрации осмотического давления (16 атм) количество проросших семян варьирует от 69,4% (Лазурит) до 63% (Дончанка). Установлено, что семена изученных сортов озимой твердой пшеницы характеризовались более низкой всхожестью в условиях возрастающего водного стресса, при этом семена разных лет репродукции имели разную реакцию на водный стресс. Выявлено, что семена изучаемых сортов существенно различались по всхожести после прогрева. Наиболее устойчивым к температурному стрессу оказался сорт Ониск, который имеет всхожесть 86,7% (I группа устойчивости), что на 14% выше контрольного сорта Дончанка. Сорт Лазурит с всхожестью 80,2% также относился к первой группе устойчивости, но превышал контрольный сорт только на 8%. По степени депрессии в накоплении сухой массы проростков под воздействием высоких температур (термотестирование при +54 °С) выделялся также сорт Ониск, степень депрессии которого составила 8,2%. В 2016 г. самым устойчивым был сорт Лазурит, а в 2017 и 2018 гг. – сорт Ониск.

**Ключевые слова:** озимая твердая пшеницы (лат. *Triticum durum*), засухоустойчивость, жаростойкость, сорт, устойчивость.



## THE IMPACT OF WATER AND TEMPERATURE STRESSES ON GERMINATING ABILITY OF WINTER DURUM WHEAT SEEDS YIELDED IN THE YEARS WITH VARIOUS WEATHER CONDITIONS

**V. A. Likhovidova**<sup>1</sup>, junior researcher of the laboratory of plant physiology, ORCID ID: 0000-0002-5340-4901;

**A. S. Kazakova**<sup>2</sup>, Doctor of Biological Sciences, professor of the department "Agronomy and agricultural crop breeding", ORCID ID: 0000-0002-0957-3994;

**N. E. Samofalova**<sup>1</sup>, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the department for winter wheat breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0002-2216-3164

<sup>1</sup>Agricultural Research Center "Donskoy",

347740, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru;

<sup>2</sup>Azov-Blacksea Engineering Institute of the FSBEI HE "Donskoy SAU"

347740, Rostov region, Zernograd; e-mail: Kasakova@inbox.ru

The study was conducted in 2016–2018. The objects were three commercial varieties developed by the FSBSI "Agricultural Research Center "Donskoy", one of which was the standard variety "Donchanka" in the SVT system in the Rostov Region. The purpose of the research was to comprehensively estimate winter durum wheat seeds yielded in the years with various weather conditions due to their resistance to moisture deficit and heat. According to the results of laboratory study, the current paper has presented indicators of relative drought tolerance and heat resistance. The germinating ability of the studied varieties of winter durum wheat "Lazurit" and "Oniks" was better than that of the standard variety "Donchanka" in all concentrations of the solution. Using an osmotic solution with a concentration of 12 and 14 atm all varieties possessed great germinating ability and belonged to the first resistance group. At a critical concentration of osmotic pressure (16 atm), the number of germinated seeds ranged from 69.4% ("Lazurit") to 63% ("Donchanka"). It has been established that the seeds of the studied winter durum wheat varieties were characterized by little germinating ability under an increasing water stress, while the seeds of different years of reproduction had a different response to water stress. It has been identified that the seeds of the studied varieties significantly varied in their germinating ability after heating. The variety "Oniks" was the most resistant to temperature stress with a germination rate of 86.7% (1-st resistance group) that is on 14% higher than the control variety "Donchanka". The variety "Lazurit" with a germination rate of 80.2% also belonged to the first resistance group and exceeded the control variety by only 8%. According to the degree of depression in the accumulation of dry sprouts mass under the high temperature impact (thermal testing at +54 °C), the variety "Oniks" was the best with the depression degree of 8.2%. In 2016 the variety "Lazurit" was the most stable, in 2017 and 2018 it was the variety "Oniks".

**Keywords:** winter durum wheat (*Triticum durum*), drought tolerance, heat resistance, variety, resistance.

**Введение.** Озимая твердая пшеница является высокоценной культурой, производство которой в Российской Федерации является недостаточным для удовлетворения потребности страны в данном сырье (Самофалова и др., 2016; Самофалова и др., 2014). Одной из причин отказа от массового возделывания озимой твердой пшеницы является проблема получения равномерных всходов. Твердая пшеница отличается высокой стекловидностью, а значит, требует во время набухания и прорастания на 20% больше влаги, чем мягкая пшеница (Казакова и Гайдаш, 2005; Казакова и Лысогоренко, 2011). Погодные условия в Ростовской области складываются таким образом, что осенняя почвенная засуха является частым явлением (Грициенко и Гольдварг, 2015). Большинство возделываемых сортов озимой твердой пшеницы обладают высокой устойчивостью в период налива и созревания зерна, но при этом сильно страдают от недостатка влаги в начальной стадии развития растений. Поэтому изучение степени засухоустойчивости сортов и линий озимой пшеницы в период прорастания и дальнейшей вегетации является важной задачей (Казакова и Лысогоренко, 2009; Самофалова и др., 2014; Щипак и др., 2012). Цель исследований заключалась в комплексной оценке семян твердой озимой пшеницы, полученных в контрастные по погодным условиям годы, на устойчивость к недостатку влаги и жаростойкости.

**Материалы и методы исследований.** Исследования проводили в 2016–2018 гг. Объектом исследований служили три коммерческих сорта твердой озимой пшеницы селекции АНЦ «Донской» – Лазурит, Оникс и Дончанка, один из которых стандартный сорт в системе ГСИ (Дончанка) и как сорт дифференциатор (классификатор) по засухоустойчивости. Определение засухоустойчивости косвенными методами проводили в лабораторных условиях по методическому руководству диагностики устойчивости растений (1988). Засуху моделировали с помощью раствора сахарозы, имеющего осмотическое давление 12, 14 и 16 атм. Устойчивость к дефициту влаги семян в период прорастания оценивали после теплового удара, который заключался в том, что семена помещают в термобаню с горячей водой 54 °С на 20 минут, а затем сразу раскладывают в чашки Петри для проращивания. Показателем устойчивости являются всхожесть прогретых семян, а также масса полученных проростков. Для характеристики устойчивости используют не абсолютные значения массы, а степень ее депрессии (уменьшение) по сравнению с контролем. Определение жаростойкости проводили методом термотестирования семян по методическому руководству диагностики устойчивости растений (1988).

Погодные условия в годы исследований сложились разнообразно (2016 г. – умеренно засушливый весенне-летний период вегетации растений; 2017 г. – благоприятный; 2018 г. – остро засушливый), что позволило оценить влияние внешней среды на степень устойчивости к засухе семян, полученных в разные по погодным условиям годы.

**Результаты и их обсуждение.** Потенциальную устойчивость сортов к различному виду абиотическим стрессам принято изучать на семенах, подвергая их различным воздействиям в период прорастания. В наших исследованиях мы применили лабораторный метод определения потенциальной засухо- и жароустойчивости озимой твердой пшеницы на семенах.

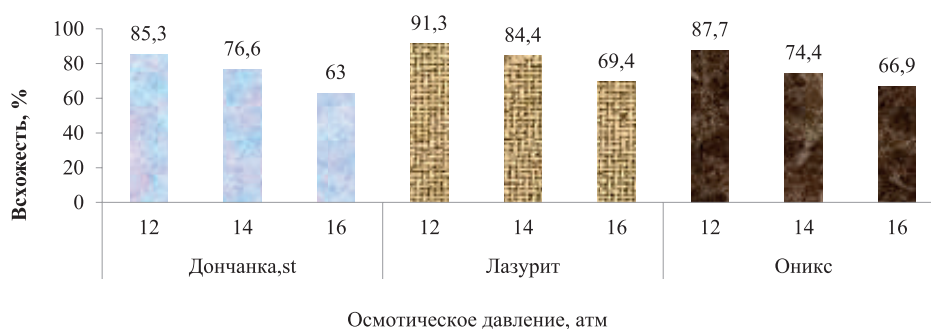
В среднем за три года исследований по определению относительной засухоустойчивости всхожесть семян всех сортов понижалась с увеличением осмотического давления раствора (рис. 1).

Изучаемые сорта озимой твердой пшеницы Лазурит и Оникс показали всхожесть выше стандартного сорта Дончанка по всем используемым концентрациям раствора. При применении осмотического раствора концентрацией 12 и 14 атм все сорта имели высокую всхожесть и относились к первой группе устойчивости. При критической концентрации осмотического давления (16 атм) количество проросших семян озимой твердой пшеницы варьирует от 69,4% (Лазурит) до 63% (Дончанка).

Для практического применения семян разных лет репродукции и для выявления механизмов влияния условий, в которых были выращены семена, рассмотрели устойчивость к модельной засухе за каждый год (рис. 2).

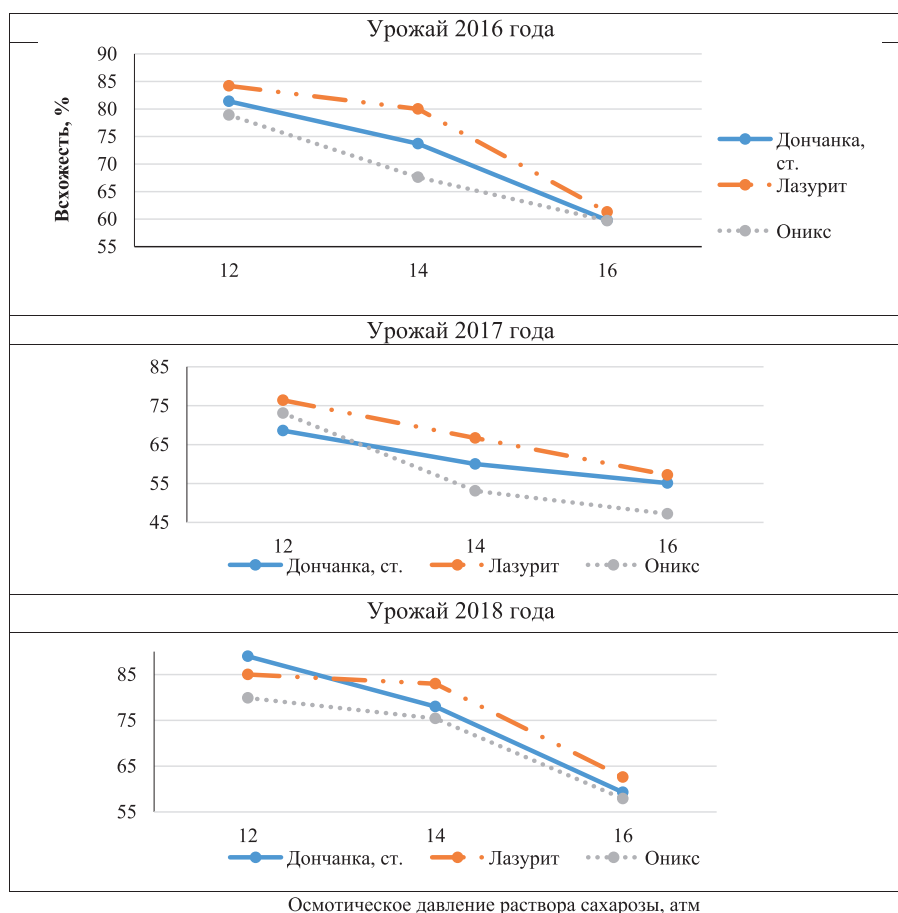
Семена сортов озимой твердой пшеницы, полученные при уборке в 2016 г., имели различную всхожесть как между собой, так и по сравнению с другими годами исследований. Всхожесть в 2016 г. была в пределах от 60 до 84% по трем различным концентрациям осмотического раствора. Всхожесть сорта Лазурит в среднем по трем концентрациям осмотического раствора выше контрольного сорта Дончанка на 4,6%. Показатели всхожести сорта Оникс ниже контрольного сорта на 4,1%, а сорта Лазурит – на 8,9%.

Исследование семян, полученных в 2017 г., показало, что наивысшей всхожестью семян по трем концентрациям осмотического давления (12, 14 и 16 атм) обладает сорт Лазурит, всхожесть которого превышает контрольный сорт Дончанка на 10, 12 и 4% соответственно. Сорт Оникс имеет близкие значения всхожести с сортом Лазурит при концентрации осмотического раствора 12 атм и резко снижает свои показатели при нарастающей модельной засухе. Средняя всхожесть семян урожая 2017 г. по изучаемым сортам и трем концентрациям раствора ниже на 16,2% по сравнению со средней всхожестью 2016 г.



**Рис. 1.** Всхожесть семян сортов озимой твердой пшеницы на растворах сахарозы с разным осмотическим давлением (среднее за 2016–2018 гг.).

**Fig. 1.** Germinating ability of winter durum wheat seeds on sucrose solutions with various osmotic pressure (average in 2016–2018)



**Рис. 2.** Всхожесть семян озимой твердой пшеницы разных лет репродукции в условиях возрастающего водного дефицита (модельная засуха)

**Fig. 2.** Germinating ability of winter durum wheat seeds of different reproduction periods under increasing water deficit (simulated drought)

Определяя степень засухоустойчивости семян твердой озимой пшеницы, полученных в 2018 г., применяли раствор сахарозы концентрацией 12 атм., наибольший процент всхожести имеет контрольный сорт Дончанка, но при моделировании нарастающей засухи, повышении концентрации раствора до 14 и 16 атм сорта Дончанка и Оникс резко снижают свои значения. При этом сорт Лазурит в условиях острой модельной засухи сохраняет высокие показатели всхожести. Средняя всхожесть семян урожая 2018 г. по изучаемым сортам и трем концентрациям раствора по сравнению со средней всхожестью 2016 г. выше на 3,5%, а по сравнению с 2017 г. – на 20,1%.

Таким образом, семена изученных сортов озимой твердой пшеницы имеют более низкую всхожесть в условиях возрастающего водного стресса, при этом семена разных лет репродукции имеют разную реакцию на недостаточную влагообеспеченность.

Жаростойкость семян и степень депрессии массы проростков изученных сортов озимой твердой пшеницы разных лет репродукции представлены на рисунке 3.

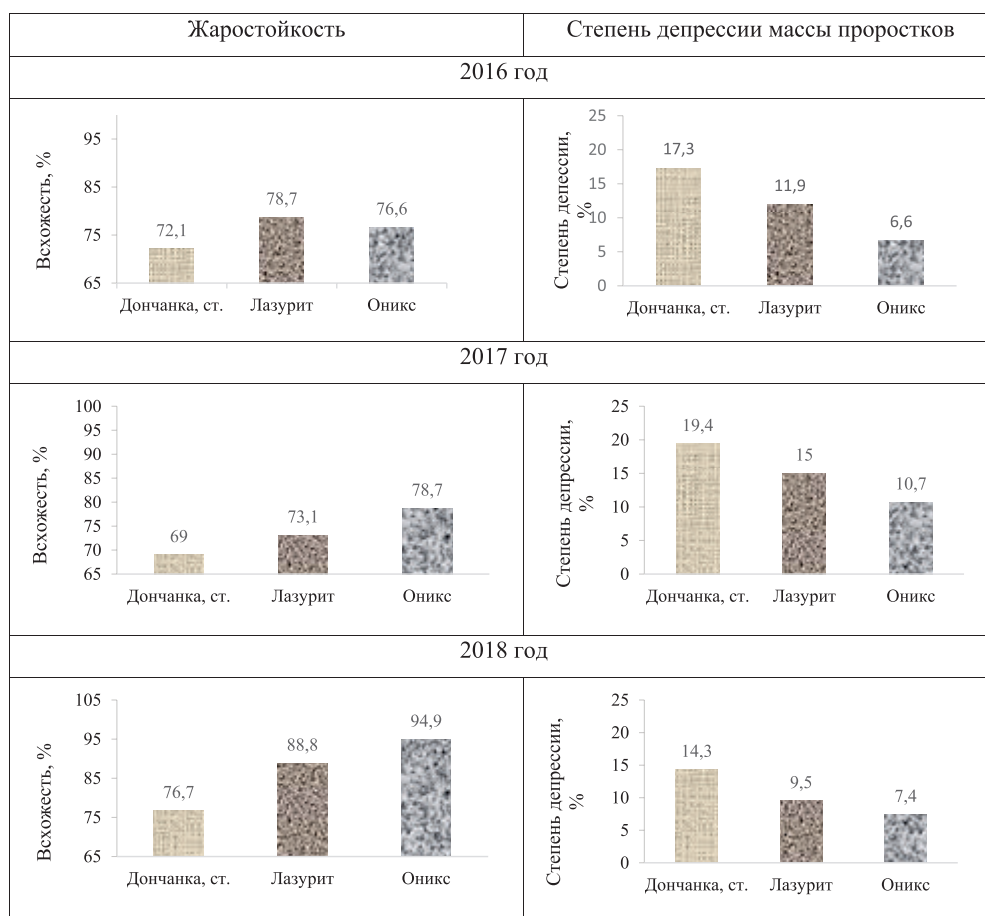
По соотношению устойчивости к тепловому удару сорта различались в зависимости от года получения семян: в 2016 г. самым устойчивым был сорт Лазурит, а в 2017 и 2018 гг. – сорт Оникс. Семена сорта-стандарта Дончанка оказались наименее устойчивыми к тепловому стрессу. Максимальный размах значений всхожести семян после прогрева составил для сорта Лазурит 15,7% за годы исследований, а для сорта Оникс – 18,3%. Следует отметить, что наибольшей

всхожестью после прогрева обладали семена, полученные в острозасушливом 2018 г.: по сравнению со всхожестью семян оптимального 2017 г. всхожесть семян сорта Лазурит стала выше на 15,7%, а у сорта Оникс – на 16,2%.

Для получения полной и достоверной величины жаростойкости озимой твердой пшеницы применяли оценку снижения массы проростков после прогревания, что отражает снижение интенсивности ростовых процессов. Семена, получившие тепловой удар в сухом состоянии, при помещении их в оптимальные условия прорастания формируют проростки, у которых масса меньше, чем в контроле. По величине снижения массы проростков из обработанных семян (в % от контроля) провели оценку изучаемых сортов озимой твердой пшеницы (рис. 3). Наименьшей степенью депрессии массы проростков обладает сорт Оникс, а наибольшей – сорт-стандарт Дончанка. Такая закономерность депрессии массы проростков сохраняется во все три года изучения.

На рисунке 4 представлены средние за три года значения жаростойкости семян изучаемых сортов.

Установлено, что семена изучаемых сортов существенно различаются по всхожести после прогрева. Наиболее устойчивым к стрессу (температура) оказался сорт Оникс, который имел всхожесть 86,7% (I группа устойчивости), что на 14% выше контрольного сорта Дончанка. Сорт Лазурит со всхожестью 80,2% также относился к первой группе устойчивости, но превысил контрольный сорт только на 7,8%.



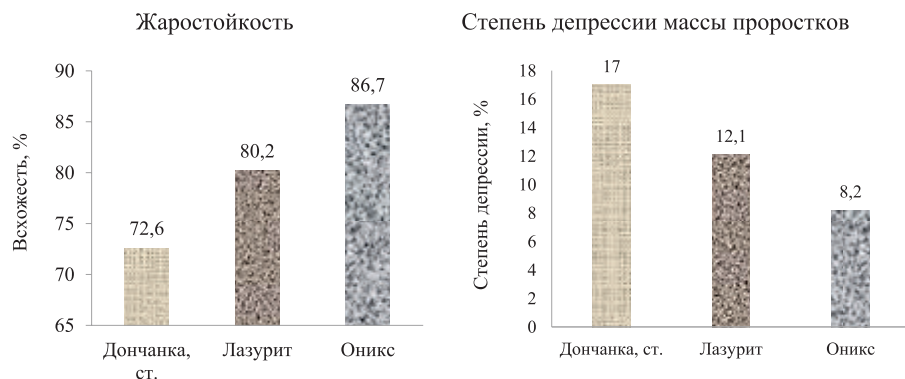
**Рис. 3.** Всхожесть семян сортов озимой твердой пшеницы после прогрева (жаростойкость) и степень депрессии массы полученных из этих семян проростков (% уменьшения массы) за 2016–2018 гг.

**Fig. 3.** Germinating ability of winter durum wheat seeds after heating (heat resistance) and degree of depression of dry sprout mass (% of mass decrease) in 2016–2018

По степени депрессии в накоплении сухой массы проростков под воздействием высоких температур выделился также сорт Оникс, степень депрессии которого составила 8,2% (рис. 4).

Степень связи двух показателей жаростойкости семян – всхожесть и степень депрессии массы проростков – оценили по величине коэффициентов

корреляции. Оказалось, что эти показатели для изученных сортов между собой очень тесно связаны: коэффициент корреляции значений всхожести и степени депрессии проростков составил  $r = -0,99 \pm 0,17$  для семян 2017, 2018 гг. и среднего за три года. Несколько отличалась величина связи изученных признаков за 2016 г. –  $r = -0,67 \pm 0,9$ .



**Рис. 4.** Всхожесть семян сортов озимой твердой пшеницы после прогрева при 54 °С в течение 20 минут (жаростойкость) и степень депрессии массы полученных из этих семян проростков (% уменьшения массы), среднее за 2016–2018 гг.

**Fig. 4.** Germinating ability of winter durum wheat seeds after heating at 54 °C during 20 min (heat resistance) and degree of depression of dry sprout mass (% of mass decrease), average in 2016–2018



Нами было проведено изучение устойчивости семян озимой твердой пшеницы двумя лабораторными методами, которые характеризуют разные стороны устойчивости семян. Проращивание семян на растворах осмотиков позволяет оценить способность семян поглощать воду и величину их сосущей силы, а также способность быстро трогаться в рост. Оценка жаростойкости выявляет потенциальную устойчивость роста и развития растений озимой твердой пшеницы в период активной вегетации в условиях высоких летних температур. Полученные экспериментальные данные позволяют выявить степень связи этих двух признаков. Сопряженность между средними за три года значениями засухоустойчивости и всхожести семян после теплового прогрева практически отсутствовала и составила  $r = -0,16 \pm 0,04$ , а между засухоустойчивостью и степенью депрессии массы проростков  $r = 0,14 \pm 0,05$ . Следовательно, на величину всхожести семян в условиях дефицита влаги и всхожести семян после прогрева влияют разные физиологические про-

цессы, в то время как между засухоустойчивостью и степенью депрессии массы проростков зафиксирована хоть и слабая, но положительная связь.

**Выводы.** Сорта озимой твердой пшеницы селекции ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской» различаются по способности переносить возрастающую засуху в период прорастания семян. Сорт Лазурит способен прорасти при осмотическом давлении внешнего раствора до 16 атм, а семена сорта Оникс резко снижают всхожесть при осмотическом давлении выше 12 атм. Оценка жаростойкости семян и степени депрессии массы проростков может применяться для сравнительной оценки сортов озимой твердой пшеницы и выявления механизма засухоустойчивости, так как было показано, что более устойчивый к высокому осмотическому давлению сорт Лазурит имеет более низкую жаростойкость по сравнению с сортом Оникс. Следовательно, целесообразно проводить комплексную оценку семян озимой твердой пшеницы на устойчивость к недостатку влаги и на жаростойкость.

#### Библиографические ссылки

1. Грициенко В. Г., Гольдварг Б. А. Озимая твердая пшеница в засушливых условиях юга России // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2015. № 41. С. 17–20.
2. Казакова А. С., Гайдаш М. Г. Оценка засухоустойчивости озимой пшеницы селекции Донского селекцентра по прорастанию семян в условиях водного дефицита // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. 2005. № 4. С. 51–54.
3. Казакова А. С., Лысогоренко М. А. Оценка и отбор устойчивых к дефициту влаги сортов озимой твердой пшеницы как новый элемент в ресурсосберегающей технологии производства зерна // Ресурсосбережение в сельскохозяйственном производстве: сб. науч. трудов. Ростов н/Д., 2009. С. 187–192.
4. Казакова А. С., Лысогоренко М. А., Самофалова Н. Е. Влияние возрастающего водного стресса на всхожесть семян и мощность проростков озимой твердой пшеницы селекции ВНИИЗК им. И. Г. Калининко // Вестник аграрной науки Дона: сб. науч. трудов. Зерноград, 2008. № 3. С. 79–84.
5. Казакова А. С., Лысогоренко М. А. Устойчивость озимой твердой пшеницы к дефициту влаги при прорастании семян // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. 2011. № 3. С. 47–51.
6. Самофалова Н. Е., Иличкина Н. П., Авраменко М. А. и др. Коммерческие сорта озимой твердой пшеницы и особенности их семеноводства // Зерновое хозяйство России. 2016. № 6. С. 42–47.
7. Самофалова Н. Е., Иличкина Н. П., Лещенко М. А. и др. Достижения и проблемы в селекции озимой твердой пшеницы // Зерновое хозяйство России. 2014. № 6(36). С. 15–22.
8. Щипак Г. В., Недоступов Р. А., Щипак В. Г. Селекция озимой твердой пшеницы на повышение адаптивного потенциала и урожайность // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2012. Т. 16, № 2. С. 455–463.

#### References

1. Gricienko V. G., Gol'dvarg B. A. Ozimaya tverdaya pshenica v zasushlivykh usloviyakh yuga Rossii [Winter durum wheat in the arid conditions of southern Russia] // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015. № 41. S. 17–20.
2. Kazakova A. S., Gajdash M. G. Ocenka zasuhoustojchivosti ozimoy pshenicy selekcii Donskogo selekcentra po prorstaniyu semyan v usloviyakh vodnogo deficit [Assessment of drought tolerance of winter wheat developed by the "Donskoy" for seed germination in water deficit conditions] // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenij. Severo-Kavkazskij region. Estestvennye nauki. 2005. № 4. S. 51–54.
3. Kazakova A. S., Lysogorenko M. A. Ocenka i otbor ustojchivykh k deficitu vlagi sortov ozimoy tverдой pshenicy kak novyj element v resursosberegayushchej tekhnologii proizvodstva zerna [Evaluation and selection of winter durum wheat varieties resistant to moisture deficit as a new element in resource-saving grain production technology] // Resursosberezhenie v sel'skohozyajstvennom proizvodstve: sb. nauch. trudov. Rostov n/D., 2009. S. 187–192.
4. Kazakova A. S., Lysogorenko M. A., Samofalova N. E. Vliyanie vozrastayushchego vodnogo stressa na vskhozhest' semyan i moshchnost' prorstokov ozimoy tverдой pshenicy selekcii VNIIZK im. I. G. Kalinenko [The effect of increasing water stress on seed germination and the capacity of seedlings of winter durum wheat developed by the ARRIGC named after I. G. Kalinenko] // Vestnik agrarnoj nauki Dona: sb. nauch. trudov. Zernograd, 2008. № 3. S. 79–84.
5. Kazakova A. S., Lysogorenko M. A. Ustojchivost' ozimoy tverдой pshenicy k deficitu vlagi pri prorstanii semyan [Winter durum wheat resistance to moisture deficit during seed germination] // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenij. Severo-Kavkazskij region. Estestvennye nauki. 2011. № 3. S. 47–51.

---

6. Samofalova N. E., Ilichkina N. P., Avramenko M. A. i dr. Kommercheskie sorta ozimoy tverdoj pshenicy i osobennosti ih semenovodstva [Commercial varieties of winter durum wheat and their seed production features] // *Zernovoe hozyajstvo Rossii*. 2016. № 6. S. 42–47.

7. Samofalova N. E., Ilichkina N. P., Leshchenko M. A. i dr. Dostizheniya i problemy v selekcii ozimoy tverdoj pshenicy [Achievements and problems in winter durum wheat breeding] // *Zernovoe hozyajstvo Rossii*. 2014. № 6(36). S. 15–22.

8. Shchipak G. V., Nedostupov R. A., Shchipak V. G. Selekcija ozimoy tverdoj pshenicy na povyshenie adaptivnogo potentsiala i urozhajnost' [Winter durum wheat breeding to increase adaptive potential and productivity] // *Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii*. 2012. T. 16, № 2. S. 455–463.

**Критерии авторства.** Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.