

УДК 581.1:633.13(571.17)

ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ОВСА
*Л. О. Петункина, С. В. Свиркова, Н. А. Маевская, А. А. Старцев***PHYSIOLOGICAL ESTIMATION OF OATS' RESISTANCE**
L. O. Petunkina, S. V. Svirnova, N. A. Maevskaya, A. A. Startsev

Статья посвящена исследованию физиологических показателей устойчивости растений к засухе, засолению, высоким температурам. Подчёркивается значимость лабораторных методов исследования. Выделены и рекомендованы к использованию в селекции генетические источники индивидуальной и комплексной устойчивости к экстремальным факторам среды.

Article is devoted to research of physiological indicators of plant resistance to drought, salinity and high temperatures. The significance of laboratory research methods is emphasized. The genetic sources of individual and integrated resistance to extreme environmental factors have been identified and are for use in breeding.

Ключевые слова: коллекция овса, засуха, засоление, устойчивость, генетический источник.

Keywords: collection of oats, drought, salinity, resistance, stability, genetic source.

Широким ареалом обладает зернофуражная культура – овёс. Это связывают с богатством экотипов и их хорошей приспособленностью к условиям окружающей среды. Овёс часто используют первой культурой при освоении новых земель и завершающей культурой севооборота, определяя его в агротехническом отношении в худшие условия по сравнению с другими зерновыми культурами.

Одним из лимитирующих урожай почвенных факторов является засоление, которому подвержена одна четвертая часть почв планеты. Засолённые почвы в Сибири занимают достаточно обширные территории – 8,8 млн га. [1, с. 163 – 170, 2, с. 13 – 14], способные увеличиваться за счёт вторичного засоления. Такие почвы имеются и в Кемеровской области (57 тыс. га) [3, с. 57 – 59, 4, с. 5 – 6]. Засоление почв не исключает их хозяйственного использования, однако урожаи культур, произрастающих на таких почвах, значительно снижаются. В связи с этим возникает необходимость применения

дорогостоящих мелиоративных приёмов улучшения солонцов или решать задачу селекционным путём.

Для резко континентального климата, в зоне которого расположена Кемеровская область, характерна засуха. По мнению сибирского физиолога растений В. И. Полонского [5, с. 12 – 20], засуха – это длительный бездождливый период, сопровождающийся снижением относительной влажности воздуха, влажности почвы и повышением температуры, когда не обеспечиваются нормальные потребности растений в воде. Наибольший вред для зерновых культур оказывают засухи в весеннее и летнее время, когда происходит формирование у растений генеративных органов и опыление цветков. Замечено, что в Кемеровской области, как и в Сибири в целом, жёсткие весеннее-летние засухи повторяются с периодичностью 4 – 5 лет, а засухи слабой интенсивности наблюдаются почти ежегодно [5, с. 12 – 20, 6, с. 12 – 20]. Это обуславливает необходимость селекции засухоустойчивых сортов. Наибольшее признание среди физиологов растений получил взгляд о ведущей роли

температурного фактора в комплексном воздействии на растительный организм.

Повышаются требования к подбору сортов овса для возделывания в условиях стресса. Они должны обладать высокими адаптивными свойствами и быть пригодными для возделывания в экстремальных условиях производства. Под термином «адаптация» подразумевается процесс изменений в структуре и функциях организма, которые обеспечивают возможность его выживания при воздействии неблагоприятных экологических факторов [6, с. 12 – 20; 7]. Критерием оценки адаптационной способности сортов является их устойчивость к засолению, засухе и другим факторам.

В системе адаптивной селекции особое внимание уделяется поиску, сохранению, идентификации и использованию генетических источников. При этом, наряду с полевым изучением исходного материала, всё более значимыми становятся методы лабораторного исследования культурных растений.

Целью данной работы было изучение солеустойчивости, засухоустойчивости и жаростойкости коллекционных сортов овса лабораторными методами.

Материал и методы исследований

Исследования проведены в лаборатории физиологии растений Кемеровского государственного университета в 2012 году. Изучены физиологические показатели у 12 сортов овса из коллекции Всероссийского научно-исследовательского института растениеводства имени Н. И. Вавилова: Фобос (Кемеровская, Омская, Московская обл.), Ровесник (Кемеровская, Новосибирская обл.), Мегион (Тюменская, Кемеровская обл.), Журавлёнок, Талисман, Малыш (Тюменская обл.), Борот (Ленинградская обл.), СДС Valer (Канада), Azur (Чехия), Pallinum, Vista (США), Tagra (Австралия).

Для мобильности селекционной работы при поиске генетических источников соле-, засухо- и жароустойчивости предпочтительно изучение ряда физиологических показателей у растений на ранних этапах роста и развития. Для этого устойчивость диагностировали по общепринятым и апробированным методам: по степени набухания семян [8], по колеоптильному биотесту [4, с. 5 – 6, 9, с. 243 – 248] и вымываемости электролитов методом Н. Н. Кожушко [10, с. 32 – 42], в модификации Т. В. Олейниковой [11, с. 23 – 32], гидролизу статолитного крахмала [12, с. 43 – 47] и методом проростков [2, с. 13 – 14, 13, с. 3 – 7].

Для оценки солеустойчивости по степени набухания семян отбирали пробы по 50 штук сухих семян, их взвешивали и погружали в марлевых мешочках в раствор NaCl концентрации 2,65 % на 24 часа. После этого семена просушивали фильтровальной бумагой и взвешивали. По изменению массы семян определяли скорость набухания их в NaCl. Набухание в осмотике рассчитывали в процентах от набухания в воде.

Для колеоптильного биотеста у проростков каждого сорта отбирали отрезки колеоптиля длиной 5 мм по 10 штук помещали в чашки Петри с 10 мл 7 % раствора NaCl и по 10 штук с 10 мл дистиллированной воды (контроль). Чашки помещали в термостат при температуре 24°C. Через трое суток измеряли длину биотестов в опыте и контроле и рассчитывали прирост в % к контролю.

При оценке солеустойчивости по вымываемости электролитов из тканей навеску листьев каждого сорта проростков овса в 1 грамм нарезали одинаковыми от-

резками в 0,5 см и помещали в стаканы с 50 мл дистиллированной воды, выдерживали их в термостате 2 часа при температуре 40°C. Затем определяли вымываемость электролитов на кондуктометре. Повторно выход электролитов определяли после кипячения проб и выражали в виде отношения вымываемости электролитов из живых листьев к вымываемости электролитов прокипяченных листьев в процентах.

Определение засухоустойчивости овса осуществляли методом проростков. Пробу семян каждого сорта в количестве 25 штук раскладывали на фильтровальную бумагу, закатывали в рулоны, помещали в химические стаканы с раствором сахарозы (3,8 %), контроль – в дистиллированную воду. В течение недели выдерживали в термостате при постоянной температуре (22°C). По истечении 7 дней определяли количество проросших семян, измеряли длину проростков и корней.

Жаростойкость сортов определяли по методу Ф. Ф. Мацкова [14, с. 54 – 60]. От каждого испытуемого сорта овса брали по 10 листьев. Листья срезали с одного и того же яруса и связывали из них небольшие равные пучки, которые погружали в воду, предварительно подогретую до 40°C. Через 30 минут из каждого пучка отбирали первые пробы листьев для дальнейшего определения их реакции на заданную температуру и временно (до окончания воздействия на растения всех градаций температуры) помещали в чашки Петри (отдельные для каждого сорта) с холодной водой. Затем температуру горячей воды повышали до 50°C и помещали в неё пучки листьев на 10 минут, после чего процедуру отборки пробы листьев повторяли. Затем повышали температуру воды до 60°C, помещали в неё пучки и выдерживали их в течение 10 минут. По истечении этого времени производили отбор проб. После этого холодную воду в чашках Петри заменяли на 0,2 % раствор NaCl. Через 15 минут листья вынимали из чашек и раскладывали на фильтровальной бумаге, по степени их побурения определяли степень воздействия испытанных температур: чем сильнее поврежден лист, тем обширнее область побурения вследствие проникновения кислоты внутрь тканей и образования феофитина. Площадь пятен на единицу времени служит критерием определения жаростойкости листьев.

Исследование жаростойкости представленных сортов осуществляли также по методике определения степени гидролиза статолитного крахмала в клетках корневого чехлика проростков под воздействием обезвоживания. Оценка количества крахмала проводили по 5-балльной шкале и рассчитывали его в баллах. Для этого проростки прогревали в воде в течение 1 часа при температуре 36°C. Для проверки жизнеспособности клеток корня после прогревания срезы корней окрашивали в растворе нейтрально-красного (концентрации 1: 10000) в течение 2 минут, а затем помещали в 1 М раствор сахарозы.

Результаты исследований

Механизм толерантности функционирует прежде всего на уровне клетки. При этом большую роль играет осмотическая регуляция. Исследованиями В. И. Полонского [6, с. 12 – 20] определено, что в условиях засухи активизируется синтез различных стрессовых белков, в том числе белков, удерживающих воду и ионы. Известно, чем сильнее набухают семена, тем выше их устойчивость к осмотикам. Накопление осмотических активных веществ в клетке обеспечивает высокую водоудер-

живающую способность цитоплазмы. По степени набухания семян выделено 2 группы сортов овса. В первой группе отмечено увеличение массы семян в осмотике от 83,6 – 92,4 % относительно контроля. В эту группу включены: Журавлёнок, Малыш, Мегион, Pallinum, СДС Baler (табл. 1). Меньшее увеличение массы (от 68,5 до 70,7 %) отмечено у сортов второй группы: Фобос, Борот, Тагра. Поэтому первая группа сортов более устойчива, чем вторая.

Самая большая разница между сухими и набухшими семенами выявлена у сортов: Ровесник, Мегион, Малыш, Pallinum. Средняя разница в массе у них составила 1,62 г. Самая низкая разница в массе (1,09 г) выявлена у сортов: Борот, Талисман, Журавлёнок, Vista. Сорта Фобос, Тагра, СДС Baler, Azur входят в группу со средней разностью в массе, равной 1,32 г (табл. 1).

Наибольшая степень проницаемости мембран наблюдалась у сортов – Фобос, Журавлёнок, Мегион, СДС Baler и составила от 58,6 до 67,4 %. Это свидетельствует о большей повреждаемости клеток. Сорта с показателями от 19,9 до 26,5 % отнесены к группе устойчивых, так как характеризуются низкой вымываемостью электролитов (табл. 1).

Методом колеоптимального биотеста выявлены устойчивые к почвенному засолению российские сорта: Борот, Ровесник, Журавлёнок и канадский сорт СДС Baler. У них прирост колеоптилей составил 27,3 – 50 % по отношению к контролю. Менее устойчивы к засоле-

нию оказались сорта, у которых прирост колеоптилей был ниже 10 – 20 % по отношению к контролю.

Результаты опытов по определению жаростойкости представлены в таблице 2. Анализируемые на жаростойкость сорта ранжированы в 3 группы в зависимости от реакции испытываемого сорта на влияние высокой температуры. Первая группа включает в себя сорта со средней устойчивостью к высоким температурам: Фобос, СДС Baler, Журавлёнок. Эти сорта имели среднюю степень повреждения листьев высокой температурой (от 50 % до 58 %) и высокий уровень содержания статолитного крахмала. Вторая группа характеризовалась устойчивостью ниже среднего и сформирована сортами Тагра, Vista, Pallinum, Azur и Талисман. Для этих сортов определено высокое содержание статолитного крахмала (70 – 85 %).

Третья группа образована сортами Мегион, Борот, Ровесник, Малыш. Для данных сортов характерна высокая степень поражения листьев (85 – 95 %) и низкое содержание (3 степень) статолитного крахмала. Таким образом, сорта этой группы можно считать неустойчивыми к высокой температуре.

В эксперименте по диагностике засухоустойчивости образцов овса было выявлено, что сорта Талисман, СДС Baler обладают высокой всхожестью, а Малыш, Борот, Pallinum, Ровесник имели всхожесть ниже 50 % (табл. 3).

Таблица 1

Диагностика солеустойчивости сортов овса коллекционного питомника, 2011 г.

Название образца (сорт, линия)	Происхождение	Набухание семян, %	Колеоптимальный биотест, в % к контролю	Вымываемость электролитов, %
Журавлёнок	Россия	92,4	27,3	67,4
Малыш	Россия	86,5	20,0	25,6
Мегион	Россия	85,9	10,0	59,0
Ровесник	Россия	76,2	35,0	33,2
Талисман	Россия	72,7	20,0	25,6
Борот	Россия	70,3	50,0	23,6
Фобос	Россия	68,5	25,0	65,7
Azur	Чехия	88,0	20,0	26,5
Pallinum	США	89,3	13,3	24,9
СДС Baler	Канада	83,6	33,3	58,6
Тагра	Австралия	70,7	-	33,3
Vista	США	77,4	-	19,9

Таблица 2

Оценка жаростойкости сортов овса коллекционного питомника, 2011 г.

Сорт	Степень повреждения листовой пластинки, %	Содержание статолитного крахмала, в баллах	Степень устойчивости
Фобос	50	5	средняя
Журавлёнок	50	4	средняя
СДС Baler	58	5	средняя
Azur	70	4	ниже среднего
Pallinum	70	5	ниже среднего
Талисман	70	5	ниже среднего
Vista	70	5	ниже среднего
Тагра	85	5	ниже среднего
Малыш	95	3	низкая
Борот	95	3	низкая
Мегион	85	3	низкая
Ровесник	85	3	низкая

Действие стрессового фактора (модельная засуха) при проращивании семян и развитии проростков в растворе сахарозы повлияло на длину их корней и ростков. Наблюдение за проросшими семенами в течение недели показало, что в варианте опыта с водой длина ростков и длина корней выше, чем в варианте с сахарозой. Средняя длина проростков в контрольных условиях составила 5,47 см против 3,24 см опытного варианта. Наилучшие биометрические результаты получены у сортов: Журавлёнок, Малыш, СДС Baler (70 – 80 % по отношению к контролю). Самые короткие проростки отмечены у сортов: Фобос, Azur, Pallinum (2,3 – 2,9 см). Самую

длинную корневую систему имели Талисман, Журавлёнок, СДС Baler, Тагра, самую короткую – Фобос, Мегион, Pallinum.

Анализ результатов по оценке засухоустойчивости овса позволил ранжировать сорта на группы. К засухоустойчивым отнесены сорта: Журавлёнок, Малыш, СДС Baler, к среднеустойчивым – Талисман, Vista, Ровесник, Мегион, Pallinum, Тагра. А сорта Фобос, Борот и Azur оказались не устойчивыми к засухе (таблица 3).

Таблица 3

Оценка засухоустойчивости сортов овса коллекционного питомника, 2011 г.

Название образца (сорт, линия)	Всхожесть, %		Длина проростков, см		Отношение опыт/контроль *100	Степень устойчивости
	контроль (вода)	опыт	контроль	опыт		
Фобос	76	92	5,7	2,6	40	неустойчивый
Azur	60	68	5,6	2,3	41	неустойчивый
Борот	-	-	6,3	3,0	42	неустойчивый
Мегион	72	76	6,8	3,6	53	среднеустойчивый
Ровесник	-	-	6,4	3,5	54	среднеустойчивый
Талисман	84	84	5,2	4,1	60	среднеустойчивый
Vista	100	68	5,5	3,3	60	среднеустойчивый
Pallinum	-	-	3,6	2,9	60	среднеустойчивый
Тагра	92	48	5,2	3,3	60	среднеустойчивый
Журавлёнок	80	68	4,7	3,4	70	устойчивый
Малыш	-	-	5,0	3,6	72	устойчивый
СДС Baler	96	88	5,6	3,3	80	устойчивый

Заключение

В ходе лабораторного эксперимента у овса выявлены сортовые различия по степени соле- и засухоустойчивости и жаростойкости. В качестве генетических источников солеустойчивости определены сорта:

– Журавлёнок, Малыш, Мегион (Тюменская, Кемеровская обл.), Pallinum (США), СДС Baler (Канада) по степени набухания семян;

– Борот (Ленинградская обл.), Ровесник (Новосибирская, Кемеровская обл.), Журавлёнок (Тюменская обл.), СДС Baler (Канада) по росту coleoptилей;

– Фобос (Кемеровская, Омская, Московская обл.), Журавлёнок (Тюменская обл.), СДС Baler (Канада) по степени проницаемости мембран.

Перспективными по жаростойкости выявлены Фобос (Кемеровская, Омская, Московская обл.), Журавлёнок (Тюменская обл.), СДС Baler (Канада).

По степени засухоустойчивости ценностью представляют генетические источники: Журавлёнок, Талисман (Тюменская обл.), СДС Baler (Канада), Azur (Чехия).

По обобщенным результатам лабораторной диагностики физиологических показателей среди образцов овса коллекционного питомника определены и рекомендованы для использования в селекционных программах в качестве генетических источников с комплексной устойчивостью к засолению, обезвоживанию и высоким положительным температурам сибирский сорт Журавлёнок и СДС Baler из Канады.

Литература

1. Семендяева, Н. В. Происхождение, свойства и мелиорация солонцов Западной Сибири / Н. В. Семендяева // Проблемы почвоведения в Сибири. – Новосибирск, 1990.
2. Коваль, В. С. Оценка коллекции ячменя на солеустойчивость / В. С. Коваль, Г. В. Давыдова // Научно-технический бюллетень ВИР. – Л., 1991. – Вып. 207.
3. Чуманова, Н. Н. Солеустойчивость коллекционных сортов овса / Н. Н. Чуманова // Сельскохозяйственная наука и её влияние на развитие агропромышленного комплекса Кузбасса. – Кемерово, 1994.
4. Сартакова, С. В. Оценка солеустойчивости ячменя / С. В. Сартакова, А. В. Заушинцена, Л. О. Петункина // Доклады РАСХН. – 1997.
5. Полонский, В. И. Оценка зерновых злаков на устойчивость к неблагоприятным экологическим факторам / В. И. Полонский, Н. А. Сурин. – Новосибирск, 2003.

6. Полонский, В. И. Физиологические основы оценки селекционного материала. / В. И. Полонский. – Красноярск, 2007.
7. Сурин, Н. А. Селекция ячменя в Сибири / Н. А. Сурин, Н. Е. Ляхова. – Новосибирск, 1993. – 292 с.
8. Методические указания по определению солеустойчивости ячменя / ВИР. – Л., 1980. – 14 с.
9. Синельникова, В. Н. Способ диагностики солеустойчивости злаков по ростовой реакции колеоптильных биотестов / В. Н. Синельникова, Г. В. Удовенко // Методы оценки устойчивости растений к неблагоприятным факторам окружающей среды. – Л., 1976.
10. Кожушко, Н. Н. Выход электролитов как критерий оценки засухоустойчивости и особенности его использования для зерновых культур / Н. Н. Кожушко // Методы оценки устойчивости растений к неблагоприятным условиям среды / под ред. Г. В. Удовенко. – Л., 1976.
11. Олейникова, Т. В. Определение засухоустойчивости сортов пшеницы, ячменя, линий и гибридов кукурузы по прорастанию на растворах сахарозы с высоким осмотическим давлением / Т. В. Олейникова, Ю. Ф. Осипова // Методы оценки устойчивости растений к неблагоприятным условиям среды / под ред. Г. В. Удовенко. – Л., 1976.
12. Баданова, К. А. Диагностика засухо- и жаростойкости растений по изменению содержания статолитного крахмала / К. А. Баданова, В. В. Левина // Методы оценки устойчивости растений к неблагоприятным условиям среды / под ред. Г. В. Удовенко. – Л., 1976.
13. Петункина, Л. О. Диагностика устойчивости растений к засолению и засухе методом проростков / Л. О. Петункина // Флора и растительность антропогенных нарушенных территорий. – Кемерово, 2008. – Вып. 4.
14. Мацков, Ф. Ф. Распознавание живых, мёртвых и повреждённых хлорофиллоносных тканей растений по реакции образования феофитина при оценке устойчивости к экстремальным воздействиям / Ф. Ф. Мацков // Методы оценки устойчивости растений к неблагоприятным условиям среды / под ред. Г. В. Удовенко. – Л., 1976.

Информация об авторах:

Петункина Людмила Олеговна – кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники, КемГУ, petunkina@pochta.ru.

Petunkina Lyudmila Olegovna – Candidate of Biology, Associate Professor at the Department of Botany of KemSU.

Свиркова Светлана Валерьевна – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, доцент кафедры ботаники, КемГУ, svsvirkova@jandex.ru.

Svirkova Svetlana Valeryevna – Candidate of Agricultural Science, Senior Researcher, Associate Professor at the Department of Botany of KemSU.

Маевская Надежда Александровна – студентка 5 курса биологического факультета, КемГУ, ptichka072@bk.ru.

Maevskaya Nadezhda Aleksandrovna – 5th-year student at the Biological Faculty of KemSU.

Старцев Алексей Алексеевич – аспирант кафедры ботаники, КемГУ, staralex128@jmail.ru.

Startsev Aleksey Alekseevich – post-graduate student at the Department of Botany of KemSU.