



## СВОБОДНЫЙ ПРОЛИН – БИОХИМИЧЕСКИЙ ПОКАЗАТЕЛЬ СОЛЕУСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ

**КРИВОБОЧЕК Виталий Григорьевич**, Пензенский научно-исследовательский институт сельского хозяйства

**СТАЦЕНКО Александр Петрович**, Пензенский государственный университет

**ТРАЗАНОВА Екатерина Александровна**, Пензенский государственный университет

**КУРЫШЕВ Иван Александрович**, Пензенский государственный университет

*Выявлена тесная связь между содержанием свободного пролина в вегетативных органах и солеустойчивостью культурных растений. На основании этого разработан способ оценки устойчивости сельскохозяйственных культур к почвенному засолению, проведена оценка солеустойчивости 16 культурных растений. Выделено три группы устойчивости культур к засолению: высокоустойчивые к солевому стрессу (подсолнечник, ячмень, рожь, тритикале, озимая пшеница), среднеустойчивые (рис, гречиха, сорго, овес, просо, кукуруза) и слабоустойчивые (люпин, бобы, фасоль, горох, соя).*

Одним из типичных видов антропогенного воздействия на почву является вторичное засоление. Во всем мире процессам вторичного засоления подвержено около 30 % орошаемых земель. В частности, засоленные почвы в России занимают 36 млн га, что составляет 18 % общей площади орошаемых земель. Засоленные почвы главным образом распространены на юго-востоке европейской части России, в степных районах Сибири. Засоление почвы обусловлено избыточным накоплением в корнеобитаемом слое электролитных (растворенных или поглощенных) солей, которые угнетают и губят сельскохозяйственные растения, снижают качество и объем урожая [1].

В корнеобитаемый слой почвы соли могут поступать из засоленных грунтов или грунтовых вод вместе с поливной водой и солевой пылью, которая образуется при разносе солончаков ветром [4]. В процессе полива нисходящие токи воды перемещают соли из верхних горизонтов почвы в нижние, после чего восходящие токи воды поднимают их вверх. Таким образом проходит миграция солей по почвенным горизонтам.

При близком залегании грунтовых вод образуется постоянный восходящий ток воды, которая, испаряясь, откладывает соли в почве [1, 7]. Засоленными принято считать почвы засушливых зон с повышенным (более 0,25 %) содержанием легкораствори-

мых в воде минеральных солей: хлоридов, сульфатов, карбонатов натрия, кальция и магния [4].

На сегодняшний день значительные массивы засоленных почв находятся в Поволжье, что наносит большой ущерб сельскому хозяйству региона. Вследствие снижения урожая разнообразных культур ежегодно теряются миллионы тонн сельскохозяйственной продукции. В частности, урожайность зерновых культур в Поволжье в результате вторичного засоления земель снижается на 25–30 %. Поэтому очень важна объективная диагностика степени солеустойчивости сельскохозяйственных растений. В связи с этим разработка точных и оперативных методов оценки солеустойчивости растений приобретает большое значение для семеноводческой и селекционной работы.

В сельскохозяйственной практике известны прямые и косвенные методы определения солеустойчивости растений, предусматривающие оценку урожайности и продуктивности, интенсивности плазмолиза клеток, скорости прорастания семян, выцветания хлорофилла в листьях проростков, помещенных в солевые растворы [9–11]. Однако названные методы не всегда являются объективными, так как скорость прорастания, всхожесть семян зависят не только от солеустойчивости, но и в значительной степени от состояния зародышей, семенных оболочек,

глубины покоя семени и др. Кроме того, некоторые из них трудоемки и долгосрочны в исполнении.

Известен также метод оценки солеустойчивости по прорастанию семян в солевых растворах [11]. Основным показателем устойчивости этого метода является процент проросших семян за период от 5 до 15 суток в условиях засоления по сравнению с водным контролем. Однако практическое использование этого метода ограничено тем, что обязательным условием его исполнения является высокая лабораторная всхожесть семян. Кроме того, семенной материал, используемый для проращивания, должен быть выращен в одних природно-климатических и погодных условиях, что на практике не всегда возможно.

Имеются сведения о том, что аминокислота пролин сочетает в себе защитные свойства со способностью накапливаться в свободной форме в вегетативных органах растений в условиях мороза, засухи и засоления [3, 5, 6, 8, 11]. В связи с этим степень накопления свободного пролина в вегетативных органах (листьях) предполагается использовать в диагностике солеустойчивости растений.

Цель исследований – изучить влияние засоления почвы на содержание аминокислоты (пролина) в листьях сельскохозяйственных культур и разработать метод оценки солеустойчивости растений.

**Методика исследований.** В качестве объекта исследования использовали 10-суточные проростки зерновых, крупяных, масличных и бобовых культур, которые подвергали стрессовому воздействию – засолению. Предварительно из партии семян испытуемых растений отбирали пробы (по 100 семян в каждой). Затем семена в течение получаса замачивали в теплой воде (30...35 °С) и проращивали в термостате в течение 10 суток в растильнях на увлажненной многослойной фильтровальной бумаге при температуре 25...28 °С и круглосуточном освещении 5 тыс. лк. Контрольную пробу проращивали на ложе, увлажненном водой, а испытуемые образцы на 0,5-молярном растворе хлористого натрия.

После проращивания в листьях контрольных и испытуемых образцов определяли содержание свободного пролина. С этой целью 0,5 г растительного материала гомогенизировали с помощью гомогенизатора;

можно растирать в ступке с кварцевым песком в 10 мл 3%-го раствора сульфосалициловой кислоты. Затем 2 мл отфильтрованного через плотный бумажный фильтр гомогената смешивали с 2 мл кислого нингидрина и 2 мл ледяной уксусной кислоты. Кислый нингидрин готовили предварительно за сутки до проведения анализа путем кипячения 1,25 г нингидрина в 30 мл ледяной уксусной кислоты и 20 мл ортофосфорной кислоты до полного растворения. Смесь выдерживали в пробирках в течение часа на водяной бане при температуре 100 °С. Реакцию ограничивали охлаждением в ледяной бане, после чего в каждую пробирку приливали по 4 мл толуола (или бензола) и энергично взбалтывали в течение 15–20 с до полного обесцвечивания смеси.

После 15-минутного отстаивания хромофор (окрашенный верхний слой) оценивали на фотоэлектрокалориметре (ФЭК-56М) на плотность окрашивания. Абсорбцию измеряли на синем светофильтре при 520 нм. В качестве контроля использовали толуол.

**Результаты исследований.** Содержание свободного пролина в образцах определяли по стандартной кривой, рассчитывали в мг% на сырую массу. Стандартную кривую строили на базе растворов фабричного препарата пролина различных концентраций. После этого проводили расчет коэффициентов солеустойчивости. На их основе выделили три группы растений (см. таблицу): высокоустойчивые к солевому стрессу (коэффициенты солеустойчивости 3,5 и выше); среднеустойчивые (2,1–2,7) и слабоустойчивые (1,8 и ниже).

Анализ показал, что содержание свободного пролина в листьях испытуемых культур и вычисленные на его основе коэффициенты солеустойчивости позволяют более детально дифференцировать растения по уровню устойчивости к засолению. В результате оценки выделены три группы растений: высокоустойчивые к соляному стрессу – подсолнечник, ячмень, рожь, тритикале, озимая пшеница; среднеустойчивые – рис, гречиха, сорго, овес, просо, кукуруза и слабоустойчивые – люпин, бобы, фасоль, горох, соя.

Новый метод отличается высокой объективностью полученных результатов и оперативностью, в связи с чем его можно использовать в селекционной практике. При этом в процессе оценки солеустойчивости селекци-



**Результаты сравнительной оценки солеустойчивости растений  
различных систематических групп**

Культура	Традиционный метод	Новый метод		Коэффициент солеустойчивости
	проращивание семян в солевом растворе, %	содержание пролина, мг%		
		контроль	опыт	
Подсолнечник	91	11	50	4,5
Ячмень	82	14	55	3,9
Рожь	79	15	56	3,7
Тритикале	84	10	40	4,0
Озимая пшеница	76	13	46	3,5
Рис	63	15	41	2,7
Гречиха	61	14	35	2,5
Сорго	55	16	37	2,3
Овес	58	12	29	2,4
Просо	63	13	34	2,6
Кукуруза	52	14	29	2,1
Люпин	38	16	22	1,4
Бобы	40	14	21	1,5
Фасоль	43	15	26	1,7
Горох	46	16	29	1,8
Соя	36	13	16	1,2

онного материала целесообразно использовать сорта-дифференциаторы с известной степенью устойчивости к солевому стрессу, что позволит селекционеру проводить выбраковку слабоустойчивых линий.

**Выводы.** Нами разработан и запатентован оперативный и надежный способ оценки солеустойчивости растений [2].

Главная суть разработанного способа – определение свободного пролина в листьях контрольных и подвергнутых солевому стрессу партий растений с последующим расчетом коэффициентов солеустойчивости.

Коэффициенты солеустойчивости вычисляются отношением концентрации аминокислоты стрессовых растений к контрольным. На основании этого дается заключение о степени устойчивости растений к засолению и целесообразности использования селекционного материала.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Вальков В.Ф., Казеев К.Ш., Колесников С.И. Засоление почв. – Ростов н/Д.: Феникс, 2014. – 165 с.
2. Вихрева В.А., Блинохватов А.Ф., Стаценко А.П., Хрянин В.Н. Способ оценки солеустойчивости растений // Патент № 2181240. 2002.
3. Изменчивость обменных процессов в растениях пшеницы при стрессовых воздействиях /

В.Г. Кривобочек [и др.] // Аграрный научный журнал. – 2016. – № 6. – С. 20–23.

4. Классификация и диагностика почв России / Л.Л. Шишов [и др.]. – Смоленск: Альфа, 2014. – 342 с.

5. Кривобочек В.Г., Стаценко А.П., Городничев А.А. Пролиновый индекс как оценочный показатель морозостойкости озимой пшеницы // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. – 2012. – № 4. – С. 15–16.

6. Кузнецов В.В., Шевякова Н.И. Пролин при стрессе: биологическая роль, метаболизм и регуляция // Физиология растений. – 1999. – Т. 46. – Вып. 2. – С. 305–320.

7. Лопатовская Л.О., Сугаченко А.А. Мелиорация почв. – Иркутск: Иркутский ГУ, 2010. – 101 с.

8. Савицкая Н.Н. О биологической роли пролина в растениях // Доклад высшей школы. – 1976. – № 2. – С. 49–61.

9. Семушина Л.А., Синельникова В.Н. Методические указания при использовании вегетационных методов при изучении солеустойчивости однолетних сельскохозяйственных растений. – Л.: Всесоюзный НИИ растениеводства, 1977. – 20 с.

10. Удовенко Г.В. Методика диагностики устойчивости растений. – Л.: Всесоюзный НИИ растениеводства, 1970. – 74 с.

11. Удовенко Г.В. Диагностика устойчивости растений к стрессовым воздействиям. – Л.: Всесоюзный НИИ растениеводства, 1988. – 227 с.



**Кривобочек Виталий Григорьевич**, д-р с.-х. наук, проф., главный научный сотрудник, Пензенский научно-исследовательский институт сельского хозяйства. Россия.

442731, Пензенская обл., р.п. Лунино, ул. Мичурина, 16.

Тел.: 89042668573; e-mail: penzniish-szk@mail.ru.

**Стаценко Александр Петрович**, д-р с.-х. наук, проф. кафедры «Техносферная безопасность», Пензенский государственный университет. Россия.

**Тразанова Екатерина Александровна**, аспирант кафедры «Техносферная безопасность», Пензен-

ский государственный университет. Россия.

**Курышев Иван Александрович**, аспирант кафедры «Техносферная безопасность», Пензенский государственный университет. Россия.

440028, г. Пенза, ул. Красная, 40.

Тел.: (8412) 36-82-93.

**Ключевые слова:** культурные растения; солеустойчивость; аминокислота пролин; коэффициент солеустойчивости; группы устойчивости; сорта-дифференциаторы; селекционный материал.

## FREE PROLINE – BIOCHEMICAL INDICATOR OF PLANTS SALT TOLERANCE

**Krivobochech Vitaliy Grigoryevich**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the chair "Selection of Sereals", Penza Scientific Research Institute of Agriculture. Russia.

**Statsenko Alexander Petrovich**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the chair "Technosphere safety". Penza State University. Russia.

**Trazanova Ekaterina Alexandovna**, Post-graduate Student of the chair "Technosphere safety", Penza State University. Russia.

**Kuryshch Ivan Alexandrovich**, Post-graduate Student of the chair "Technosphere safety", Penza State University. Russia.

**Keywords:** cultivated plants; salinization; the amino acid proline; the ratio of salt; group sustainability; varieties differentiators; breeding material.

*A close affinity between containing of free proline in vegetative organs and salinization resistance of cultivated plants has been revealed, whereby agricultural plants resistance criterion to soil salinization has been assessed. As a result the plants have been divided into 3 salinization resistant groups: highly resistant to salinity stress (sunflower, barley, rye, triticale, fall wheat), medium resistant (rice, buckwheat, sorghum, oat, millet, maize) and weakly resistant (lupine, bean, kidney beans, peas, soybean).*

УДК 619:636.2:637.12.04/.07

## БИОХИМИЧЕСКОЕ И БАКТЕРИАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ МОЛОКА У ЛАКТИРУЮЩИХ КОРОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМАХ ЭНДОМЕТРИТА

**ЛЯШЕНКО Надежда Юрьевна**, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

**ФИЛАТОВА Алена Владимировна**, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

**АВДЕЕНКО Владимир Семенович**, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

*Рассмотрены физико-химические свойства молока коров при различных формах эндометрита. Установлено, что у коров, больных эндометритом, в течение лактации наблюдается выраженная положительная корреляция между числом соматических клеток (СК) и концентрацией в молоке лактоферрина и умеренная отрицательная корреляция между содержанием лактопероксидазы и активностью каталазы. Число мезофильных анаэробных лактатсбраживающих микроорганизмов зависит от уровня общей бактериальной обсемененности молока и состояния половых органов ( $p < 0,05$ ). У коров, больных острым эндометритом, общая бактериальная обсемененность в 2 раза выше, чем у клинически здоровых.*

**М**одернизация молочного скотоводства как отрасли имеет большое социально-экономическое значение с точки зрения обеспечения населения биологичес-

ки полноценными продуктами питания [8]. В настоящее время одна из актуальных проблем – производство качественного молока и готовых молочных продуктов, гарантирую-

