

УДК 581.1:632.1

## ВЛИЯНИЕ УРОВНЯ ЗАСОЛЕНИЯ НА СОДЕРЖАНИЕ САХАРОВ У НЕКОТОРЫХ ЗЛАКОВ

Н. В. Орлова, М. Г. Кусакина, Э. А. Дмитриева

Пермский государственный университет, 614990, Пермь, ул. Букирева, 15

Установлено, что отличия в накоплении различных форм сахаров у исследованных злаков зависят как от уровня засоления, так и от видовой специфичности.

Изучение путей адаптации растений к неблагоприятным экологическим факторам дает возможность понять регуляторные механизмы, обеспечивающие выживание растений в стрессовых условиях. Это касается не только культурных растений, но и дикорастущих форм. Особый интерес представляют растения, приспособленные в процессе эволюции к высокому содержанию солей в почве, произрастающие в Троицком учлесхозе Челябинской области. Растения этого региона испытывают одновременное действие комплекса неблагоприятных факторов.

Одним из эффективных механизмов физиологической адаптации к засолению является накопление в клетках водорастворимых углеводов.

Как отмечают М. Кафи и др. (2003), повышение количества углеводов в органах растений является ответной реакцией на избыток одновалентных ионов в вакуолях клеток при засолении. Растворимые углеводы действуют как осмотики и в отличие от одновалентных ионов не оказывают вредного влияния на ферменты и мембраны.

Простые сахара, накапливающиеся при действии на растения засоления, засухи и других неблагоприятных факторов среды, являются широко распространенными и универсальными осмотиками, оказывают протекторный эффект, защищая белково-липидные компоненты мембран от денатурации при обезвоживании (Франко, Мело, 2000). Кроме того, они используются как энергетический и пластический материал (Колупаев, Трунова, 1994).

### Методы исследований

Объектами исследований явились многолетние злаки, произрастающие в Соленом логу на территории Троицкого учлесхоза Челябинской области: ячмень короткоострый (*Hordeum brevisubulatum* (Trin.) Link), пырей ползучий (*Agropyron repens* (L.) Beauv.) и бескильница тончайшая (*Puccinellia tenuissima* Litv. ex V. Krecz.), на солонцах и солончаках с хлоридно-сульфатным типом засоления.

Пробы для анализов брали в 2003 г. в фазу цветения и колошения растений. Органы исследуемых растений фиксировали при температуре 105°C, а затем высушивали при температуре 65°C. Содержание моно-, дисахаров и суммы сахаров определяли по методу Хагедорн-Йенсена (Ермаков и др., 1987). Количество сахарозы рассчитывали умножением величины дисахаров на коэффициент 0.95. Полученные данные были статистически обработаны (Доспехов, 1985).

### Результаты и обсуждение

Система углеводного обмена в силу ее специфических особенностей является одним из основных участников механизма адаптации растений к неблагоприятным экологическим факторам, в частности к засолению (Кафи, Стюарт, 2003; Шевякова, Рощупкин, 1994; Settano, 1996).

Нами определялось содержание водорастворимых солей в корнеобитаемом слое почвы (0–15 см) в местах произрастания исследуемых растений. Анализ почвенных данных показал, что уровень засоления почв Соленого лога варьировал в диапазоне 0.09–0.74%. Исследуемые злаки предпочитают разный уровень засоления почвы. Так, ячмень короткоострый растет при более высоком уровне засоления с суммой водорастворимых солей 0.41%. Бескильница тончайшая и пырей ползучий предпочитают корковый солонец с меньшим уровнем засоления – соответственно 0.30 и 0.28%.

Исследуемые виды имеют разные механизмы адаптации к засолению почвы. Так, приспособление ячменя короткоострого пошло по пути наибольшей аккумуляции засоряющих ионов. Солене-проницаемый галофит бескильница тончайшая, предпочитающая менее засоленные участки, накапливает ионы в меньшем количестве. Как показали результаты проведенных опытов, эти растения отличались по содержанию различных форм сахаров.

Более высокий уровень содержания моносахаров как в надземной части, так и в корнях отмечен

у пырея ползучего, что, вероятно, является одной из приспособительных реакций этого растения на действие засоляющих ионов.

Образующиеся при участии моносахаров органические кислоты, как отмечает Б.П. Строгонов (1973), могут связывать избыточное количество поступающих в растение вредных ионов, регулируют ионный баланс растений, поддерживают электронейтральность в клетках и нейтрализуют соединения основного характера.

Рассматривая динамику содержания моносахаров, можно отметить, что величина этого показателя как в листьях, так и корнях была выше в фазу цветения, когда растение особенно нуждается в пластических и энергетических веществах. В корнях растений содержание моносахаров было выше, чем в надземной части.

Кроме содержания моносахаров нами определялось содержание дисахаров, в частности сахарозы. Сахароза служит легкодоступным источником глюкозы и фруктозы, которые используются в реакциях катаболизма и в различных синтетах.

По мнению Ю.Е. Колупаевой и Т.И. Труновой (1992), усиление гидролиза углеводов в условиях солевого и низкотемпературного стрессов не является отражением деструктивных процессов, сопровождающих повреждение клеток. Усиление гидролиза способствует более быстрому накоплению углеводов в аварийных ситуациях, когда еще не произошли глубокие адаптивные преобразования, связанные с функциональной активностью генома.

Как показали результаты исследований, большее содержание сахарозы было отмечено у пырея ползучего. Высокое содержание сахарозы может быть одним из показателей повышенной жизнедеятельности растений и их сопротивляемость действию засоления. Оно способствует усилению различных биосинтезов, прежде всего биосинтеза белков протоплазмы (рис. 1).

Пырей ползучий и бескильница расставленная накапливали большее количество дисахаров, в том числе сахарозы, в надземных органах. Ячмень короткоострый, произрастающий в условиях высокого уровня засоления почвы, отличается повышенным содержанием этих форм сахаров в корнях. Доминирование сахарозы в корнях, вероятно, обусловлено потребностью в высоких энергетических затратах для функционирования ион-откачивающих систем в мембранах, поскольку клетки корней постоянно контактируют с избытком засоляющих ионов (Куркова, Балнокин, 1994).

Солеустойчивые экологические формы растений усиливают направленность обмена на повышенный синтез сахарозы (Строгонов, 1973).

Защитное действие сахаров не ограничивается прямым протекторным действием на белковые макромолекулы. Известны сведения об участии сахаров в изменении гормонального баланса растений, их способности образовывать конъюгаты с

фитогормонами – активаторами роста, в частности с ауксинами. Этим, вероятно, объясняются ростингибирующие эффекты сахаров. Торможение роста связано с ингибированием ряда энергоемких анаболических процессов, что приводит к неспецифическому повышению устойчивости растений. Низкомолекулярные углеводы также способны связывать свободные радикалы (Аверьянова, Лапкина, 1989).

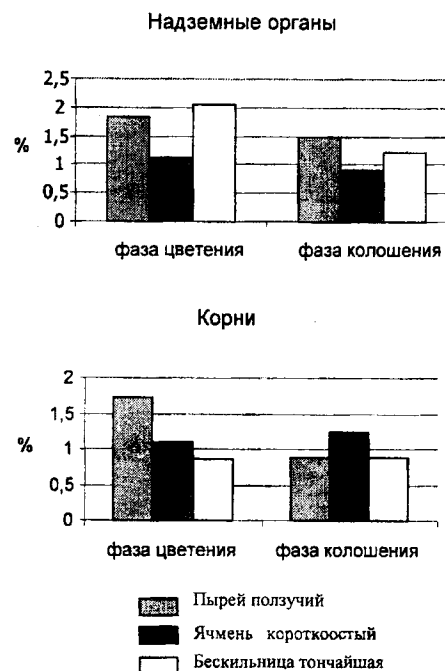


Рис. 1. Содержание сахарозы в органах злаков, %

Исследование динамики содержания общих сахаров в органах растений показало, что пырей ползучий, по сравнению с другими видами, характеризовался большим количеством растворимых сахаров. Накопление сахаров, являющихся осмотическими веществами, вероятно, имеет важное значение для этих растений, обеспечивая внутреннюю регуляцию осмотического потенциала и приводя к увеличению поглощения воды корнями (рис. 2).

Меньшим количеством сахаров отличался соленепроницаемый галофит бескильница тончайшая, приспособительная реакция которой направлена на создание преграды для проникновения солей из почвы. Этот вид имеет довольно высокий уровень фосфорных соединений, которые являются основными аккумуляторами энергии в клетке и играют существенную роль в адаптации растений к засолению (Кусакина, Пачина, 1988).

Ячмень короткоострый, произрастающий на почвах с более высоким содержанием водорастворимых солей, характеризовался и более высоким уровнем общего сахара в корневой системе, по сравнению с бескильницей, в обе исследуемые фазы развития.

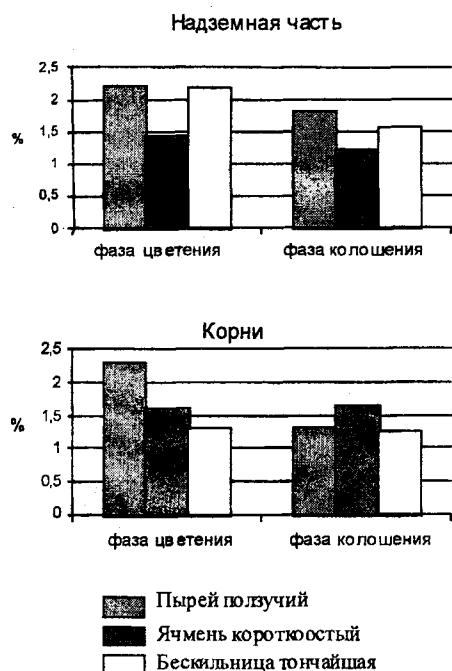


Рис. 2. Содержание общего сахара в органах злаков, %

Полученные данные свидетельствуют о том, что накопление различных форм сахаров в органах растений зависит как от генетических особенностей исследованных видов, так и от уровня засоления почвы.

### Библиографический список

- Аверьянова А.А., Липикова В.П. Взаимодействие сахаров с гидроксильным радикалом в связи с фунгитоксичностью выделений листьев // Биохимия. 1989. Т. 54, вып. 10. С. 1646–1651.  
 Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат. 1985. 351 с.

Ермаков А.И., Арасимович В.В., Ярош Н.П. и др. Методы биохимического исследования растений. Л.: Агропромиздат, 1987. 430 с.

Кафи М., Стюарт В.С., Борланд А.М. Содержание углеводов и пролина в листьях, корнях и апексах сортов пшеницы, устойчивых и чувствительных к засолению // Физиол. раст. 2003. Т. 50, вып. 2. С. 174–182.

Колупаев Ю.Е., Трунова Т.И. Активность инвертазы и содержание углеводов в coleoptilyах при гипертермическом и солевом стрессах // Физиол. раст. 1994. Т. 41, вып. 4. С. 552–557.

Колупаев Ю.Е., Трунова Т.И. Особенности метаболизма и защитные функции углеводов растений в условиях стрессов // Физиол. и биохимия культурных растений. 1992. Т. 24, вып. 6. С. 523–530.

Куркова Е.Б., Балнокин Ю.В. Пиноцитоз и его возможная роль в транспорте ионов в клетках соле-накапливающих органов галофитов // Физиол. раст. 1994. Т. 41, вып. 4. С. 578–582.

Кусакина М.Г., Пачина Я.Э. Изменение фосфорного обмена у представителей некоторых групп галофитов при засолении корневой среды // Некоторые вопросы адаптации растений к экстремальным факторам: Межвуз. сб. науч. тр. / Перм. ун-т. Пермь, 1988. С. 23–32.

Строгонов Б.П. Метаболизм растений в условиях засоления. М.: Наука, 1973. 52 с.

Франко О.Л., Мело Ф.Р. Осмопротекторы: ответ растений на осмотический стресс // Физиол. раст. 2000. Т. 47, вып. 1. С. 152–159.

Шевякова Н.И., Рошупкин Б.В., Парамонова Н.В., Кузнецов В.В. Стрессовый ответ клеток *Nicotiana sylvestris* L. на засоление и высокую температуру // Физиол. раст. 1994. Т. 41, вып. 4. С. 566–572.

Serrano R. Salt tolerance in plants and microorganisms: Toxicity Targets and defense Responses // Jnt. Rev. Cytol. 1996. V. 165. P. 1–152.

Поступила в редакцию 20.09.2005

### Influence of a level of salinization on a content of sugars at some gramineous plants

N.V. Orlova, M.G. Kusakina, E.A. Dmitrieva

It is established, that the differences in accumulation of the various forms of sugars at investigated gramineous plants depend both on a level of salinization, and from species of specificity.