

УДК 581.1: 632.122.1

ВЛИЯНИЕ ЗАСОЛЕНИЯ НА СОДЕРЖАНИЕ КАЛЬЦИЯ И МАГНИЯ У ГАЛОФИТОВ С РАЗЛИЧНЫМИ МЕХАНИЗМАМИ РЕГУЛЯЦИИ СОЛЕВОГО ОБМЕНА

М. Г. Кусакина, Л. А. Филатова, Н. В. Орлова

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

Установлено, что галофиты, имеющие различные механизмы приспособления к засолению, отличаются по общему содержанию зольных элементов. У всех представителей исследуемых групп галофитов прослеживается изменение соотношения между количеством кальция и магния в сторону кальция.

Различия в уровне устойчивости растений к засолению почвы формируются в процессе длительной эволюции видов в естественных условиях их обитания. Эти различия генетически детерминированы в виде определенных норм реакций организмов на воздействие засоляющего фактора, которые реализуются через механизмы адаптации растений к солевому стрессу на разных уровнях биологической организации (Удовенко, 1986).

Чувствительность растений к засолению зависит от их способности к поглощению и накоплению засоляющих ионов. Благодаря биосинтезу осмотически активных веществ и поглощению неорганических ионов растения в условиях засоления среды могут снижать дефицит воды в тканях, поддерживая свой осмотический статус (Кафи и др., 2003).

В условиях избытка солей происходят существенные изменения в соотношении минеральных элементов (Лапина и др., 1981). При этом характер изменения в соотношении ионов определяется не только величиной концентрации солей, влажности почвы, взаимным влиянием ионов, но и биологическими особенностями растений различных экологических групп.

Характер солевого обмена может быть определяющим фактором солеустойчивости, проявлением различных адаптивных стратегий растений к действию засоляющих ионов.

Цель нашей работы – изучение влияния засоления на содержание таких элементов, как кальций и магний, в галофитах с различными механизмами адаптации к почвенному засолению.

Методика

Объектами исследований являлись солевывделяющие галофиты кермек каспийский (*Limonium*

caspicum (Willd.) Gams) и франкения волосистая (*Frankenia hirsuta* L.), соленакапливающий галофит подорожник солончаковый (*Plantago salsa* Pall.) и солелокализирующий галофит лебеда бородачатая (*Halimione verrucifera* (Bieb.) Aell. = *Obione verrucifera* (Bieb.) Moq.), произрастающие на солончаках с хлоридно-сульфатным типом засоления в Троицком учлесхозе Челябинской области. Пробы для анализов брали в фазу начала цветения. Содержание зольных веществ определяли путем сжигания навески в муфельной печи при $t = 500^{\circ}\text{C}$ с доведением до постоянной массы. Количественное содержание ионов кальция и магния находили объемным методом (Ермаков и др., 1987). Опытные данные обрабатывали статистически с использованием наименьшей существенной разницы (НСР) (Доспехов, 1985).

Результаты и обсуждение

Проведенные исследования показали, что исследуемые виды существенно отличались по содержанию зольных элементов. Наибольшее содержание золы характерно для солелокализирующего галофита лебеды бородачатой (таблица). Более низкое – для надземных органов солевывделяющего галофита кермека каспийского. Подорожник солончаковый и франкения волосистая занимают по величине этого показателя промежуточное положение.

Математическая обработка результатов показала, что различия в накоплении зольных элементов галофитами с различными механизмами регуляции солевого обмена статистически достоверны.

Содержание золы в корнях исследуемых растений имеет иную закономерность: наибольшее количество золы характерно для корней солевывделяющего галофита кермека каспийского, обитаю-

щего на солончаках с высоким уровнем засоления (2–4,5%).

Содержание ионов кальция, магния и золь в органах галофитов, %

Растение	Зола	Ca ²⁺	Mg ²⁺
<i>Limonium caspicum</i>	9,98	1,72	0,44
<i>Frankenia hirsuta</i>	15,4	3,13	0,72
<i>Halimione verrucifera</i>	19,1	1,31	0,75
<i>Plantago salsa</i>	10,2	0,84	0,23

Примечание: числитель – надземные органы, знаменатель – корни.

Подорожник солончаковый, произрастая на почвах с меньшим содержанием хлоридов и сульфатов (0,16–0,7%), характеризовался и более низким уровнем содержания зольных элементов в корнях по сравнению с представителями других групп галофитов.

Корневая система выполняет важную распределительную функцию, предохраняя растущие надземные органы от чрезмерного избытка или недостатка минеральных элементов (Вахмистров, 1996).

Неравномерное накопление ионов в разных органах растений указывает на то, что вредное влияние солей может быть ограничено определенными органами или частями растений при сохранении их процессов жизнедеятельности.

Одной из основных причин неблагоприятных свойств солонцовых почв для растений является снижение степени насыщенности почвы Ca²⁺ за счет замещения его Na⁺ и Mg²⁺. Токсическое действие ионов Na⁺ выражается в подавлении доступности для растений обменного Ca²⁺. Поступление ионов Ca²⁺ и Mg²⁺ в растение также тормозят хлориды.

Как показали результаты проведенных опытов, более высокое содержание Ca²⁺ в надземных органах отмечено у франкенции волосистой и у лебеды бородавчатой. Меньшее количество Ca²⁺ характерно для кермека каспийского.

Как указывают М. Tester et al. (1996), Ca²⁺ играет защитную роль в интеграции мембранных структур и функций при солевом стрессе. Защитное действие Ca²⁺ объясняется тем, что он стабилизирует мембраны. Под действием ионов Ca²⁺ происходит уплотнение мембран, что повышает их барьерную функцию.

Солевывделяющие галофиты франкенция волосистая и кермек каспийский, имея примерно одинаковое количество ионов кальция в корнях, почти в два раза отличаются по содержанию этого элемента в надземных органах растений.

Активный транспорт этого элемента обусловлен функционированием Са-АТФазы плазмалеммы, которая наряду с другими системами активного транспорта кальция обеспечивает поддержание

необходимого уровня данных ионов в цитоплазме (Маркова и др., 1995).

Как отмечают Р.Г. Абдиева и др. (1986), по мере адаптации растений к засолению у них увеличивается содержание Ca²⁺, уменьшается количество токсических ионов, что способствует лучшему поглощению питательных элементов из засоленной среды.

В процессах жизнедеятельности растений большую роль играет магний. Он необходим для сохранения нативной структуры и нормального функционирования рибосом, митохондрий и нуклеиновых кислот. Магний является кофактором почти всех ферментов, катализирующих перенос фосфатных групп.

По накоплению ионов магния в надземных органах и корнях можно выделить солелокализирующий галофит лебеду бородавчатую как вид с наибольшим содержанием этого элемента. При повышении степени обеспеченности магнием в растениях возрастает содержание органических и неорганических фосфорных соединений. Этот эффект, вероятно, связан с ролью магния в активации ферментов, участвующих в метаболизме фосфора.

В наших опытах (Кусакина и др., 2000) было установлено, что лебеда бородавчатая отличается более высоким уровнем кислоторастворимых органических фосфорных соединений, играющих важную роль в энергообеспеченности клеток. Как отмечают И. Кун и др. (2001), обеспеченность энергией необходима для уменьшения токсичности ионов натрия и сохранения ионного гомеостаза растений.

Солевывделяющий галофит кермек каспийский отличается более низким содержанием магния в надземных органах по сравнению с представителями других групп галофитов.

Процесс поступления магния в растения может зависеть от степени обеспеченности растений другими катионами. Кальций и марганец могут действовать как конкуренты в процессе поглощения магния растениями.

Таким образом, галофиты, имеющие различные механизмы приспособления к засолению, отличаются по общему уровню зольных элементов. Соленакапливающие и солелокализирующие галофиты характеризуются большим количеством зольных элементов в надземной части, а солевывделяющие галофиты – в корнях. У всех представителей исследуемых групп галофитов прослеживается изменение соотношения между количеством кальция и магния в сторону кальция. В корнях растений двухвалентные катионы накапливаются в 1,5–2 раза меньше, чем в надземных органах.

Библиографический список

- Абдиева Р.Г., Мамедов Г.Г., Джангирова Ш.Г. О взаимовлиянии галофитов и гликофитов в условиях засоления // Физиологические и биохимические

- мические основы солеустойчивости растений. Ташкент, 1986. С. 137.
- Вахмистров Д.Б. О двух механизмах избирательности при поглощении растениями элементов минерального питания // Физиол. растений. 1996. Т.13, № 5. С.807–813.
- Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
- Ермаков А.И., Арасимович В.В., Ярош Н.П., Перуанский Ю.В., Луковникова Г.А., Иконникова М.И. Методы биохимического исследования растений. Л.: Агропромиздат, 1987. 315 с.
- Кафи М., Стюарт В.С., Борланд А.М. Содержание углеводов и пролина в листьях, корнях и алексах сортов пшеницы, устойчивых и чувствительных к засолению // Физиол. растений. 2003. Т.50, № 2. С. 174.
- Кун И., Чжоу Г., Ван И. Физиологические характеристики и альтернативный путь дыхания у 2 сортов пшеницы, различающихся по солеустойчивости // Физиол. растений. 2001. Т. 48, № 5. С. 692–697.
- Кусакина М.Г., Орлова Н.В., Кайгородов Р.В. Содержание ионов натрия, хлора и фосфорных соединений у галофитов с различными механизмами адаптации к засолению // Вестник Перм. ун-та. 2000. Вып. 2. Биология. С. 106–110.
- Лапина Л.П., Соголова Т.В. Изменение содержания элементов минерального питания растений подсолнечника в условиях засоления NaCl, Na₂SO₄ // Агрехимия. 1981. №1. С. 83–86.
- Маркова И.Б., Батов А.Ю. Кальций-транспортирующие системы плазмалеммы колеоптилей кукурузы // Физиол. растений. 1995. Т. 42, № 2. С. 262–267.
- Удовенко Г.В. Солеустойчивость растений. Физиологические и генетические аспекты // Физиологические и биохимические основы солеустойчивости растений. Ташкент, 1986. С. 53.
- Tester M., Pineros V. Role of plasma membrane Ca²⁺ channels in noots: Abstr. Pap. and Posters annu. Meet. Soc. Exp. Biol. "Lancaster", 24-29 March, 1996 // J. Exp. Bot. 1996. Vol. 47. Suppl. P. 52.

Salting influence on maintenance of calcium and magnesium in the halophytes with different regulation mechanisms of salting exchange

M.G. Kusakina, L.A. Filatova, N.V. Orlova

It has been stated the halophytes with different mechanisms of adaptation to salting vary on the common maintenance of cinder elements. Within the investigated groups of halophytes there have been alterations in the correlation between magnesium and calcium amounts with the latter being dominated.