Концентрация цинка и меди в исследованных растениях не превышала установленного фитотоксического уровня (200 мг/кг сухого веса для цинка и 20 мг/кг сухого веса для меди), что объясняется ограниченной подвижностью и доступностью цинка и меди для растений в почве.

Для установления интенсивности поглощения цинка и меди исследуемыми злаками были рассчитаны коэффициенты поглощения, которые представляют отношение содержания элемента в вегетативных частях растений к концентрации доступных фракций элемента в слое почвы (0 – 15 см). Как показали расчеты, исследуемые растения аккумулируют в вегетативных органах (соломе) в 3 – 5 раз больше цинка, по сравнению с концентрацией в почве и в 1,5 – 2 раза больше меди.

Интенсивное поглощение цинка исследуемыми растениями можно объяснить повышенным поступлением элемента в почву с органическими удобрениями. При современном уровне поступления цинка и меди в исследуемые агроценозы действующие в настоящее время в Германии ПДК по валовому содержанию будут достигнуты в пахотном слое по цинку через 380 лет, по меди – через 600 лет.

Таким образом, проведенные исследования показывают, что поступающие в агроценозы цинк и медь накапливаются в почве преимущественно в малоподвижной форме. Почвы исследуемых агроценозов, при современном состоянии, выполняют роль буфера, предотвращающего токсическое действие высоких концентраций цинка и меди на растения.

СОДЕРЖАНИЕ ФОСФОРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ У РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОГО ЗАСОЛЕНИЯ

Кусакина М.Г., Еремченко О.З.,
Орлова Н.В., Лымарь О.А.
Пермский государственный университет,
Пермь

При адаптации растений к техногенному засолению важное значение принадлежит фосфорным соединениям, которые выполняют структурные и метаболические функции, а также играют существенную роль в энергетике клеток. Содержание фосфатов является одним из показателей физиологического состояния растений. Метаболизм фосфора в значительной степени определяет возможность выживания растений в неблагоприятных условиях среды.

Целью нашей работы явилось изучение влияния техногенного засоления на содержание различных фракций фосфорных соединений у растений, произрастающих в таежно-лесной зоне Прикамья у солеотвалов Верхнекамского месторождения солей.

Определение фракционного состава фосфорных соединений показало, что среди растений, встречающихся около солеотвала, более высоким уровнем кислоторастворимого органического фосфора отличался соленакапливающий галофит марь сизая. Представители этой группы галофитов, растущие на почвах с высоким содержанием солей, обладают специфическими физиолого-биохимическими особенностями, позволяющими им выживать в условиях засоления. К таким особенностям, относится прежде всего способность аккумулировать высокие концентрации ионов в вакуолях клеток надземных органов, благодаря чему поддерживается высокое осмотическое давление вакуолярного сока.

Достаточно высокий уровень фосфора этой фракции отмечен также у гликофита мать-и-мачехи и гликогалофита горца птичьего, произрастающих в условиях слабого и сильного засоления. Большее количество фосфора данной фракции свидетельствует о протекании у растений защитных реакций, связанных с повышенной затратой энергии (Danser et al., 1990). Как отмечает Н.Е. Уманов (2004) накопление органических соединений – это одна из адаптивных реакций растений к новым условиям существования и уровень содержания данных соединений является показателем ее успешности. Меньшее количество кислоторастворимых фосфатов было отмечено у соленепроницаемого галофита бескильницы расставленной.

Представляло интерес определение величины отношения органического фосфора к неорганическому. Данная величина является показателем интенсивности включения минерального фосфора во фракцию кислоторастворимых органических соединений. Как показали расчеты, более высокое отношение было отмечено у клоповника широколистного, чаще встречающегося при среднем уровне засоления.

Как отмечает Н.И. Шевякова и др. (1998), у растений, адаптированных к солевому стрессу, мембранная система митохондрий и система генерации энергии отличаются высокой резистентостью.

Меньшей величиной данного показателя отличался гликогалофит горец птичий, что, вероятно, является проявлением видовой специфичности. Остальные виды по величине отношения органического фосфора к неорганическому существенно не отличались

Как показали наши исследования, большее содержание фосфолипидов в условиях техногенного засоления характерно для гликогалофита горца птичьего и соленакапливающего галофита мари сизой. Изменение содержания фосфолипидов под влиянием засоления, по-видимому, находится в довольно тесной связи с изменением физико-химических свойств протоплазмы.

Фосфор входит в состав не только низко-, но и высокомолекулярных соединений, таких как нуклеиновые кислоты и белки. В состав нуклеиновой фракции входит фосфор нуклеиновых кислот – ДНК и РНК.

Большее количество фосфора данной фракции в условиях техногенного засоления отмечено у гликофита горца птичьего. Марь сизая и мать-и-мачеха, имеющие разные механизмы приспособления к засолению, несущественно отличались между собой по величине данного показателя.

Что касается фосфопротеинов, то большее их количество отмечено у соленакапливающего галофита мари сизой, меньшее у клоповника широколистного. Различий в содержании фосфопротеинов у горца птичьего и мать-и-мачехи не установлено.

Выявленные различия можно объяснить как видовой специфичностью, так и механизмами приспособления растений разных экологических групп к почвенному засолению.

НАКОПЛЕНИЕ НИЗКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ РАСТЕНИЯМИ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОГО ЗАСОЛЕНИЯ

Лымарь О.А., Ерёмченко О.З.
Пермский государственный университет, Пермь

Как известно, мощным защитным механизмом, позволяющим поддерживать водный статус клеток в условиях засоления, является аккумуляция низкомолекулярных соединений: аминокислот (пролин, аланин и др.), четвертичных ионов (бетаин, глицин-бетаин), сахароспиртов (пинит) и углеводов. Количество совместимых осмолитов является результатом активизации и биосинтеза, торможения распада или деградации макромолекул. Их накоплению способствует активизация гидролитических ферментов, а также замедление оттока ассимилятов из листьев. Совместимые осмолиты не только понижают водный потенциал клеток, восстанавливая тем самым водоснабжение, но и защищают ферменты от инактивации, обеспечивают целостность структурных белков, сохраняют функциональную активность клеточных мембран.

Было изучено накопление пролина и различных форм сахаров синантропными растениями с целью их адаптации к условиям техногенного засоления у солеотвалов г. Соликамска. Объектами исследований были марь сизая, бескильница расставленная, вейник наземный, клевер ползучий, горец птичий, мать-и-мачеха, одуванчик, нивяник обыкновенный, донник белый и желтый, произрастающие на фоне высокого и слабого засоления хлоридами натрия. Свободный пролин определяли по методу Bates и др. (1973), моно- и дисахариды – методом Бертрана.

Как показали результаты, чувствительные к засолению растения содержали больше пролина, чем устойчивые. Так, наибольшее содержание пролина наблюдалось в условиях засоления в надземных органах горца, клевера, мать-и-мачехи, донника белого и желтого по сравнению с марью, бескильницей и вейником. По-видимому, эти данные подтверждают точку зрения, что пролин синтезируется как следствие осмотического стресса. Пролину в большей мере свойственна не осморегуляторная, а протекторная функция. Он влияет на внутриклеточную регуляцию между цитоплазмой и вакуолями, регулирует pH цитозоля, защищает ферменты и внутриклеточные структуры, инактивирует свободные радикалы, является источником углерода и азота для восстановления после действия стресса (Франко, Мело, 2000).

Исследованные растения отличались по содержанию различных форм сахаров. Простые сахара накапливаются при действии на растения засоления, засухи и других факторов (Шевякова и др., 1994). В надземной части растений содержание моносахаров было выше, чем в корнях. Более высокий уровень накопления моносахаров, как в надземной части, так и в корнях отмечен у горца птичьего и вейника наземного. Под воздействием сильного засоления содержание моносахаров у нивяника и донника желтого возрастает в среднем в два, а у донника белого – в 10 раз. 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.

У большинства исследуемых видов содержание сахарозы в надземных органах больше, чем в корнях. Но у таких видов, как марь, мать-и-мачеха и одуванчик наблюдалось повышенное накопление сахарозы в корнях; на фоне высокого засоления в среднем в 15 раз выше, чем в надземных органах. Количество сахарозы у них в корнях возрастает в 3 раза с увеличением уровня засоления от слабого до сильного, но в надземных органах содержание ее практически не меняется. Аккумуляция сахарозы в корнях, вероятно, необходима вследствие высоких энергетических затратах для функционирования ион-откачивающих систем в мембранах в условиях избытка засоляющих ионов (Куркова, Балнокин, 1994).

Общее количество растворимых сахаров в корнях меньше, чем в надземных органах, за исключением мари, мать-и-мачехи и одуванчика, у которых общий сахар в корнях увеличивается за счет высокого уровня сахарозы. Бескильница, вейник, нивяник и горец характеризовались наибольшим количеством растворимых сахаров в надземных органах. У нивяника, донника белого и желтого на сильнозасоленной среде наблюдается увеличение сахаров в надземной части в среднем в 2 раза, в корнях – в 1,5 раза.

Весьма вероятно, что установленная аккумуляция нескольких совместимых осмолитов при адаптации синантропных видов растений к техногенному засолению имеет преимущество, поскольку каждый из них выполняет высокоспециализированную физиологическую роль.

НАКОПЛЕНИЕ САХАРОВ У НЕКОТОРЫХ ЗЛАКОВ ПРИ ЗАСОЛЕНИИ КОРНЕВОЙ СРЕДЫ

Орлова Н.В., Кусакина М.Г., Дмитриева Э.А.
Пермский государственный университет, Пермь

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.

Объектами исследований явились многолетние злаки, произрастающие в Соленом логу на территории Троицкого учлесхоза Челябинской области: яч-