

ЭКЗОГЕННАЯ РЕГУЛЯЦИЯ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ ХВОЙНЫХ И ЛИСТВЕННЫХ ПОРОД В УСЛОВИЯХ ЗАСОЛЕНИЯ

Ж.М. Анисова, М.М. Сак, Т.А. Будкевич, Б.И. Якушев

Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси, Минск, Республика Беларусь, *anisova_z@mail.ru*

Аннотация. Дана оценка эффективности использования метода агрохимической мелиорации как способа ослабления токсического влияния засоления почвы хлоридом натрия на жизнедеятельность хвойных и лиственных древесных пород. Выявлена видовая специфичность физиологической реакции древесных растений на воздействие соли и применение доломитовой муки в качестве мелиоранта.

Ключевые слова: засоление, древесные породы, агрохимическая мелиорация, минеральное питание, ризосфера

DOI: 10.31255/978-5-94797-319-8-1029-1033

Введение. Засоление почвенной среды (природное и техногенное) до настоящего времени рассматривается как один из наиболее действенных стрессовых факторов, оказывающих угнетающее воздействие на рост и развитие растений [Удовенко и др., 1977; Еремченко и др., 2005; Аверина и др., 2011; Кусакина и др., 2011; Yamaguchi et al., 2005]. Цель работы – эколого-физиологическое исследование реакции корневых систем и надземных органов древесных растений на загрязнение почвенной среды антигололедными реагентами, экспериментальная разработка способа снижения ингибирующего влияния засоленности почвы хлористым натрием на жизнедеятельность хвойных и лиственных пород и оценка эффективности действия разработанного способа в модельных и природных условиях произрастания.

Объекты и методы исследований. Объектами исследования выступали: 1) сосновые (60 лет) и еловые (80 лет) насаждения вдоль кольцевой автомагистрали г. Минска на территории Минского леспархоза: 2) 2-летние сеянцы ели европейской (*Picea abies* (L.) Karst.) и сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), 3) 3-летние сеянцы дуба черешчатого (*Quercus robur* L.), липы мелколистной (*Tilia cordata* Mill.), клена остролистного (*Acer platanoides* L.), в модельных и природных условиях выращивания.

Проверку эффективности приема агрохимической мелиорации при выращивании древесных растений на почвах с повышенной концентрацией основного компонента антигололедной смеси – хлорида натрия осуществляли по следующей схеме: 1) внесение соли NaCl (300г/м²); 2) внесение соли NaCl (300г/м²)+доломитовая мука (Дм) (450г/м²), 3) внесение соли NaCl (100г/м²), 4) внесение соли NaCl (100 г/м²)+Дм (150 г/м²). В соответствии со схемой опыта соль NaCl и смесь хлорида натрия с доломитовой мукой (CaCO₃+MgCO₃) в соотношении 1:1,5 вносили в бороздки глубиной 5 см между рядками сеянцев. Опыт проведен на делянках площадью 1 м² в 3-кратной повторности по каждому варианту. Выкопку сеянцев для биометрического анализа производили без повреждения корневых систем с сохранением их архитектоники. Суммарное содержание растворимых солей в почве ризосферы оценивали по показателям гальванической активности (мкА) по шкале, разработанной Б.И. Якушевым [Якушев, 1988]. У сеянцев измеряли: высоту надземной части, длину корней, диаметр стволика у корневой шейки. После разделения растений на отдельные органы, надземную часть сеянцев высушивали в термостате при 105 °С и определяли сухую массу хвои и стволика с ветвями в расчете на модельное растение. Корневые системы отмывали от почвы дистиллированной водой и фиксировали в воздушно-сухом состоянии при 20 °С. Эффект от воздействия повышенных доз хлорида натрия в

почве и внесения соли совместно в мелиорантом на поступление минеральных элементов Na, K и Ca из почвы в древесные растения оценивали по их содержанию в фотосинтезирующих органах растений. Измерения проведены пламенно-фотометрическим методом на фотометре ФТА-2-01 (Беларусь).

Результаты исследований и их обсуждение. Известно [Почвы Белорусской ССР, 1974; Якушев, 1988], что определяющими компонентами катионного состава жидкой фазы почв лесной зоны, влияющими на уровень минерального питания растений, являются катионы Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , NH_4^+ , Na^+ , H^+ . На долю Ca^{2+} и Mg^{2+} в почвах этой зоны приходится 95% суммарного содержания катионов, на долю K^+ и Na^+ около 4-5%, на долю H^+ приходятся сотые доли процента. Из анионов больше всего в почвенном растворе содержится анионов угольной, соляной и серной кислот, в гораздо меньших количествах – фосфорной и азотной кислот. Внесение в почву высоких доз соли NaCl резко понижает показатели pH_{KCl} почвенного раствора, поскольку катионы Na^+ вытесняют из почвенного поглощающего комплекса значительное количество H^+ .

В полевых экспериментах, проведенных в питомнике ГЛХУ «Молодечненский лесхоз», установлено эффективное воздействие мелиоранта (Дм) на рост и развитие надземных органов и корневой системы ели европейской. В сравнении с контрольным вариантом (засоление ризосферы NaCl) у сеянцев ели на делянках с применением доломитовой муки отмечено утолщение корневой шейки и возрастание корневой массы в 1,3 раза, увеличение в 1,3-1,6 раза биометрических параметров надземных органов – высоты растений, массы хвои и стволика с ветвями. Морфометрический анализ 2-летних сеянцев сосны обыкновенной показал, что внесение в почву доломитовой муки в смеси с хлоридом натрия практически не оказало влияния на их состояние, достоверные различия в параметрах роста и развития растений на делянках с засолением и примененной агрохимической мелиорации не отмечены (рисунок).

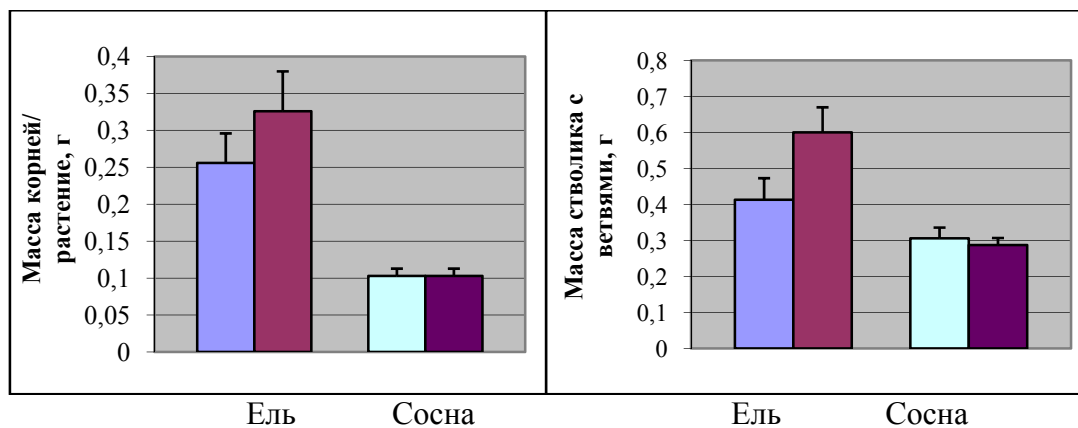


Рисунок. Действие доломитовой муки на рост и развитие сеянцев ели и сосны: 1 – 300 г NaCl/м² площади насаждения, 2 - 300 г NaCl+450 г мелиоранта/м² площади насаждения.

Результаты проведенных нами натурных экспериментов в природных условиях произрастания древесных растений при засолении ризосферы хлоридом натрия и применении приема агрохимической мелиорации для ослабления токсического действия соли на минеральное питание различных пород деревьев выявили видовые особенности накопления основных биогенных минеральных элементов – калия и кальция в фотосинтезирующих органах растений (хвое и листьях) на фоне высокого уровня засоления почвы и проявившееся в различной степени под воздействием мелиоранта снижение соотношения Na/Ca и Na/K в ассимиляционных тканях, что

можно рассматривать как один из физиологических механизмов повышения устойчивости древесных пород в условиях засоления почвы.

В насаждениях ели европейской (Минский леспаркхоз) вдоль автомагистрали Минск-Брест влияние агрохимической мелиорации на опытных площадках с уровнем NaCl 300 г/м² площади питания растений выразилось в существенном (2-2,5-кратном) снижении содержания Na в хвое 1-го года жизни при одновременном 2-3-кратном повышении содержания Ca и практически не изменяющихся показателях содержания K. Для хвои более старшего возраста характерно, что под воздействием мелиоранта при неизменяющейся концентрации Na и более слабом, чем у однолетней хвои увеличении содержания Ca, до 1,5-3-х раз возрастает содержание K.

В условиях производственного опыта с 2-летними сеянцами ели в питомнике Молодечненского лесхоза в хвое ели более четко проявилась зависимость эффективности действия мелиоранта на приоритет участия Ca и K в транспорте в фотосинтезирующие органы растения от концентрации NaCl в почвенном растворе (табл. 1). При добавлении мелиоранта в почву при дозе NaCl 300 г/м² в хвое наиболее существенно – более, чем на порядок возрастала концентрация Ca; при дозе NaCl 100 г/м² помимо кальция под воздействием мелиоранта в такой же степени увеличивалась концентрация K, при этом транспорт Na в хвою практически сводился до минимума.

Таблица 1.

Воздействие доломитовой муки на содержание и баланс минеральных элементов Na, K и Ca в хвое сеянцев ели европейской, произрастающих на дерново-подзолистой супесчаной почве, загрязненной хлоридом натрия

| Вариант опыта | % на абсолютно-сухое вещество | | | Na/K | Na/Ca |
|-----------------------------------|-------------------------------|------|------|------|-------|
| | Na | K | Ca | | |
| NaCl 300 | 0,14 | 0,86 | 0,01 | 0,16 | 14,0 |
| NaCl 300+Дм 450 | 0,16 | 0,95 | 0,14 | 0,17 | 1,14 |
| NaCl 100 | 0,10 | 0,66 | 0,02 | 0,15 | 7,25 |
| NaCl 100+Дм 150 | 0,01 | 1,05 | 0,12 | 0,01 | 0,08 |
| Контроль (без внесения NaCl и Дм) | 0,12 | 0,68 | 0,04 | 0,18 | 3,0 |

Проведенная на объектах Городокского лесного питомника производственная проверка эффективности использования разработанного метода агрохимической мелиорации на сеянцах лиственных пород – дуба черешчатого, клена остролистного и липы мелколистной показала, что в диапазоне содержания хлорида натрия в ризосфере исследуемых культур 100-300г/м² площади насаждения устойчивость сеянцев, по данным параметров их морфоструктуры и продукционных характеристик, последовательно снижается в ряду: дуб черешчатый – липа мелколистная – клен остролистный. Доза 300 г NaCl/м² для сеянцев клена остролистного оценивается как летальная, механизм действия мелиоранта на поступление Na, K и Ca в листья клена аналогичен действию мелиоранта, проявляющемуся в вариантах опыта с елью европейской (табл. 2). Показатели роста и массы надземных органов и корней у липы мелколистной при высоком уровне засоления снижаются относительно контроля до 48-80%, у дуба черешчатого практически не изменяются.

Анализ изменения под воздействием доломитовой муки содержания K и Ca в ассимилирующих тканях у лиственных пород показал, что степень и направленность изменений также носит видоспецифичный характер, который, по-видимому, обусловлен электрофизиологическими параметрами клеток корней и регулируется через изменение состояния плазматической мембраны в зависимости от концентрации ионов H⁺, Na⁺, Ca²⁺, K⁺ во внешней среде и растительной клетке [Юрин и др., 1991].

Таблица 2.

Воздействие доломитовой муки на содержание и баланс минеральных элементов Na, K и Ca в листьях семян клена остролистного, произрастающих на дерново-подзолистой супесчаной почве, загрязненной хлоридом натрия

| Вариант опыта | % на абсолютно-сухое вещество | | | Na/K | Na/Ca |
|-----------------------------------|-------------------------------|------|------|------|-------|
| | Na | K | Ca | | |
| NaCl 300 | Усыхание и отпад семян | | | | |
| NaCl 300+Дм 450 | 0,11 | 1,11 | 0,40 | 0,10 | 0,28 |
| NaCl 100 | 0,13 | 1,21 | 0,81 | 0,10 | 0,16 |
| NaCl 100+Дм 150 | 0,02 | 1,28 | 0,71 | 0,02 | 0,03 |
| Контроль (без внесения NaCl и Дм) | 0,04 | 1,28 | 0,66 | 0,03 | 0,06 |

Заклучение. Изучены видовые особенности физиологической реакции корневых систем и надземных органов хвойных и лиственных древесных пород на повышенные концентрации соли NaCl в ризосфере. Для древесных растений, неустойчивых к солевому загрязнению почвы, определены концентрации хлорида натрия, ингибирующие ростовые и продукционные процессы у данных видов за счет нарушения баланса катионов Na⁺, K⁺ и Ca²⁺, поступающих из почвы в растительный организм и транспортируемых в ассимиляционные органы. Разработан прием агрохимической мелиорации с использованием доломитовой муки, ослабляющий токсическое действие NaCl на жизнедеятельность изученных видов древесных пород.

Литература

Аверина Н.Г., Грицкевич Е.Р., Самович Т.В., Усатов А.В., Яронская Е.Б. Влияние солевого стресса на систему биосинтеза гема в альбино-ткани растений ячменя (*Hordeum vulgare*), обработанных стрептомицином // Вести НАН Беларуси. Сер. биол. наук. – 2011. – № 1. – С. 62–66.

Еремченко О.З., Лымарь О.А., Орлова Н.В. Солевой обмен растений в условиях техногенного засоления // Вестник Пермского университета. Серия Биология. – 2005. – Вып. 6. – С.164–167.

Кулаковская Т.Н., Роговой П.П., Смян Н.И. (ред.). Почвы Белорусской ССР. – Минск: Ураджай, 1974. – 312 с.

Кусакина М.Г., Еремченко О.З., Четина О.А. Влияние разного уровня техногенного засоления на некоторые показатели обмена веществ растений // Вестник Пермского университета. Серия Биология. – 2011. – Вып. 1. – С. 73–77.

Удовенко Г.В. Солеустойчивость культурных растений. – Л.: Колос, 1977. – 215 с.

Юрин В.М., Соколик А.И., Кудряшов А.П. Регуляция ионного транспорта через мембраны растительных клеток. – Минск: Наука и техника, 1991. – 272 с.

Якушев Б.И. Исследование растений и почв. Эколого-физиологические методы. – Минск: Наука и техника, 1988. – 72 с.

Yamaguchi T., Blumwald E. Developing salt-tolerant crop plants: challenges and opportunities // Trends in Plant Sciences. – 2005. – V. 10. – P. 615–620.

EXOGENETIC REGULATION OF THE MINERAL NUTRITION OF CONIFEROUS AND LEAF-BEARING SPECIES IN THE SOIL SALINIZATION CONDITIONS

Z.M. Anisova, M.M. Sak, T.A. Budkevich, B.I. Yakushev

V.F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Republic of Belarus, *anisova_z@mail.ru*

Abstract. The effectiveness of the use of agrochemical melioration method as the way of weakening of toxic influence of the soil salinization by sodium chloride on the activity of coniferous and leaf-bearing tree species was estimated. The species specificity of the physiological reaction of wood plants to the influence of salt and use of dolomite powder as an ameliorant was revealed.

Keywords: *soil salinization, tree species, agrochemical melioration, mineral nutrition, rhizosphere*