

Оригинальная статья

УДК 502/504: 630*:631.474

DOI: 10.26897/1997-6011-2022-5-132-138

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОЧВ ПОД ЛЕСНЫМИ НАСАЖДЕНИЯМИ ЗАЩИТНОЙ ЗОНЫ ГОРОДА АСТАНЫ

КОЧЕГАРОВ ИГОРЬ СЕРГЕЕВИЧ¹, магистр, младший научный сотрудник
garik_0188@mail.ru

КАБАНОВ АНДРЕЙ НИКОЛАЕВИЧ^{1✉}, аспирант, старший научный сотрудник
7058613132@mail.ru

КАБАНОВА СВЕТЛАНА АНАТОЛЬЕВНА^{1✉}, канд. биол. наук, ассоциированный профессор
kabanova.05@mail.ru

НЕВЕНЧАННАЯ НАТАЛЬЯ МИХАЙЛОВНА², канд. с.-х. наук
nm.nevenchannaya@omgau.org

ДАНЧЕНКО МАТВЕЙ АНАТОЛЬЕВИЧ³, канд. геогр. наук, доцент
mtd2005@sibmail.com

СКОТТ САБИНА АРТУРОВНА⁴, магистр
e-mail: scott.1818@osu.edu

¹ Казахский научно-исследовательский институт лесного хозяйства и агроресомелиорации им. А.Н. Букейхана; 021704, Акмолинская область, г. Щучинск, ул. Кирова, 58, Республика Казахстан

² Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина; 644008; г. Омск, Институтская площадь, 1, Россия

³ Томский государственный университет, Биологический институт; 634050, Томск, пр. Ленина, 36, Россия

⁴ Государственный Колледж Колумбуса; 43210, США, Огайо, Колумбус, пр. Нил, 1735

Исследование финансируется Министерством экологии, геологии и природных ресурсов Республики Казахстан (№ BR10263776)

Целью исследований является определение влияния степени засоленности почв на состояние листовых насаждений в зеленой зоне г. Астаны. Объектами исследований стали лесные культуры кулисного типа, произрастающие на ограниченно-лесопригодных почвах. Для изучения были выбраны искусственные насаждения березы повислой *Betula pendula* и вяза приземистого *Ulmus pumila* 2006 и 2010 гг. посадки, входящие в один класс возраста. В зависимости от состояния искусственных насаждений на пробных площадях выполнялись почвенные прикопки на глубину корнеобитаемого слоя и использовались образцы почвы для выполнения анализа. В результате выявлено, что тип засоления почв по всем пробным площадям разнообразен, и наиболее часто встречается хлоридно-сульфатное засоление как в здоровых, так и в ослабленных насаждениях древесных пород. При хлоридном и сульфатно-хлоридном засолении состояние березовых насаждений значительно снижается. Содержание суммы токсичных солей в почве под лесными культурами вяза приземистого в здоровых насаждениях было минимальным, постепенно увеличиваясь с ухудшением состояния деревьев. В березовых культурах наблюдалось примерно одинаковое содержание суммы солей в здоровых и погибших насаждениях, превышение показателя отмечено в ослабленных насаждениях. Таким образом, на состояние изучаемых древесных пород наибольшее влияние оказывают глубина солевого горизонта, биологические особенности культуры и содержание токсичных солей (тип засоления). Определено, что для вяза приземистого сумма солей 0,057% является летальной, содержание солей в количестве 0,014% не влияет на ухудшение состояния и роста деревьев. Относительно березы повислой получены противоречивые результаты, которые требуют дополнительных исследований. Однако в результате исследований выявлено, что на состояние здоровых и ослабленных изучаемых пород токсичное влияние оказывают все ионы. Что же касается березы, то при хлоридном и сульфатно-хлоридном засолении состояние деревьев значительно ухудшается.

Ключевые слова: солевой состав, категория лесопригодности почв, жизненное состояние, тип засоления почв, береза повислая, вяз приземистый

Формат цитирования: Кочегаров И.С., Кабанов А.Н., Кабанова С.А., Невенчанная Н.М., Данченко М.А., Скотт С.А. Агроэкологическая оценка почв под лесными насаждениями

защитной зоны г. Астаны // Природообустройство. – 2022. – № 5. – С. 132-138. DOI: 10.26897/1997-6011-2022-5-132-138.

© Кочегаров И.С., Кабанов А.Н., Кабанова С.А.,
Невенчаная Н.М., Данченко М.А., Скотт С.А., 2022

Original article

AGROECOLOGICAL ASSESSMENT OF SOILS UNDER FOREST PLANTATIONS OF THE PROTECTION ZONE OF ASTANA

KOCHEGAROV IGOR SERGEEVICH¹, MA student, junior researcher

garik_0188@mail.ru

KABANOV ANDREJ NIKOLAEVICH¹✉, post graduate student, senior researcher

7058613132@mail.ru

KABANOVA SVETLANA ANATOLJEVNA¹✉, candidate of biological sciences, associate professor

kabanova.05@mail.ru

NEVENCHANAYA NATALJA MIKHAILOVNA², candidate of agricultural sciences

nm.nevenchannaya@omgau.org

DANCHENKO MATVEJ ANATOLJEVICH³, candidate of geographical sciences, associate professor

mtd2005@sibmail.com

SCOTT SABINA ARTUROVNA⁴, MA student

scott.1818@osu.edu

¹ Kazakh Research Institute of Forestry and Agroforest reclamation named after A.N. Bukeikhan; 021704, Shchuchinsk, Akmola region, Kirov str., 58, Republic of Kazakhstan

² Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin; 644008; Omsk, Institutskaya Square, 1, Russia

³ Tomsk State University, Biological Institute; 634050, Tomsk, Lenin pr., 36, Russia

⁴ Columbus State College, 43210, USA, Ohio, Columbus, Nile Ave., 1735

This study is funded by the Ministry of Ecology, Geology and Natural Resources of the Republic of Kazakhstan (No. BR10263776)

*Purpose of research – determine the influence of the degree of soil salinity on the state of hardwood plantations in the green zone of Nur-Sultan city. The objects of research were forest plantations growing on soils with limited forest suitability. Artificial plantations of silver birch *Betula pendula* and Siberian elm *Ulmus pumila* in 2006 and 2010 of the same age class were selected for the study. Depending on the state of artificial plantations, soil tilling was carried out on the test plots at the depth of the root formation and soil samples were used for the analysis. It was revealed that there is diversity in the type of soil salinity across all sample plots and the most common one is chloride and sulfate salinity that is found in both healthy and weakened stands of both tree species. In chloride and sulfur chloride soil salinization, the physical state of birch plantations was significantly reduced. The content of the sum of toxic salts in the soil under forest plantations of the Siberian elm in healthy stands was minimal, which was gradually increasing with the deterioration of the condition of the trees. In silver birch species, approximately the same content of the total salts was observed in healthy and deteriorated plantations, the increase in toxic salts contents was observed in weakened plantations. The height and diameter of trees in healthy stands of both tree species exceeded those of trees in weakened plantations, judging by the coefficient of variation, tree growth was heterogeneous. It was determined that for the Siberian elm the amount of salts of 0.057% is lethal, the salt content in the amount of 0.014% does not affect the decline in the condition and growth of trees. For the forest plantations of silver birch, contradictory results have been obtained, which require additional research.*

Keywords: salt composition, category of soil suitability in forests, health status, type of soil salinity, silver birch, Siberian elm

Format of citation: Kochegarov I.S., Kabanov A.N., Kabanova S.A., Nevenchanaya N.M., Danchenko M.A., Scott S.A. Agroecological assessment of soils under forest plantations of the protection zone of Astana // *Prirodobustrojstvo*. – 2022. – № 5. – С. 132-138. DOI: 10.26897/1997-6011-2022-5-132-138.

Введение. Засоление почв является глобальной проблемой для всего мира. Влияние засоления почв на рост и состояние растений носит комплексный характер, кроме

непосредственного содержания токсичных солей. Играть свою роль также свойства почвы, наличие и количество воды, климат и другие условия среды. В течение эволюции растения приспособились к определенным условиям, и у них сложился определенный генотип, позволяющий выживать в экстремальных почвенно-климатических условиях [1]. При анализе методик определения солевого состава почвы выявлено, что они используют весьма различные характеристики и подходы к выявлению негативного влияния на деградацию почвы, что предлагается для анализа и оценки данных о качественном составе, степени засоления и химизма [2]. Известно, что при определенной агротехнике можно улучшить категорию лесопригодности почвы и ее плодородия, хотя лимитирующим фактором остается недостаток воды [3-5].

Гибель искусственных насаждений может происходить по многим причинам антропогенного характера и влияния условий окружающей среды. Но весьма часто лесные культуры погибают вследствие неправильного подбора ассортимента древесных и кустарниковых пород в зависимости от степени засоленности почвы.

Уральские ученые разработали классификацию солонцов по лесопригодности, которая позволит проводить лесоразведение на ранее не использовавшихся площадях [6].

Выращивание искусственных насаждений вокруг столицы Казахстана г. Астаны началось в 90-е гг. прошлого столетия. В основу группировки почв по степени лесопригодности положены требования, предъявляемые различными древесными и кустарниковыми породами к условиям обитания: к условиям увлажнения, устойчивости к засолению, солонцеватости и затоплению. Почвы со сходным лесорастительным эффектом объединены в следующие три группы по лесопригодности:

* лесопригодные почвы (почвы I группы), которые могут устойчиво произрастать как несолевыносливые и очень слабосолевыносливые породы;

* ограниченно-лесопригодные (почвы II группы) – слабосолевыносливые, солевыносливые;

* условно-лесопригодные (почвы III группы), совмещаемые с ареалом наиболее солевыносливых и засухоустойчивых пород [7].

По степени засоления во вторую группу объединены почвы, содержащие в профиле вредные соли, оказывающие примерно одинаковое угнетающее воздействие на древесную растительность. В темно-каштановых карбонатных глубокосолончаковых почвах общая сумма солей в слое

максимального скопления 80-150 см колеблется в широких пределах: от 0,597 до 1,585%. Это связано с глубиной ежегодного весеннего промачивания почв на 50-80 см, поэтому характерным является максимальное содержание солей с глубины 80 см (рис. 1). Большие значения суммы солей связаны с высоким содержанием безвредного для растений сульфата кальция. В профиле почв присутствуют сода в количестве 0,003-0,007% и токсичные сульфаты (за вычетом гипса) в пределах 4,11-6,41 мг-экв. на 100 г почвы, или 2,0-3,1%.

Лесопригодные почвы в зеленой зоне составляют 20%, основная доля территории приходится на ограниченно условно- и нелесопригодные почвы. Среднегодовое количество осадков не превышает 335 мм. Среднее значение температуры воздуха на высоте 2 м над поверхностью земли составляет +4,3°C. Этот факт вынуждает подбирать ассортимент древесных и кустарниковых пород исходя из их соле- и засухоустойчивости. На протяжении всего периода создания зеленой зоны в лесных культурах проводятся научные исследования [8].

Целью исследований являлось определение влияния степени засоленности почв на состояние лиственных насаждений в зеленой зоне г. Астаны.

Материалы и методы исследований. Объектом исследований стали лесные культуры кулисного типа, произрастающие на ограниченно-лесопригодных почвах. Для проведения исследований были выбраны искусственные насаждения березы повислой *Betula pendula* и вяза приземистого *Ulmus pumila* 2006 и 2010 гг. посадки, имеющие один класс возраста. По внешним признакам отбирались здоровые и ослабленные насаждения древесных пород. Затем на заложенных пробных площадях производились измерения таксационных показателей [9] и для каждого дерева определялось состояние (здоровое, ослабленное или сильно ослабленное). Также учитывался старый и свежий сухостой. Жизненное состояние оценивалось в соответствии с методикой Алексева [10]:

$$H = \frac{100n_1 + 70n_2 + 40n_3 + 4n_4}{N}, \%$$

где H – относительное жизненное состояние древостоя; n_1 – число здоровых деревьев, шт.; n_2 – число ослабленных деревьев, шт.; n_3 – число сильно ослабленных деревьев, шт.; n_4 – число отмирающих деревьев, шт.; N – всего деревьев на пробной площади, шт.

Здоровым считалось насаждение, имеющее индекс жизненного состояния 80-100; ослабленным считали насаждение с индексом 50-79; очень ослабленное насаждение имело индекс 20-49.

В зависимости от состояния искусственных насаждений на пробных площадях выполнялись почвенные прикопки на глубину корнеобитаемого слоя и отбирались образцы почвы для выполнения анализа водной вытяжки.

Почвенный разрез был заложен на месте, предназначенном для создания лесных культур до посадки растений, и по всем критериям лесорастительной оценки почв относится к ограниченно-лесопригодной группе почв [7, 11]. Физико-химический анализ почвы проводился в специализированной лаборатории по общепринятым методикам: определение общей щелочности, хлорид-ионов, сульфат-ионов, кальция и магния – титриметрическим методом; сумма натрия и калия – расчетным методом; сухой остаток – гравиметрическим (весовым) методом; реакция среды – потенциометрическим методом.

В статье приведены средние значения результатов анализа почвы отдельно для лесных культур различного состояния.

Результаты и их обсуждение. По глубине залегания солей на участке формируются глубоководно-чакватые почвы, так как наибольшая сумма солей наблюдается в слое 80-100 см (0,777%). Химизм засоления – каль-

циевый по всей глубине. Тип засоления в горизонте максимального скопления солей – сульфатный. В зависимости от глубины тип засоления изменяется. Так, в слое 0-20 см засоление хлоридное; в слое 40-60 см – хлоридно-сульфатное; затем – сульфатно-хлоридное; а начиная с глубины 80 см – сульфатное. Почвы среднезасоленные. Сумма солей в слое 0-80 см невелика – 0,079-0,144%. В слое 80-100 см она является наибольшей: 0,777% – сильнозасоленная на основании классификации почв по содержанию токсичных солей, % к массе почвы (по Н.И. Базилевич, Е.И. Панковой). Затем сумма солей постепенно снижается и на глубине 180-200 см составляет 0,175%. Наибольшее присутствие сульфатных солей наблюдается на глубине от 100 до 180 см. По щелочности в слое 0-20 см почвы являются щелочными; ниже по горизонтам – от нейтральных до сильнощелочных (рН колеблется от 7,03 до 8,86), причем с глубиной щелочность почвы увеличивается, достигая максимума в горизонте скопления карбонатов. По механическому составу в почве присутствуют фракции «физического» песка (от 45,8 до 92,6%), причем распределение фракций по горизонтам неравномерное (рис. 1).

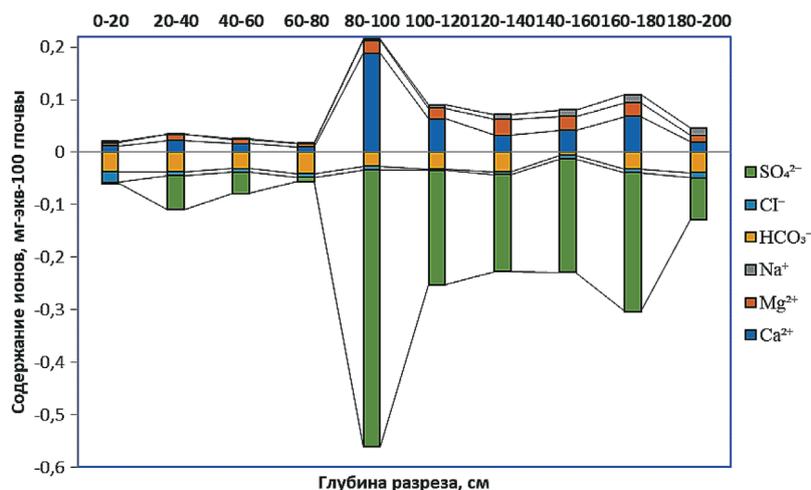


Рис. 1. Солевой профиль ограниченно-лесопригодных почв в зеленой зоне г. Астаны

Fig. 1. Salt profile of limited forest-suitable soils in the green zone of Astana

По итогам почвенных прикопок на ограниченных лесопригодных участках было определено, что сумма токсичных солей под лесными культурами березы повислой в ослабленных насаждениях была больше, чем в почве погибших культур (рис. 2). В почве под культурами вяза приземистого сумма солей в почве ожидаемо была наибольшей под погибшими насаждениями. Минимальные значения суммы солей в почве на обследованных участках вяза приземистого колебались в пределах 0,014-0,057%, максимальные значения – в пределах 0,057-0,108%. Аналогичные

значения для культур березы повислой составили соответственно 0,024-0,046 и 0,066-0,082%.

Для здоровых культур вяза приземистого характерно содержание токсичных солей в среднем 0,037%, для культур березы повислой – 0,052%. Ослабление жизненного состояния культур вяза начинается на почвах, в которых содержание суммы солей в среднем составляет 0,047%. При среднем показателе 0,076% культуры погибли.

Парадоксальными являются результаты почвенного анализа в культурах березы

повислой. Из рисунка 2 следует, что как в здоровых, так и в погибших насаждениях содержится примерно одинаковая сумма солей, а превышение показателя наблюдается в ослабленных насаждениях. Возможно, гибель культур березы повислой обусловлена не только засолением почвы, но другими факторами, требующими дальнейших исследований.

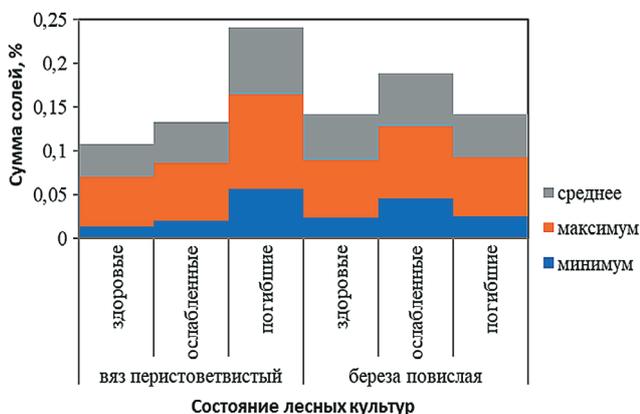


Рис. 2. Сумма солей, %, в почве под лесными культурами вяза приземистого и березы повислой различного состояния

Fig. 2. The sum of salts (%) in the soil under the forest crops of Siberian elm and Silver birch of various conditions

В результате исследований выявлена определенная тенденция содержания токсичных солей в почве под лесными культурами вяза приземистого, когда наблюдалось постепенное увеличение содержания солей в почве, начиная со здоровых и заканчивая погибшими культурами. Основной тип засоления почвы в культурах вяза – хлоридно-сульфатное (71,4%), одинаковой является встречаемость хлоридного и сульфатного засоления (по 14,3%). В здоровых насаждениях все три типа засоления составляют по 33,3%, в ослабленных культурах преимущество имеет хлоридно-сульфатное засоление (77,8%), а также хлоридное (22,2%). На погибших участках вяза хлоридно-сульфатное засоление составляет 66,0%, сульфатное – 34,0%.

Судя по данным рисунка 3, на состояние растений наибольшее влияние оказывал натрий. В почвах ослабленных насаждений его количество изменялось от 0,030 до 0,180 мг-экв, в погибших насаждениях достигало максимума 1,060 мг-экв, тогда как в почвах здоровых насаждений натрия не было. Среднее содержание хлора в почвах здоровых культур составило 0,033, в ослабленных – 0,057, в погибших – 0,040 мг-экв.

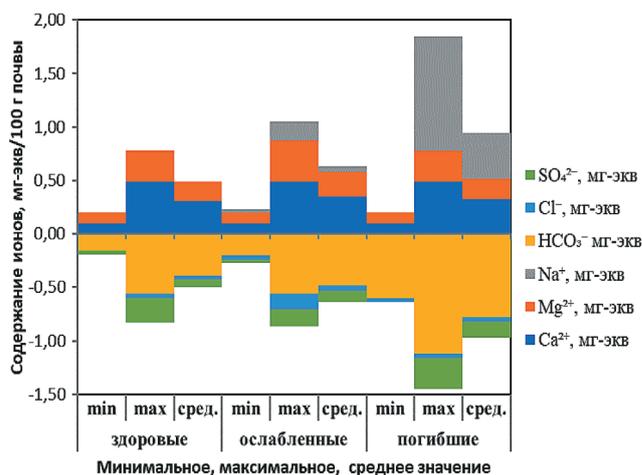


Рис. 3. Содержание токсичных солей в почве под лесными культурами вяза приземистого различного жизненного состояния

Fig. 3. The content of toxic salts in the soil, under forest crops of Siberian elm of various living conditions

Относительно лесных культур березы повислой достигнут прямо противоположный результат: в почве в ослабленных культурах имелось наибольшее количество солей, в погибших культурах – наименьшее (рис. 4).

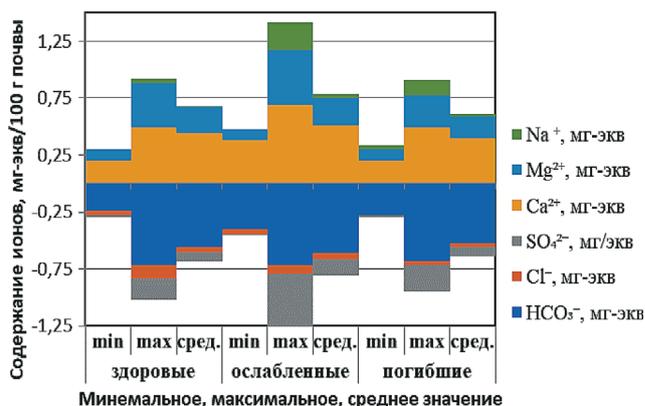


Рис. 4. Солевой профиль почвы в лесных культурах березы повислой различного жизненного состояния

Fig. 4. Salt profile of the soil in forest crops of Silver birch of different living conditions

Тип засоления почв на всех тестовых участках разнообразен: хлоридно-сульфатное засоление составляет 55%, хлоридное и сульфатно-хлоридное – 30%, сульфатное – 15%. Если брать пробные площади в зависимости от состояния деревьев, то в здоровых насаждениях хлоридно-сульфатное засоление составляет 54,6%, хлоридное и сульфатно-хлоридное – 36,3%, сульфатное – 9,1%; в ослабленных насаждениях – соответственно 57,9; 21,1; 21,0%; в погибших – 44,5; 44,3; 11,2%. Исходя из полученных значений показателей, можно

сделать предположение того, что при хлоридном и сульфатно-хлоридном засолении состояния березовых насаждений значительно снижается.

В таблице приведены результаты замеров показателей роста лесных культур березы повислой и вяза приземистого. Здоровые культуры березы повислой превышали ослабленные насаждения по высоте на 37,3%, по диаметру – на 30,25%. Коэффициент вариации изменялся на повышенном уровне по высоте, на высоком уровне – по диаметру. Следовательно, рост деревьев был неоднородным. Высота и диаметр вяза приземистого в здоровых насаждениях значительно превосходили аналогичные показатели у ослабленных деревьев.

Изменчивость таксационных показателей колебалась на повышенном и высоком уровнях.

Таким образом, по полученным данным можно сделать предварительные выводы о степени засоленности почвы, ухудшающей состояние и рост деревьев в лесных культурах. Для вяза приземистого сумма солей 0,057% является летальной, содержание солей в количестве 0,014% не влияет на ухудшение состояния и рост деревьев. Для лесных культур березы повислой получены противоречивые результаты, которые свидетельствуют не только о токсичном влиянии легкорастворимых солей, но в большей мере – о влиянии глубины солевого горизонта и биологических особенностей корневой системы.

Таблица

Таксационные показатели лесных культур березы повислой и результаты водно-химического анализа почвы

Table

Taxation indicators of Silver birch forest crops and results of water-chemical analysis of the soil

Состояние Condition	Год посадки Year of planting	Высота Height		Диаметр Diameter		Содержание, мг-экв/ 100 г почвы Content, mg-eq / 100 g of soil							
		среднее, м average, m	V*, %	среднее, см average, cm	V*, %	сумма солей, % sum of salts, %	HCO ₃	Cl	SO ₄	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺
Береза повислая / Silver birch													
Здоровые Healthy	2006-2010	8,06±0,22	21,62	9,19±0,26	22,35	0,057	0,65	0,03	0,06	0,49	0,23	0,01	0,01
Ослабленные Weakened		5,05±0,21	28,88	6,41±0,52	36,06	0,065	0,65	0,03	0,17	0,54	0,22	0,07	0,02
Погибшие Dead		-	-	-	-	0,043	0,47	0,03	0,06	0,37	0,16	0,02	0,02
Вяз приземистый / Siberian elm													
Здоровые healthy	2010	5,07±0,37	14,66	8,00±0,37	20,03	0,014	0,16	0,04	0	0,10	0,10	0	0
Ослабленные Weakened		3,80±0,17	28,57	4,99±0,26	34,08	0,029	0,32	0,04	0,03	0,20	0,20	0	0
Погибшие Dead		-	-	-	-	0,057	0,60	0,04	0,10	0,49	0,20	0	0,05

Примечание – * - коэффициент вариации. / Note – * - coefficient of variation.

Выводы

По материалам изучения санитарного состояния и роста лесных культур березы повислой и вяза приземистого на ограниченно-лесопригодных почвах в зеленой зоне г. Астаны сделаны определенные выводы.

1. Тип засоления почв по всем пробным площадям является разнообразным, но наиболее часто встречается хлоридно-сульфатное засоление как в здоровых, так и в ослабленных культурах рассматриваемых древесных пород.

2. При хлоридном и сульфатно-хлоридном засолении состояние березовых культур

значительно ухудшается. Этот факт необходимо учитывать при проектировании лесных культур и выборе древесной породы.

3. Содержание суммы токсичных солей в почве под здоровыми лесными культурами вяза приземистого были минимальными. Их постепенное увеличение сказывается на ухудшении состояния деревьев.

4. Высота и диаметр деревьев в здоровых культурах обеих древесных пород превышали аналогичные показатели деревьев в ослабленных культурах.

Библиографический список

1. **Иванищев В.В.** О механизмах солеустойчивости растений и специфике влияния засоления // Известия ТулГУ. Естественные науки. – 2019. – Вып. 4. – С. 76-88.
2. **Манжина С.А.** К вопросу выявления химизма и степени засоления почв: российские и зарубежные практики // Мелиорация и гидротехника. – 2021. – Т. 11. № 3. – С. 163-181. – URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1220>.
3. **Новикова Н.М.** Трансформация солонцовых комплексов Ергенинской возвышенности в искусственных лесных насаждениях / А.Ф. Новикова, М.В. Коношкова, Н.М. Церенов // Вестник Института комплексных исследований аридных территорий. – 2011. – № 1. (22). – С. 63-74.
4. **Бабичев А.Н., Бабенко А.А.** Влияние различных типов и видов мелиорации на восстановление и повышение плодородия деградированных почв // Мелиорация и гидротехника. – 2022. – Т. 12, № 1. – С. 157-176. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-1-157-176>.
5. **Кузьмин А.И.** Методика реконструкции водоемов Камышловского лога с целью стабилизации их баланса, улучшения экологического состояния и хозяйственного использования солончаково-солонцовых комплексов почв для возрождения продуктивности естественных лугов долины / Ж.А. Тусупбеков, Н.Л. Ряполова, В.С. Надточий // Каталог научных и инновационных разработок ФГБОУ ВО Омский ГАУ. Серия «Агрехимия, почвоведение, экология, природобустройство и водопользование». – Омск: ОмГАУ, 2021. – С. 22-24.
6. **Толкач О.В., Фрейберг И.А., Черноусова Н.Ф.** Использование солонцов в лесокультурных целях // Леса России и хозяйство в них. – 2016. – № 4 (59). – С. 62-69.
7. **Гирлов В.А.** Методические указания по оценке лесопригодности засоленных почв Северного Казахстана. – Щучинск: 1998. – 11 с.
8. **Кабанова С.А., Данченко М.А., Мясников А.Г.** Динамика приживаемости лесобразующих пород зеленой зоны г. Астаны // Проблемы региональной экологии. – 2012. – № 2. – С. 144-146.
9. **Данченко А.М., Кабанова С.А., Данченко М.А., Муканов Б.М.** Лесные культуры: учеб. пособие. – М.: Юрайт, 2018. – 235 с.
10. **Алексеев В.А., Чертов О.Г., Сергейчик Г.А.** Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение. – Л.: Наука, 1990. – 200 с.
11. **Степанов В.И.** Наставление по лесовосстановлению и лесоразведению в государственном лесном фонде Казахской ССР. – Ч. 1, 2. – Алма-Ата, 1988. – 103 с.

Критерии авторства

Кочегаров И.С., Кабанов А.Н., Кабанова С.А., Невенчаная Н.М., Данченко М.А., Скотт С.А. выполнили теоретические и экспериментальные исследования, на основании которых провели обобщение и написали рукопись. Имеют на статью авторское право и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Статья поступила в редакцию 20.07.2022 г.

Одобрена после рецензирования 18.10.2022

Принята к публикации 25.10.22

Reference

1. **Ivanishchev V.V.** O mehanismah soleustoichivosti rastenij i spetsifike vliyaniya zasoleniya // Izvestiya TulGU. Estestvennye nauki. 2019. – Vyp. 4. – Sp. 76-88.
2. **Manzhina S.A.** K voprosu vyjavleniya himizma i stepeni zasoleniya pochv: rossijskie i zarubezhnye praktiki // Melioratsiya i gidrotehnika. – 2021. – T. 11. № 3. – S. 163-181. <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1220>
3. **Novikova N.M.** Transformatsiya solontsovykh kompleksov Ergeninskoy vozvyshennosti v iskusstvennykh lesnykh nasazhdeniyah / Novikova A.F., Konyushkova M.V., Tserenov N.M. // Vestnik instituta kompleksnykh issledovaniy aridnykh territorij. – 2011. – № 1 (22). – S. 63-74.
4. **Babichev A.N., Babenko A.A.** Vliyanie razlichnykh tipov i vidov melioratsii na vosstanovlenie i povysheenie plodorodiya degradirovannykh pochv // Melioratsiya i gidrotehnika. – 2022. – T. 12. No. 1. – S. 157-176. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-1-157-176>
5. **Kuzmin A.I.** Metodika rekonstruktsii vodoemov Kamyshlovskogo loga s tselyu stabilizatsii ih balansa, uluchsheniya ekologicheskogo sostoyaniya i hozyajstvennogo ispolzovaniya solonchakovo-solontsovykh kompleksov pochv dlya vozrozhdeniya produktivnosti estestvennykh lugov doliny / Tusupbekov Zh.A., Ryapolova N.L., Nadtochiy V.S. // Catalog nauchnykh i innovatsionnykh razrabotok FGBOU VO Omsky GAU. Seriya «Agrohi-miya, pochvovedenie, ekologiya, prirodobustrojstvo i vodopolzovanie». – Oms: OmGAU, 2021. – S. 22-24.
6. **Tolkach O.V., Freyberg I.A., Chernousova N.F.** Ispolzovanie solontsov v lesokulturnykh tsel-yah // Lesa Rossii i hozyajstvo v nih. – 2016. – № 4 (59). – S. 62-69.
7. **Girlov V.A.** Metodicheskie ukazaniya po otsenke lesoprigodnosti zasolennykh pochv Severnogo Kazakhstana. – Shchuchinsk: 1998. – 11 s.
8. **Kabanova S.A., Danchenko M.A., Myasnikov A.G.** Dinamika prizhivaemosti lesoobrazuyushchih porod zelenoj zony g. Astany // Problemy regionalnoy ekologii. – 2012. – No. 2. – S. 144-146.
9. **Danchenko A.M.** Lesnye kultury: ucheb. posobie / Kabanova S.A., Danchenko M.A., Mukanov B.M. – Moscow: Yurayt, 2018. – 235 s.
10. **Alekseev V.A., Chertov O.G., Sergeychik G.A.** Lesnye ekosistemy i atmosfernoe zagryaznenie. – L.: Nauka, 1990. – 200 s.
11. **Stepanov V.I.** Nastavlenie po lesovosstanovleniyu i lesorazvedeniyu v gosudarstvennom lesnom fonde Kazakhskoy SSR. Chast 1, 2. – Alma-Ata: 1988. – 103 s.

Criteria of Authorship

Kochegarov I.S., Kabanov A.N., Kabanova S.A., Nevenchanaya N.M., Danchenko M.A., Scott S.A. performed theoretical and experimental research, on the basis of which they conducted a generalization and wrote the manuscript. Kochegarov I.S., Kabanov A.N., Kabanova S.A., Nevenchanaya N.M., Danchenko M.A., Scott S.A. have a copyright on the article and are responsible for plagiarism.

Conflict of interests

The authors declare that there are no conflicts of interests

The article was submitted to the editorial office 20.07.2022

Approved after reviewing 18.10.2022

Accepted for publication 25.10.2022