

Почвенно-галогеохимические условия местообитаний видов рода *Nitraria* (Nitrariaceae) в южной части Сибирского региона

С. А. ХУДЯЕВ, Е. В. БАНАЕВ*

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН
630099, Новосибирск, ул. Советская, 18
E-mail: hudaev@issa.nsc.ru

*Центральный сибирский ботанический сад СО РАН
630090, Новосибирск, ул. Золотодолинская, 101
E-mail: alnus2005@mail.ru

АННОТАЦИЯ

Выявлено, что рост и развитие отдельных растений селитрянки (*Nitraria* L.), а также границы распространения ее популяций в ландшафте определяются типом и уровнем засоления почв. Диапазон экологически благоприятного содержания солей в почвах для развития селитрянки при сульфатном засолении шире (0,7–3,4 %), чем при хлоридном (0,2–0,6 %). В ответ на изменение степени засоления почв растения проявляют ряд адаптивных поведенческих реакций, которые способствуют поддержанию оптимального уровня солей в пределах их местообитаний.

Ключевые слова: *Nitraria* L., селитрянка, галофиты, засоление почв, Сибирь.

Селитрянка (*Nitraria* L.) – представитель древней пустынной флоры [1], относится к галофитам. На территории юга Сибири не имеет широкого распространения. Виды этого рода произрастают в степных районах и приурочены к засоленным элементарным ландшафтам, представленным замкнутыми блюдцеобразными понижениями с неглубоким уровнем залегания минерализованных грунтовых вод, а также обсыхающими озерными котловинами. При этом местообитания растений сопряжены с интразональными почвами – солонцами и солончаками.

Очевидно, что селитрянка, как и всякий галофит, для успешного развития нуждается в некотором количестве легкорастворимых солей в почвах. Однако возможность ее раз-

вития на засоленных участках не абсолютна и ограничивается как свойствами почв, так и физиологическими особенностями растений. Взаимодействие этих двух факторов определяет экологически благоприятные диапазоны условий среды, при которых растения могут устойчиво развиваться. Сведений о том, насколько приемлем тот или иной тип и уровень засоления почв для видов селитрянки, произрастающих в Сибири, в литературе нет. Кроме того, содержание легкорастворимых солей в почвах непостоянно и может значительно изменяться в течение одного вегетационного периода в пределах одного ландшафта. В этой связи особый интерес представляет изучение реакции ценопопуляций селитрянки на изменение уровня засоления почв.

Исследования почвенно-экологических условий произрастания селитрянки актуальны в

связи с развитием опустынивания и интенсификацией процессов галогенеза на юге Сибири [2], которые приводят к образованию обширных засоленных площадей, не пригодных для заселения зональной гликофитной растительностью. Освоение таких участков начинают галофитные сообщества, в том числе популяции селитрянки, приспособленные к экстремальным уровням засоления почв.

Таким образом, изучение почвенных условий произрастания селитрянки позволит выявить параметры и их количественные характеристики, влияющие на ее жизнедеятельность и определяющие возможность ее участия в сукцессионных процессах.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Исследованы почвенно-галогеохимические условия произрастания видов рода *Nitraria* в южной части Сибирского региона в пределах Кулундинской равнины и замкнутых межгорных котловин Алтае-Саянской складчатой области: Чуйской, Чулымско-Енисейской, Минусинской, Туранской, Улугхемской и Убсу-Нурской. Данные геоморфологические структуры находятся под влиянием окружающих их горных систем, характеризуются засушливым климатом и являются районами аккумуляции вещества, поступающего как с гор (в растворенном виде, в составе твердой фазы), так и с атмосферными осадками [3, 4]. Рельеф изученных геоморфологических структур характеризуется расчлененностью. В пределах Кулундинской равнины данная особенность обусловлена наличием древних ложбин стока, грив и межгривных понижений, многочисленных высохших озерных котловин [4]. В условиях межгорных равнин расчлененный рельеф формируется за счет широких речных долин, озерных котловин, сопков, увалов, холмов, скальных останцов и мелких хребтов. Данные особенности строения поверхности способствуют возникновению разнонаправленных миграционных потоков, следствием действия которых являются постоянное перераспределение вещества и формирование элювиальных, транзитных и аккумулятивных элементарных ландшафтов.

В качестве почвообразующих пород пониженных элементов рельефа в Кулундинской равнине распространены озерно-аллювиаль-

ные и аллювиальные отложения различного гранулометрического состава – от песков до тяжелых глин. Широкое распространение здесь имеют лессовидные четвертичные суглинки, покрывающие гривообразные повышения. Как правило, породы карбонатные и содержат гипс [4–7]. Почвообразование в условиях Чуйской, Туранской, Улугхемской и Убсу-Нурской межгорных котловин протекает на элювии и элювиоделювии массивно-кристаллических (граниты) и плотных осадочных (пески, известняки, мраморы и др.) пород. Отрицательные формы рельефа котловин (пологие склоны и их шлейфы, долины рек, озерные котловины) выполнены де-, про-, аллювиальными и ледниковыми рыхлыми осадочными отложениями. Перечисленные типы пород, как правило, имеют мелкоземисто-скелетную структуру, причем соотношение этих фракций может существенно варьировать. Мелкозем содержит карбонаты, его гранулометрический состав изменяется от песков до глин. Скелетная фракция также характеризуется наличием карбонатов в виде пленок и натечных корок [3, 8, 9].

Почвообразующими породами в Чулымско-Енисейской и Минусинской котловинах служит тяжело- и легкосуглинистый элювиоделювий красноцветных известняков девона и пермокарбона. Данные породы скелетны, карбонатны и часто характеризуются сульфатным засолением [10].

Для грунтовых вод территории исследований характерны пестрый химический состав и минерализация, что обусловлено особенностями климата, рельефа и химизмом водовмещающих пород. В условиях автономных ландшафтов грунтовые воды залегают глубоко и не оказывают влияния на процессы почвообразования. Воды подчиненных ландшафтов расположены близко к дневной поверхности, как правило, имеют высокую степень минерализации и активно влияют на процессы засоления, оглеения, осолонцевания почв.

Своеобразие природно-климатических условий на территории исследований способствует формированию пестрого почвенного покрова. При общем доминировании зональных почв (черноземов, каштановых, криоаридных) здесь также распространены почвы интразональных типов (солонцы, солончаки,

Физико-химические характеристики почв местообитаний селитрянки и контрольных участков

Число образцов, шт.	$C_{\text{орг}}$	CaCO_3	рН	Физическая глина, %
	%			
<i>Кулундинская равнина</i>				
13	$\frac{0,1-1,6}{0,5}$	$\frac{1-5}{3}$	$\frac{7,6-9,8}{8,6}$	$\frac{6-43}{22}$
<i>Межгорные котловины</i>				
7	$\frac{0,1-2,6}{0,9}$	$\frac{5-23}{13}$	$\frac{8,5-9,6}{9,0}$	$\frac{15-52}{35}$
<i>Контрольные участки</i>				
6	$\frac{0,1-1,5}{0,8}$	$\frac{1,4-40}{12}$	$\frac{7,3-9,0}{8,4}$	$\frac{7-59}{22}$

П р и м е ч а н и е. Над чертой – пределы варьирования, под чертой – среднее значение; содержание физической глины в почвах межгорных котловин указано для фракции мелкозема.

луговые и болотные). Последние приурочены к пониженным элементам рельефа (зонам аккумуляции солей) и к выходам засоленных почвообразующих пород.

С целью определения условий произрастания *N. sibirica* Pall. и *N. schoberi* L. выбран и обследован ряд ключевых участков. Характерная особенность участков – их локализация в пониженных элементах рельефа (озерные котловины, долины рек, микрозападины и др.). Почвенный покров местообитаний этих видов представлен интразональными типами: солончаками и солонцами.

В пунктах обследования проводили отбор образцов почв и грунтовых вод. Почвенные образцы для определения элементного химического и солевого состава отбирали из зоны минерального питания растений – из слоя 0–30 см. В границах ключевых участков определены контрольные точки, на которых растения селитрянки отсутствовали. Здесь также отобраны почвенные образцы по приведенной схеме.

Концентрацию анионов (гидрокарбонат-, сульфат-, хлор-ион) в водной вытяжке из почв, содержание CaCO_3 , рН, гранулометрический состав и содержание органического вещества определяли стандартными методами [11].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Засушливые климатические условия, обильный аккумулятивный характер поверхности,

обилие депрессионных форм мезо- и микро-рельефа, близкое залегание к дневной поверхности грунтовых вод (Кулундинская равнина) и сезонной мерзлоты (межгорные котловины), наличие засоленных почвообразующих пород в пределах территории исследований способствуют интенсивному развитию процессов галогенеза. В результате воздействия данных процессов почвы могут приобретать черты интразональных засоленных типов. Известно, что засоление – характерный признак ландшафтов территорий с аридным климатом, а растения рода *Nitraria* как представители древней пустынной флоры предпочитают селиться на засоленных почвах [12–16]. Поэтому закономерно, что на изученной территории растения селитрянки оказались приурочены к почвам засоленных ландшафтов: к солончакам сорovým и луговым, а также к солонцам корковым и мелким.

Почвы ключевых участков развиваются на озерно-аллювиальных и озерно-ледниковых отложениях. В табл. 1 показано, что гранулометрический состав почв Кулундинской равнины песчаный, супесчаный и легкосуглинистый. В межгорных котловинах наблюдается некоторое утяжеление гранулометрического состава мелкозема: здесь преобладают среднесуглинистые разновидности. Иногда встречаются глинистые и песчаные. Почвы ключевых точек вследствие засоления слабо заселены растительностью, а на неко-

торых участках селитрянки – единственный представитель флоры. Поэтому количество органического вещества в почвах незначительно и в среднем составляет 0,6 %. Рассмотренные почвы карбонатны и характеризуются сильнощелочной реакцией среды. Содержание CaCO_3 варьирует от 1 до 23 %, что связано с особенностями формирования почв. Так, на фоне легкого гранулометрического состава и ослабленного контакта с грунтовыми водами карбонаты вымываются из почвенного профиля. Наличие испарительного геохимического барьера, а также приуроченность почв к выходам известковых пород, наоборот, обуславливают значительное содержание CaCO_3 в почвенных генетических горизонтах.

Сравнение показателей состава почв местообитаний селитрянки и почв, где она отсутствует (контрольные участки), говорит о том, что гранулометрический состав, количество органического вещества и карбонатов не являются факторами, лимитирующими жизнь растений рода *Nitraria*.

Общим для почв местообитаний селитрянки является присутствие в их профиле значительного количества легкорастворимых солей. Растения рода *Nitraria* – типичные галофиты и приспособлены к существованию на засоленных почвах благодаря механизмам устойчивости к солевому стрессу [17]. Исследования показали, что селитрянки адаптированы к разным типам и уровням засоления. Почвы исследованных местообитаний имеют хлоридный, сульфатно-хлоридный, хлоридно-сульфатный, сульфатный и содово-хлоридный типы засоления с доминированием в составе катионов ионов натрия. При всех типах засоления его степень варьировала от слабой до очень сильной.

Химизм и степень засоления изученных почв зависели от их приуроченности к типам элементарных геохимических ландшафтов и изменялись в горизонтальном направлении и внутрипрофильно. Зональные почвы элювиальных ландшафтов лишены признаков засоления, а интразональные аккумулятивных ландшафтов, напротив, очень сильно засолены с поверхности.

Засоление почв – характерная черта местообитаний селитрянки, но, как и всякий экологический фактор в избытке или недостатке, может ограничивать ее жизнедеятельность.

В литературе [18–21] имеются данные о том, что наличие определенного количества солей в питательной среде стимулирует рост галофитов, а избыток или недостаток засоления, напротив, приводит к их угнетению. Проведенные исследования позволили выявить ориентировочные экологически благоприятные уровни засоления, способствующие устойчивому развитию селитрянки (рис. 1). Так, при доминировании ионов хлора в солевом комплексе благоприятный уровень засоления укладывается в диапазон 0,2–0,6 %, в случае же преобладания сульфат-ионов диапазон существенно расширяется и составляет 0,7–3,4 %. Содержание солей в почвах вне этих пределов является для селитрянки критическим, ее рост на таких участках нами не зарегистрирован. К таким почвам относятся зональные незасоленные, а также солончаки с аномально высокими концентрациями солей.

Тип и уровень засоления почв являются динамическими характеристиками, изменяющимися во времени и в пространстве. С течением времени в пределах одного и того же ландшафта процессы галогенеза могут усиливаться и приводить к накоплению различных, закономерно сменяющих друг друга типов солевых аккумуляций по всему почвенному профилю в очень высоких и даже токсичных концентрациях [7]. При смене гидро-термических условий в сторону увлажнения, а также при улучшении дренажа процессы галогенеза могут идти на спад, что приводит к перемещению солей в глубь почвенного профиля и даже к полному его рассолению. Значительные изменения типов и уровней засоления могут происходить за короткий временной промежуток (например, в течение вегетационного периода) при существенной смене погодных условий (засуха, проливные дожди). В результате растения для своего успешного развития вынуждены использовать целый комплекс как физиологических, так и поведенческих адаптивных механизмов. Среди поведенческих адаптаций селитрянки к изменению засоления нами отмечено: перемещение популяции в пространстве в горизонтальном направлении, изменение заглубления корневой системы отдельных особей, а также влияние на засоление почв путем изменения микрорельефа.

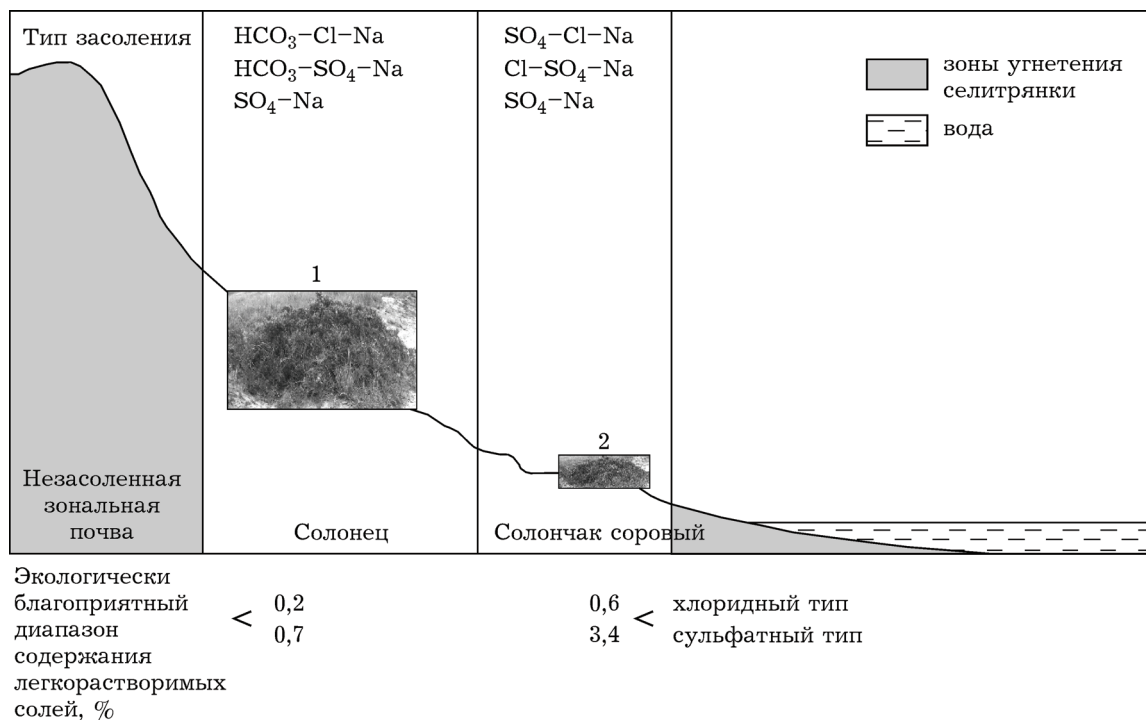


Рис. 1. Схема размещений популяции селитрянки в озерных котловинах южной части Сибирского региона.

Растения: 1 – старые, 2 – молодые

Перемещение популяций селитрянки в пространстве в горизонтальном направлении особенно хорошо прослеживается в обсыхающих озерных котловинах (см. рис. 1). Здесь степень засоления повышается в направлении от края котловины к водяной кромке: от зональных незасоленных почв к солонцам и солончакам соровым. В этом же направлении происходит распространение популяции селитрянки. При этом молодая поросль кустарника занимает участки, уровень засоления которых выше по сравнению с местообитаниями взрослых растений. На сегодняшний день мы не можем достоверно сказать, с чем связан подобный характер распределения растений в популяциях. Возможно, это обусловлено важной ролью повышенной концентрации солей и влажности почвы на ранних этапах онтогенеза, а также отсутствием конкуренции со стороны других видов на данных участках. Фактов заселения селитрянкой незасоленных почв нами не обнаружено.

Одним из способов, при помощи которого растения селитрянки осваивают сильнозасоленные участки почвенного покрова, является задержание в пристволовой части ми-

неральных частиц, приносимых с водой и ветром, и формирование кочек. Данные образования изменяют условия местообитаний растений – происходит рассоление почвы в результате снижения уровня почвенно-грунтовых вод, уменьшения испарительного концентрирования солей и удаления их избытка за счет улучшения дренажа с дождевыми и тальными водами [22]. Это явление отмечено на ключевом участке “Кулундинское озеро” (рис. 2), где почвенный покров представлен солончаками соровыми сульфатно-хлоридными, очень сильно засоленными. Грунтовые воды залегают на глубине 60 см, имеют минерализацию 60 г/л и относятся к рассолам. Такой агрессивный геохимический фон затрудняет развитие растительного покрова, который здесь представлен лишь разреженными популяциями солеросов. Однако в результате прибойной и ветровой деятельности в пределах исследуемого участка сформировался песчаный микровал шириной примерно 1 м и высотой 30 см, на котором обнаружены единичные растения селитрянки.

Наличие этого вала способствует изменению общего содержания легкорастворимых

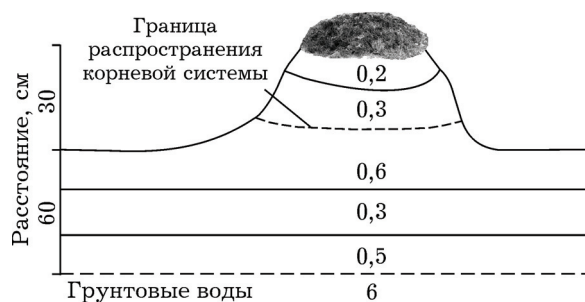


Рис. 2. Влияние микрорельефа на изменение общего содержания легкорастворимых солей (%) в местообитании *N. schoberi* на солончаке соровом сульфатно-хлоридно-натриевом сильнозасоленном

солей с критического уровня до приемлемого: от 0,6 % в основании вала, до 0,2 % на его вершине. При этом максимальное количество корней сосредоточено в слое 0–20 см песчаного наноса, в слое же 20–30 см на фоне увеличения засоления их количество резко снижается. На контрольном участке распределение солей в профиле имеет обратный характер, их максимум (0,6 %) сосредоточен в слое 0–10 см, и селитрянки здесь не селитятся.

Интересен факт произрастания селитрянки на почвах, верхняя часть корнеобитаемого слоя которых засолена слабо, либо вовсе лишена признаков засоления. Эти почвы локализованы, как правило, по внешнему краю озерных котловин, на возвышениях, лишены контакта с грунтовыми водами и подвергаются в данный момент времени процессу рассоления, солевой горизонт в них перемещен в глубь профиля. Нами выявлено, что на почвах с подобным характером распределения солей в профиле произрастают исключительно взрослые растения селитрянки. В качестве примера (табл. 2) можно привести распределение солей в солонце корковом (участок оз. Малиновое, Кулундинская равнина).

Исходя из результатов исследования, можно составить следующую схему сопряженной эволюции состава и свойств почв озерных кот-

ловин и расселения на них растений селитрянки. На ранних стадиях усыхания озера почвы, располагающиеся по внешнему краю котловины, характеризовались более значительным содержанием солей в профиле. И, видимо, данные местообитания заселялись селитрянкой как раз в то время. Затем, по мере усыхания озера и снижения уровня засоленных грунтовых вод, поступление солей в почву в результате испарительного концентрирования существенно уменьшилось либо вовсе прекратилось. Под действием атмосферных осадков процессы засоления почв сменились процессами рассоления, и с нисходящими токами влаги соли с поверхности почв постепенно начали перемещаться в глубь профиля. Одновременно с этим происходило взросление популяций селитрянки, и по мере перемещения верхней границы солевого горизонта в глубь профиля корневая система растений следовала за ней, тем самым поддерживая контакт с комфортной для себя геохимической средой и обеспечивая себя необходимым количеством химических элементов.

ВЫВОДЫ

1. Местообитания *N. sibirica* и *N. schoberi* приурочены к интразональным почвам засоленных ландшафтов – солончакам соровым и луговым, солонцам корковым и мелким.

2. Основным фактором, лимитирующим жизнедеятельность селитрянки, является уровень концентрации легкорастворимых солей в почвах. При этом экологически благоприятный диапазон содержания солей на фоне преобладания в солевом комплексе ионов хлора значительно уже (0,2–0,6 %), чем при доминировании сульфат-ионов (0,7–3,4 %). Отсутствие засоления не благоприятствует росту и развитию селитрянки.

3. В ответ на изменение степени засоления почв селитрянки проявляет ряд адаптивных

Т а б л и ц а 2

Распределение легкорастворимых солей в зоне минерального питания *N. schoberi* на солонце корковом (оз. Малиновое, Кулундинская равнина)

Глубина, см	Тип засоления	Общее количество солей, %	Степень засоления
0–10	–	–	Отсутствует
10–20	Содово-хлоридный	0,19	Слабая
20–30	»	0,27	Средняя

поведенческих реакций, среди которых перемещение популяции в пространстве в горизонтальном направлении к наиболее сильно засоленным почвам, изменение микрорельефа на участках с экстремальным уровнем засоления, заглупление корневой системы на почвах, подвергающихся рассолению.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бобров Е. Г. О происхождении флоры пустынь Старого Света в связи с обзором рода *Nitraria* L. // Ботан. журн. 1965. № 8. С. 1053–1067.
2. Опустынивание земель и борьба с ним: Сб. ст. Междунар. научн. конф. Абакан, 2007. 327 с.
3. Волковинцер В. И. Степные криоаридные почвы. Новосибирск, 1978. 208 с.
4. Панфилов В. П. Физические свойства и водный режим почв Кулундинской степи. Новосибирск, 1973. 260 с.
5. Почвы Алтайского края. М., 1959. 384 с.
6. Почвы Омской области. Омск, 1960. 374 с.
7. Базилевич М. И. Геохимия почв содового засоления. М., 1965. 352 с.
8. Хмелев В. А. Засоленные почвы Горного Алтая // Свойства почв таежной и лесостепной зон Сибири. Новосибирск, 1978. С. 97–118.
9. Степи Центральной Азии. Новосибирск, 2002. 299 с.
10. Танзыбаев М. Г. Почвы Хакасии. Новосибирск, 1993. 256 с.
11. Агрохимические методы исследования почв. М., 1975. 656 с.
12. Моренко М. О. Галофиты Алтайской горной системы на примере семейства маревые (*Chenopodiaceae*) // Вестник ТГУ. 2007. № 298. С. 222–223.
13. Kasim W. A., El-Shourbagy M. N., Ahmed A. M., El-Ebsy K. M. Physiological adjustment of *Arthrocnemum macrostachyum* and *Nitraria retusa* to saline habitats in Sinai, Egypt // Australian J. of Basic and Applied Sciences. 2008. N 2. P. 418–428.
14. Найданов Б. Б. Флора засоленных местообитаний Юго-Западного Забайкалья: кормовая оценка // Вестник КрасГАУ. 2009. № 11. С. 39–43.
15. Ткачук Т. Е., Борзых М. В. Динамика популяции *Nitraria sibirica* в окрестностях Торейских озер // Природоохранное сотрудничество: Россия, Монголия, Китай. 2010. № 1. С. 286–289.
16. Чистякова А. А., Дюкова Г. Р. Структура почвенно-растительного покрова засоленных степных блюдечесостепи // Изв. Пензенского гос. пед. ун-та им. В. Г. Белинского. 2010. № 17. С. 32–38.
17. Физиология растений. М., 2007. 640 с.
18. Балнокин Ю. В., Мясоедов Н. А., Шамсутдинов З. Ш., Шамсутдинов Н. З. Роль Na^+ и K^+ в поддержании оводненности тканей органов у галофитов сем. *Chenopodiaceae* различных экологических групп // Физиология растений. 2005. № 6. С. 882–890.
19. Головатый В. Г., Шамсутдинов Н. З., Худякова Х. К., Балнокин Ю. В., Горячева Н. Ю. Влияние минерального питания, водного режима и засоления на продуктивность галофитов // Агрохимия. 2005. № 6. С. 59–65.
20. Головатый В. Г., Шамсутдинов Н. З., Худякова Х. К., Балнокин Ю. В., Горячева Н. Ю. Влияние доз азота, фосфора, калия и засоления на продуктивность галофитов // Там же. 2007. № 6. С. 50–56.
21. Ру К. М., Сю К., Лин П., Пей З. М., Чженг Х. Л. Краткосрочное и долговременное воздействие NaCl на физиологические и биохимические характеристики листьев настоящего мангрового растения (*Kandelia candel*) // Физиология растений. 2009. № 3. С. 403–409.
22. Роль почвы в формировании и сохранении биологического разнообразия. М., 2011. 273 с.

Soil and Galogeochemical Conditions of Locations of the Species of *Nitraria* (*Nitrariaceae*) Genus in the Southern Part of Siberian Region

S. A. KHUDYAEV, E. V. BANAEV*

*Institute of Soil Science and Agricultural Chemistry SB RAS
630099, Novosibirsk, Sovetskaya str., 18
E-mail: hudaev@issa.nsc.ru*

**Central Siberian Botanical Garden SB RAS
630090, Novosibirsk Zolotodolinskaya str., 101
E-mail: alnus2005@mail.ru*

It was found out that the growth and development of *Nitraria* individual plants and the area of existence of its populations in landscape are determined by the type and level of salinization. It was determined that the range of favourable ecological contents of salts in soils for *Nitraria* under sulfate conditions is wider (0.7–3.4 %) than under chloride conditions (0.2–0.6 %). Plants are showing some adaptive behavioral reactions, which contribute to maintenance of optimal salts level within the bounds of their locations in response to changes of the level of salinization.

Keywords: *Nitraria* L., halophytes, salinization, Siberia.