

Изучение влияния факторов опустынивания на всхожесть семян Пырея удлиненного (*Agropyron elongate*) и Житняка (*Agropyron*)

Анна Владиславовна Федотова ✉, д.б.н., профессор, e-mail: fedotova@asu.edu.ru, ORCID: 0000-0003-0241-1797, профессор кафедры почвоведения, землеустройства и кадастров;

Людмила Вячеславовна Яковлева, д.б.н., доцент, ORCID: 0000-0003-0241-1797, заведующий кафедрой почвоведения, землеустройства и кадастров;

Амина Ханпашаевна Хасанова, м.н.с. лаборатории экологии и охраны почв;

Карина Ильдусовна Сизоненко, м.н.с. лаборатории экологии и охраны почв;

Спасенков Эдуард Витальевич, аспирант –

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Астраханский государственный университет им. В.Н. Татищева» (ФГБОУ ВО АГУ им. В.Н. Татищева), e-mail: asu@asu.edu.ru, 414056, ул. Татищева 20а, г. Астрахань, Россия

*Восстановление опустыненных деградированных пастбищ требует тщательного подбора фитомелиорантов под конкретные почвенно-климатические условия. Для перспективного моделирования в засушливых регионах видового состава кормовых угодий необходимо изучить степень устойчивости растений к стрессовым факторам опустынивания. Актуальны вопросы определения лимитирующих факторов и устойчивости конкретных видов фитомелиорантов к их проявлению. В данной работе предложена новая методология исследования влияния основных факторов опустынивания, таких как влажность почв, гранулометрический состав и солевое состояние, на всхожесть многолетних кормовых трав – фитомелиорантов. Представлены результаты имитационного физического моделирования процессов опустынивания в условиях лабораторного эксперимента. Приведены результаты изучения влияния факторов опустынивания на всхожесть Житняка узкоколосого (*Agropyrum desertorum*) и Пырея удлиненного (*Elytrigia elongata* (Host) Nevski). Количественные показатели факторов и их вариабельность устанавливались исходя из имеющихся у авторского коллектива экспериментальных результатов определения почвенных свойств. Для каждого варианта проводили соответствующие измерения (количество всходов, величина остаточной влажности). Полученные данные подвергались статистическому анализу в пакете Statistica v.12 и среде программирования R. Установлено, что Житняк узкоколосый более устойчив к низким значениям влажности почвы и высокому солесодержанию в ней. В свою очередь Пырей удлиненный в целом показывает более высокую всхожесть для не экстремальных режимов почв. Данный подход перспективен и будет использован для разработки программного обеспечения моделирования состава травостоя на опустыненных территориях при заданных почвенных условиях.*

Ключевые слова: опустынивание, свойства почвы, всхожесть, пырей, житняк, имитационное моделирование, статистический анализ.

Выполнено при поддержке Программы стратегического академического лидерства «Приоритет-2030» Астраханского государственного университета им. В.Н. Татищева.

Поступила в редакцию: 27.09.2022

Принята к печати: 30.11.2022

Опустынивание как один из видов деградации земель засушливых областей и регионов Земли происходит на фоне комплексного воздействия хозяйственной деятельности человека и естественных природных процессов. Однако последствия влияния факторов различаются: природные влияют на интенсивность развития процессов, вызванных антропогенной нагрузкой, хозяйственные же факторы провоцируют усиление влияния природных факторов. То есть один фактор усиливает другой. Глобальные изменения климата усугубляют развитие опустынивания [16, 29]. К наиболее подверженным опустыниванию регионам РФ относятся Астраханская и Волгоградская области, Республика Калмыкия и Республика Дагестан.

В условиях нарастающего числа засух основным фактором роста и развития растений в аридных зонах является необходимость достаточного

обеспечения почвы влагой. Климатические особенности засушливых территорий, в том числе Астраханской области, характеризуются резко ограниченным количеством осадков (менее 200 мм/год). Почвы региона содержат значительное количество солей, которые в засушливые периоды кристаллизуются. Для большинства растений, особенно культурных, такие условия являются стрессовыми, и перенести их растительность не в состоянии, отчего нередко погибает.

Традиционно природную зону, включающую Астраханскую область, относили к зоне полупустынь. По классификации почв России [4] регион относится к зоне северных пустынь. Действительно, тенденция последнего времени и значительная экологическая проблема заключается в том, что полупустыни постепенно превращаются в пустыни.

Пастбища региона испытывают значительную

нагрузку, усугубляемую неконтролируемым выпасом скота. Почва лишается растительного покрова, турбируется, подвергается эрозии и перестает выполнять свои биосферные функции. Прогрессируют процессы опустынивания.

Состояние земельных угодий на юге России близко к экологическому бедствию. Для борьбы с опустыниванием разработаны мероприятия по обводнению пастбищ, выводу скота с деградированных земель, работы по закреплению песков и фитомелиорации [4, 9, 15, 12, 21]. Однако на местном уровне эта работа проводится в недостаточных масштабах и часто неэффективна. Необходима научно-методологическая основа мероприятий по борьбе с опустыниванием и деградацией земель с учетом региональных особенностей.

Проводимые фитомелиоративные мероприятия по восстановлению опустыненных территорий, как правило, осуществляется двумя способами:

- предоставление почвам отдыха (участки способны к восстановлению при размещении на одном квадратном метре не менее трех живых многолетних растений), за счет чего происходит естественное восстановление деградированных и опустыненных пастбищ [19];
- выполнение фитомелиоративных работ, способствующих, в том числе, закреплению подвижных песков [13, 17].

К числу эффективных фитомелиоративных приемов по восстановлению опустыненных территорий, особенно пастбищ, относится подсев и посев засухо- и солеустойчивых трав местной аборигенной флоры [5]. Многочисленные исследования показали, что перспективными видами растений для фитомелиорации опустыненных почв являются кормовые кустарники, полукустарничники и многолетние травы (галофиты и ксерофиты) [30, 2, 10, 14].

Адаптация многолетних кормовых культур к жестким условиям засушливой зоны Юга России – актуальная задача, решение которой позволит остановить распространение опустынивания и восстановит кормовые ресурсы. По нашему мнению, на центральном месте в этом аспекте находятся почвенные условия. Анализ литературы показал, что фитомелиорация традиционно используется для улучшения почв различных зон [1, 8, 25] и сохранения их плодородия [20, 24]. Исследования, связанные с обратной задачей, то есть подбором фитомелиорантов под конкретные почвенные условия, практически отсутствуют. Для эффективного использования многолетних кормовых культур в фитомелиоративных мероприятиях необходимо изучение влияния основных почвенных факторов на рост и развитие растений. Понимание взаимозависимостей позволяет установить пороги устойчивости к опустыниванию конкретных видов растительности. Учитывая значительную комплексность почвенного покрова, наличие сведений о почвенных свойствах и реакцию растений (каждого вида) на почвенные фак-

торы, позволит научно-обоснованно формировать состав травостоя и значительно повысить эффективность фитомелиорации. Решение данной задачи требует проведения значительной экспериментальной работы для формирования базы данных лимитирующих факторов для каждого вида фитомелиоранта и разработки соответствующего программного обеспечения. Данная работа является первой в этом аспекте, где на примере двух известных видов фитомелиорантов показана методология изучения и отбора растений при известных почвенных условиях.

Целью исследования явилось изучение особенностей влияния факторов опустынивания почв на рост и развитие многолетних кормовых трав Житняка узкоколосого и Пырея удлиненного.

Для достижения цели исследования проводили лабораторные эксперименты, основанные на имитационном моделировании процессов опустынивания почв, по влиянию основных факторов опустынивания (гранулометрический состав (GS), влажность почв (W) и содержание солей в почве (Sol)) на рост и развитие растений.

Среди прочих одними из перспективных фитомелиорантов являются многолетние кормовые травы Житняк узкоколосый (*Agropyrum desertorum*) и Пырей удлиненный (*Elytrigia elongata* (Host) Nevski) [6].

Пырей удлиненный имеет высокую засухоустойчивость и морозостойкость, продуктивность и долголетие, устойчив к вредителям и болезням. В кормовой массе содержится много питательных веществ. Хорошо выращивается в аридных условиях с количеством осадков менее 200 мм в год [26]. Хорошо поедается животными и относительно устойчиво переносит вытаптывание.

Житняк узколистный обладает морозостойкостью, высокой засухоустойчивостью, выносит длительную засуху, морозостоек, переносит засоление. Возможно затенение покровными культурами при условии достаточного увлажнения при ранневесеннем посеве. Относится к многолетним злаковым травам, является ценной кормовой культурой [23]. Эти культуры были выбраны в качестве объектов исследования в данной работе.

Методы исследования. Для достижения цели работы проводили лабораторные и полевые определения выбранных физических свойств.

Изучение влияния факторов опустынивания на всхожесть кормовых трав проводили с использованием модельных опытов. В контейнерах размерами 1 × 1 × 1 м производили посев семян (100 шт.) Пырея и Житняка. В качестве основы использовалась агрогенная аллювиально-дельтовая луговая супесчано-легкосуглинистая почва на супесчаном слабослоистом дельтовом аллювии, отобранная на равнинной территории Приволжского района Астраханской области, в 1 км от п. Начало на юго-запад. Для получения адекватных результатов конструировали почвенные смеси, в которых создавали различные условия с различными почвен-

ными свойствами в соответствии с указанными выше факторами опустынивания:

- 4 варианта почвенных смесей с различным гранулометрическим составом: глина (Clay), почва : глина = 1 : 1 (Clay.Soil), почва : песок = 1 : 1 (Sand.Soil), песок (Sand)). Выбор определялся исходя из комплексности почвенного покрова в Астраханской области;

- 5 вариантов различной степени засоления почвы: содержание NaCl - 0.585 г/л, 2.34 г/л, 4.39 г/л, 5.85 г/л, 11.7 г/л;

- 3 варианта влажности почвы в соответствии с основными почвенно-гидрологическими константами (ПГК): влажности завядания (B3, VZ), наименьшей влагоемкости (НВ, NV), 0.7НВ (NV_0.7). Почвенно-гидрологические константы определяли традиционными методами для выбранной почвы, принятыми в физике почв и почвоведении [18].

Для каждого варианта проводили наблюдения:

- за состоянием влажности почвы с целью выявления почвосмеси с наибольшим влагосодержанием;

- за всхожестью семян растений в каждом варианте.

Имеющиеся массивы экспериментальных данных структурировали по видам растений. Для каждого растения проводили разделение на выборки

в зависимости от вариативности изучаемого фактора (Sol – внесение различных концентраций солей при поливе, W – значения влажности почвы, GS – гранулометрический состав). Полученные эмпирические данные структурировали в виде выборок данных по каждому свойству относительно вида растения. Всего было проанализировано 11 выборок для каждого растения.

Результаты обрабатывали с использованием среды программирования R, широко используемой как статистическое программное обеспечение для анализа данных. Принятый уровень вероятности $p = 0.95$. Для проверки нормального закона распределения применялся тест Шапиро-Уилка. Для сравнения выборок использовался непараметрический критерий Манна-Уитни и дисперсионный анализ.

Результаты и их обсуждение. Гранулометрический состав почв является важным фактором, особенно для аридных территорий, определяющий в первую очередь обеспеченность почвы влагой [11]. Ранее [28] было изучено влияние различного гранулометрического состава (по условиям эксперимента) на величину водоудерживающей способности почвы. Экспериментально изучали всхожесть семян в различных почвосмесях смоделированного гранулометрического состава. Результаты представлены на рисунках 1.

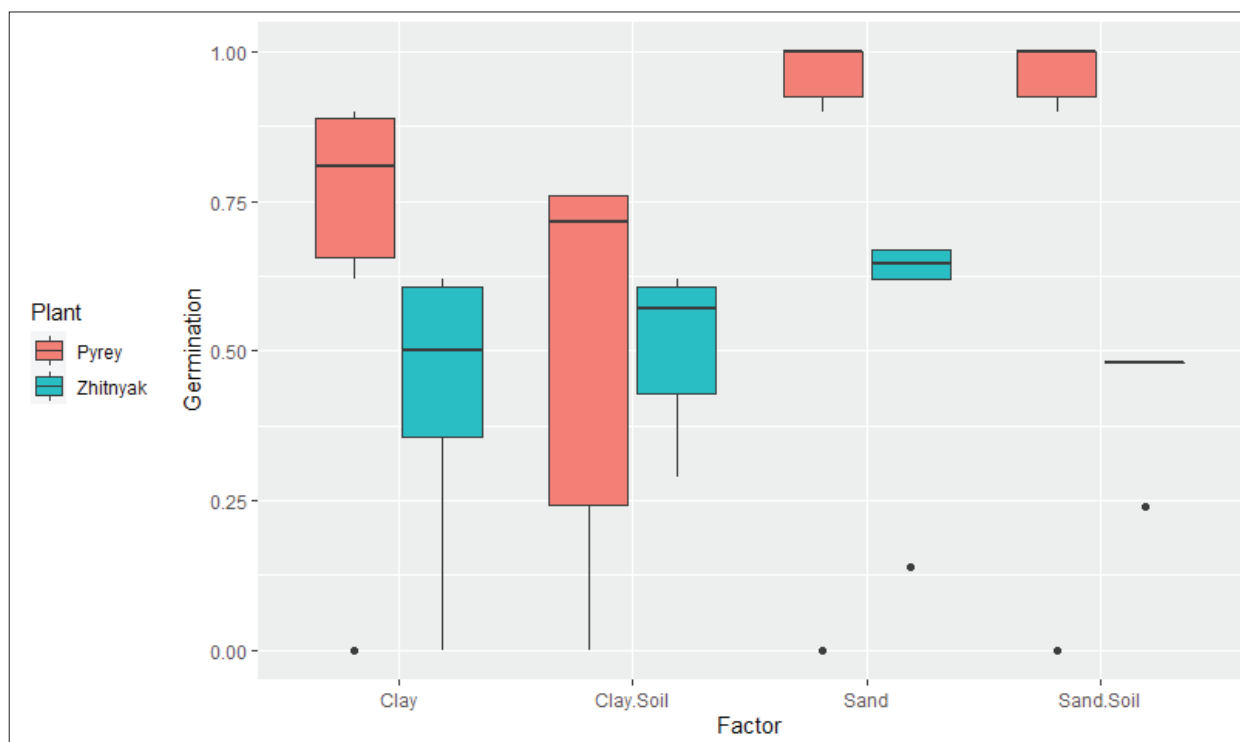


Рисунок 1. Графики BoxPlot всхожести Житняка и Пырея в зависимости от гранулометрического состава почвы

Анализ данных показал, что всхожесть Пырея для всех изученных вариантов гранулометрического состава выше, чем для Житняка. Особенно это выражено для легких песчаных почвосмесей.

Статистический анализ (таблица 1) подтвердил, что разница между средним и медианным значениями для Пырея меньше, чем для Житняка.

Таблица 1 – Оценка средней всхожести при различном гранулометрическом составе почвы

Фактор г/состав	Пырей			Житняк		
	mean	median	sd	mean	median	sd
Песок	20.80	20.80	0.45	12.00	14.0	4.43
Глина	17.00	18.00	2.55	9.00	10.5	5.02
Песок-почва	20.80	21.00	0.45	9.17	10.0	2.04
Глина-почва	12.80	16.00	6.10	10.33	12.0	2.66

Можно утверждать, что для легких почв предпочтителен в качестве фитомелиоранта Пырей. Величина всхожести семян Житняка более подвержена вариабельности при изменении гранулометрического состава почвы.

Для Астраханской области одним из ведущих факторов в развитии опустынивания является за-

соление почв [3, 22, 27]. Эффективность фитомелиорации в регионе зависит от количества солей в почве.

Модельный эксперимент позволил установить, как различаются величины всхожести Пырея и Житняка при различном солесодержании в почве. Результаты представлены на рисунке 2.

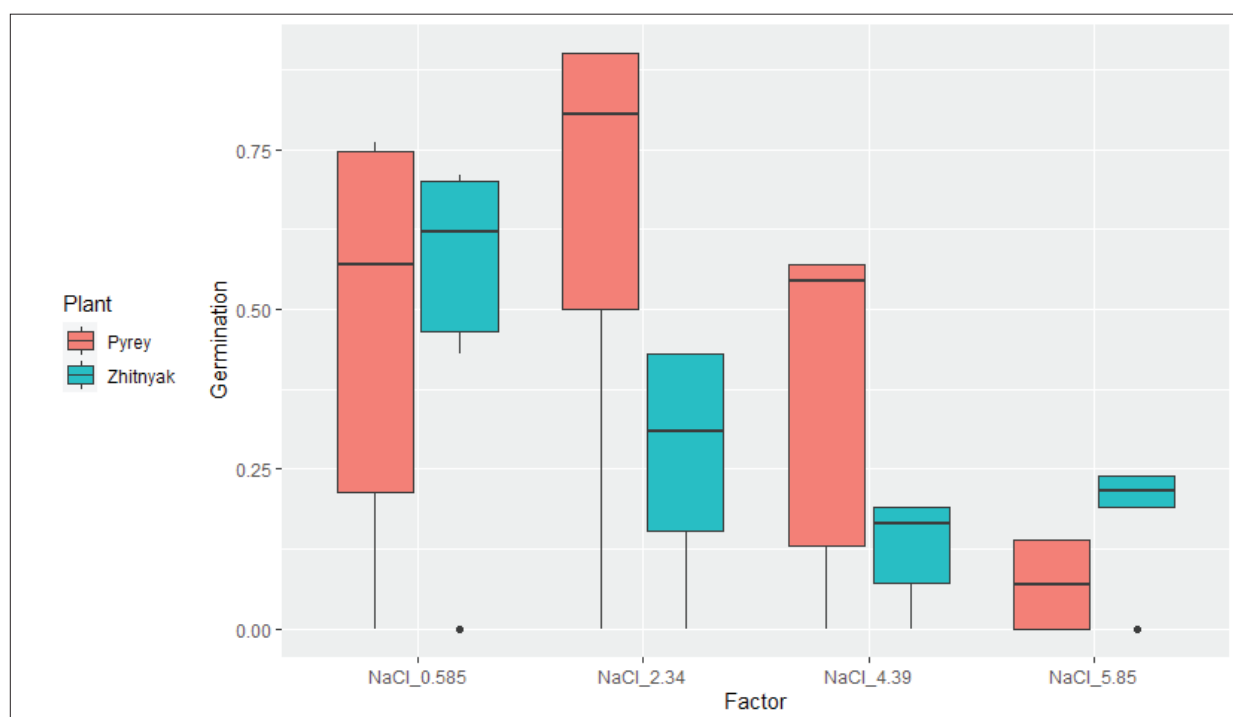


Рисунок 2. Графики BoxPlot всхожести Житняка и Пырея в зависимости от количества солей в почве

Отметим, что всхожесть семян для содержания солей 11,7 г/л отсутствует для растений и при обработке данных не учитывалась. Данное содержание солей является верхним лимитирующим фактором для всхожести выбранных растений.

Из рисунка 2 видно, что для слабозасоленных почв растения имеют сравнимые результаты, для средnezасоленных почв всхожесть Пырея выше, в варианте сильнозасоленной почвы всхожесть оказалась выше у Житняка. Это позволяет предположить, что солеустойчивость Житняка выше. Отметим, что из всех рассмотренных вариантов солевого состояния почвы квартильный размах для Пырея больше.

Это указывает на более низкую вариабельность всхожести семян Житняка по отношению к содер-

жанию солей.

Сравнение статистических характеристик (таблица 2) показало, что для всех вариантов, кроме самого высокого содержания солей, значение медианы выше, чем среднее. Значит распределение имеет правостороннюю ассиметрию и наблюдается смещение большей части результатов в сторону высоких значений всхожести.

Для роста и развития растений основным фактором успеха является влагообеспеченность почвы. Наиболее показательными для изучения засухоустойчивости являются ПГК, характеризующие диапазон продуктивной влаги в почве. Экспериментально определенные величины ПГК: НВ = 40%, ВЗ = 4%, расчетная величина 07НВ = 28% для выбранной почвы.

Таблица 2 – Оценка средней всхожести при различном солевом состоянии почвы

Солевое состояние	Пырей			Житняк		
	mean	median	sd	mean	median	sd
NaCl_0.585	0.49	0.60	0.35	0.54	0.65	0.29
NaCl_2.34	0.68	0.85	0.38	0.28	0.33	0.19
NaCl_4.39	0.39	0.56	0.30	0.13	0.18	0.09
NaCl_5.85	0.08	0.08	0.08	0.19	0.23	0.10

Ожидаемо установлена сильная корреляционная зависимость всхожести семян от влажности почвы (Ккор > 0.9). Результаты показали, что влияние влажности почвы на всхожесть растений

не столь однозначно. Как видно из рисунка 3, наибольший разброс значений зафиксирован при влажности 0.7НВ и для Пырея он значительно выше, чем для Житняка.

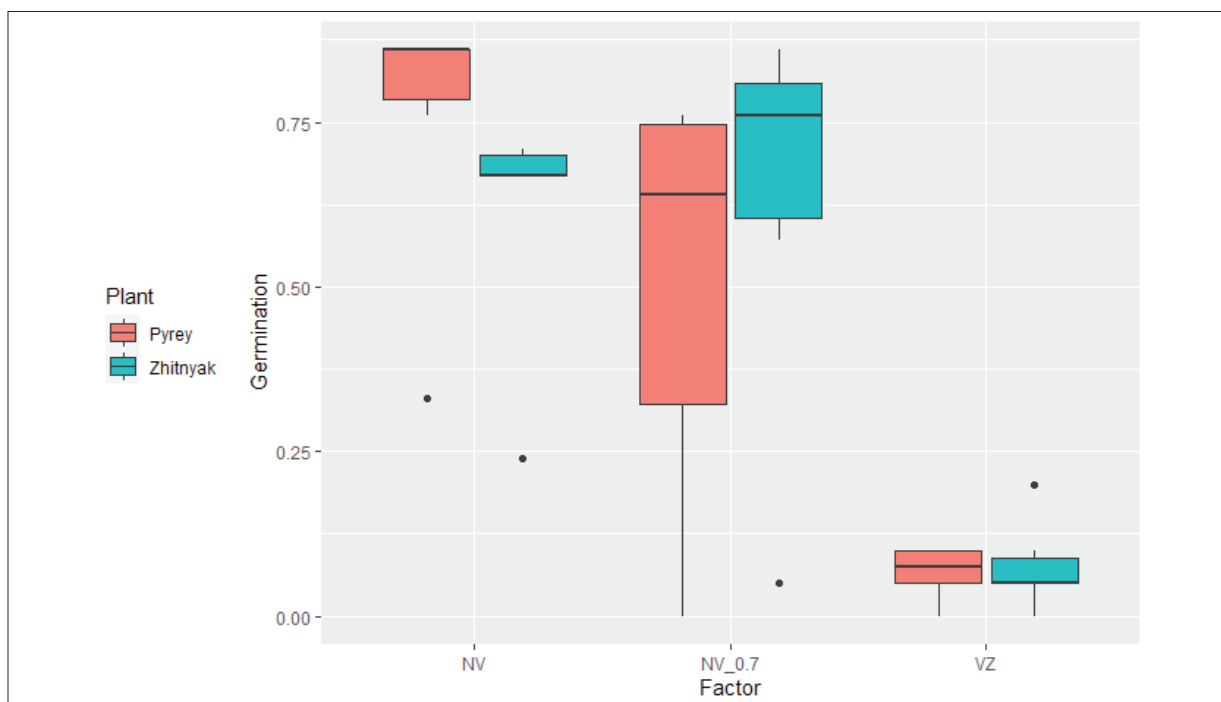


Рисунок 3. Графики BoxPlot всхожести Житняка и Пырея в зависимости от влажности почвы

То есть при оптимальном водообеспечении Житняк показал более высокие и стабильные результаты. Для ВЗ, являющейся нижним пределом продуктивной влаги, показатели всхожести ожидаемо низкие для растений. Средняя всхожесть семян Пырея незначительно выше. Утверждение, что Пырей более устойчивый к дефициту влаги в почве, в данной ситуации требует дополнительных исследований. Но можно предположить, что

использование Житняка в почвах с влажностью, на уровне гигроскопической, более предпочтительно.

Сравнение статистических характеристик (таблица 3) показало, что для исследованных вариантов с влажностью почвы, равной НВ и 0.7НВ, распределение имеет правостороннюю асимметрию (медиана выше, чем среднее значение).

Таблица 3 – Оценка средней всхожести при различной влажности почвы

W	Пырей			Житняк		
	mean	median	sd	mean	median	sd
NV	0.79	0.90	0.22	0.64	0.70	0.19
NV_0.7	0.53	0.65	0.33	0.68	0.83	0.33
VZ	0.07	0.01	0.04	0.11	0.13	0.07

Для влажности, равной влажности завядания, наблюдается левосторонняя асимметрия для Пырея. Это подтверждает гипотезу о более высокой засухоустойчивости Житняка.

Получение адекватных и достоверных результатов сравнимости изменений всхожести для растений в результате изменения почвенных факторов предполагает использование статистического критерия. В данной работе интерес представляет проверка гипотезы о значимости различий этих выборок по видам растений. Для этого первым этапом проводили проверку всех выборок на нормальность закона распределения методом Шапиро-Вилкоксона.

Результаты теста Шапиро-Вилкоксона показали, что имеющиеся выборки нормальному закону распределения не соответствуют. Поэтому для проверки гипотезы о значимости различий между двумя независимыми выборками использовали

непараметрический Критерий Краскела-Уоллиса, который не предполагает нормальности данных и гораздо менее чувствителен к выбросам.

Критерий Краскела-Уоллиса предназначен для проверки равенства медиан нескольких выборок. Результаты представлены в таблице 4.

Как видно из таблицы 4, всхожесть семян исследуемых растений имеет статистически значимые различия для вариантов гранулометрического состава для песка (p -value = 0.02) и соотношения песок : почва = 1 : 1. По отношению к содержанию влаги в почве статистически значимыми являются результаты для влажности, соответствующей НВ.

Кроме того, имеются значимые различия всхожести. Значит исследованные виды растений имеют статистически значимые различия всхожести: на легких почвах и при влажности, соответствующей НВ, в этих случаях предпочтения следует отдавать Пырею.

Таблица 4 – Результаты теста Краскела-Уоллиса

Фактор/выборка	Kruskal-Wallis chi-squared	p-value
НВ	4.5732	0.0325*
0.7НВ	1.2742	0.2590
ВЗ	0.0288	0.8653
Песок	3.8967	0.0484*
Почва-Песок	4.1250	0.0422*
Почва-Глина	0.9429	0.3315
Глина	3.4637	0.0627
NaCl_0.585	0.1051	0.7457
NaCl_2.34	3.2743	0.0704
NaCl_4.39	1.3114	0.2521
NaCl_5.85	5.0056	0.0253*

* - статистически значимые различия

Высокие показатели всхожести Пырея при влажности, соответствующей НВ, позволяют использовать его при фитомелиорации затопляемых во время половодья пастбищ. Наиболее важным результатом является значимое различие всхожести для содержания солей в почве на уровне 5.85 г/л, где Житняк проявил более высокую солеустойчивость.

Выводы. Использование имитационного физического моделирования процессов опустынивания в условиях лабораторного эксперимента позволило оценить влияние факторов опустынивания на всхожесть Житняка узкоколосого (*Agropyrum desertorum*) и Пырея удлинённого (*Elytrigia elongata* (Host) Nevski). Результаты экспериментальных определений и их статистический ана-

лиз показали, что всхожесть выбранных растений зависит от ряда почвенных факторов, таких как гранулометрический состав, влажность и солесодержание почв.

Анализ всех полученных результатов позволяет сделать вывод, что семена Житняка более чувствительны к изменениям почвенных факторов, особенно к изменению гранулометрического состава. При стрессовых условиях в виде высокого солесодержания в почве для использования предпочтителен Житняк, в то время как Пырей обладает более выраженной засухоустойчивостью и в целом показывает более высокую всхожесть для более «щадящих» почвенных условий.

Данный подход предполагается использовать в дальнейшем для создания базы данных влияния

почвенных факторов на рост и развитие различных фитомелиорантов и дальнейшего компьютерного моделирования состава травостоя на опустыненных территориях при известных почвенных условиях.

Литература:

- Банкина Т.А., Железнова Т.Н., Горбовская А.Д. Изменение свойств почв при фитомелиорации // Природообустройство. 2014. № 2. С. 21-24
- Буянкин В.И., Назарова М.В. Роль многолетних трав в повышении продуктивности агроландшафтов полупустынной зоны Прикаспия // Кормопроизводство. 2021. № 5. С. 3-7.
- Ерошенко В.И., Зудбинов В.С. Экологические проблемы Калмыкии // Интернаука. 2021. №. 21-2. С. 64-65.
- Залибеков З. Г., Мамаев С. А., Биарсланов А. Б. [и др.] Об использовании пресных подземных вод засушливых регионов мира в борьбе с опустыниванием земель // Аридные экосистемы. 2019. Т. 25. № 2(79). С. 3-12.
- Ибрагимов К.М. и др. Меры борьбы с опустыниванием земель и повышение продуктивности кизлярских пастбищ Неспублики Дагестан // Новые методы и результаты исследований ландшафтов в Европе, Центральной Азии и Сибири. 2018. С. 223-227.
- Ибрагимов К.М., Гамидов И.Р., Умаханов М.А. Восстановление и повышение продуктивного потенциала деградированных Кизлярских пастбищ // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. Выпуск 67. 2016. С. 269-271.
- Классификация и диагностика почв России / Л.В. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342с.
- Котова Е.О. Эффективность применения сидератов как приема фитомелиорации серых лесных почв Орловской области // Вестник аграрной науки. 2020. №. 2 (83). С. 157-164.
- Кочуров Б.И. Лобковский В.А. Агроландшафтная система земледелия как фундаментальная технологическая программа борьбы с опустыниванием земель // Проблемы региональной экологии. 2021. № 2. С. 44-51.
- Кравцов В.В., Кравцов В.А., Капустин А.С. Сорта многолетних трав для создания и улучшения сенокосов и пастбищ в засушливых зонах Юга России // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 2. С. 52-55.
- Кулик К.Н. и др. Геоинформационный анализ опустынивания Северо-Западного Прикаспия // Аридные экосистемы. 2020. Т. 26. № 2 (83). С. 16-24.
- Кулик К.Н., Петров В.И., Рулев А.С., Кошелева О.Ю., Шинкаренко С.С. К 30-летию «Генеральной схемы по борьбе с опустыниванием Черных земель и Кизлярских пастбищ» // Аридные экосистемы. 2018. №1 (74). С. 5-12.
- Курочкина Л.Я., Димеева Л.А. Барьеры опустыниванию зональной растительности в аридной зоне Казахстана // Труды института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2016. № 67. С. 49-52.
- Лебедь Л.В., Гаврилова Л.П., Царева Е.Г. К агрометеорологическому обоснованию приемов улучшения аридных пастбищ путем фитомелиорации // Гидрометеорология и экология. 2009. №2 (53). С. 41-50.
- Методические рекомендации по фитомелиоративной реконструкции деградированных и опустыненных пастбищ Российской Федерации инновационными экологически безопасными ресурсосберегающими технологиями / А.И. Беляев, К.Н. Кулик, А.С. Манаенков [и др.]. Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2021. 68с.
- Национальный доклад «Глобальный климат и почвенный покров России: проявления засухи, меры предупреждения, борьбы, ликвидации последствий и адаптационные мероприятия (сельское и лесное хозяйство)» / под ред. Р.С.-Х. Эдельгериева. Том. 3. М.: ООО «Издательство МБА», 2021. 700с.
- Петров В. И., Власенко М. В. Мелиоративные методы восстановления продуктивности земель северо-западного Прикаспия // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2017. №. 1. С. 11-16.
- Полевые и лабораторные методы исследования физических свойств и режимов почв / Е. В. Шеин, Т. А. Архангельская, В. М. Гончаров и др. Москва: Изд-во Моск. ун-та, 2001. 198 с.
- Приказ и.о. Министра сельского хозяйства Республики Казахстан от 27 апреля 2017 года № 185. Зарегистрирован в Министерстве юстиции Республики Казахстан 18 мая 2017 года № 15128.
- Пуртова Л.Н. и др. Влияние фитомелиорации на показатели плодородия агрогенных почв Приморья // Современные проблемы науки и образования. 2015. №. 5. С. 639.
- Ростоцкий С.Б. Международный научный проект ЮНЕП/СССР «Борьба с опустыниванием путем комплексного развития» // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1981. № 2. С. 132-139.
- Салина Ю.Б. Засоление как критический фактор плодородия земель Астраханской области // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 12. С. 5-8.
- Семенютина А.В. Эколого-биологические возможности введения в культуру кормовых кустарников и полукустарников в условиях юго-востока ЕТС // Лесомелиорация аридных пастбищ: сборник научных трудов. Вып. 2 (91). Волгоград, 1987. С.16-24.
- Солодовников А.П. и др. Сохранение плодородия почвы и повышение продуктивности ячменя после фитомелиорации // Аграрный научный журнал. 2017. №. 2. С. 29-34.
- Сундуков Я.Т. и др. Повышение устойчивости агроэкосистем степного Зауралья Республики Башкортостан приемами фитомелиорации // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2012. Т. 14. № 1. С. 244-248.
- Тен А. Г. Кормопроизводство М.: Колос, 1982. 463 с.
- Федотова А. В., Яковлева Л. В. Почвенный покров дельты волги как фактор экологической безопасности Прикаспия // Проблемы комплексной безопасности Каспийского макрорегиона. 2021. С. 126-134.
- Федотова А.В., Яковлева Л.В., Сизоненко К.И., Хананова А.Х. Изучение водоудерживающей способности в почвосмесях разного гранулометрического состава / Каспий и глобальные вызовы: Материалы Международной научно-практической конференции, Астрахань, 23-24 мая 2022 года / Астрахань: «Астраханский государственный университет», 2022. С. 171-174.
- Яськов М.И. Деградация почв и опустынивание сухостепной и степной зоны России в условиях потепления климата // Алтай-трансграничный: природный, социально-экономический, культурный и рекреационный портал Евразии. 2020. С. 195-200.
- Kok B., George P. R. Saltland revegetation with salt tolerant shrubs. *Rangelands*. 1987. P.176-177.

Study of the Desertification Factors Effect on Seeds Germination of Tall Wheatgrass (*Agropyron elongate*) and Couch grass (*Agropyron*)

Fedotova Anna Vladislavovna ✉, D.B.N., Professor, e-mail: fedotova@asu.edu.ru, ORCID: 0000-0003-0241-1797, Professor of the Department of Soil Science, Land Management and Cadasters,

Yakovleva Lyudmila Vyacheslavovna, D.B.N., Associate Professor, ORCID: 0000-0003-0241-1797, Head of the Department of Soil Science, Land Management and Cadaster,

Khasanova Amina Khanpashaevna, Junior Researcher, Laboratory of Ecology and Soil Protection,

Sizonenko Karina Ildusovna, Junior Researcher, Laboratory of Ecology and Soil Protection,

Spasenkov Eduard Vital'evich, Postgraduate Student –

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Astrakhan Tatishchev State University” 414056, 20a Tatishchev str., Astrakhan, Russia

Restoration of desolate degraded pastures requires careful choice of phytomeliorants for specific soil and climatic conditions. For perspective modeling of the forage lands species composition in arid regions, it is necessary to study the plant resistance degree to the stress factors of desertification. The issues of detection the limiting factors and of specific types of phytomeliorants resistance to their phenomenon are relevant. In this paper, a new methodology is proposed to study the influence of the main desertification factors, such as soil moisture, granulometric composition and salt state, on the germination of perennial forage phytomeliorative herbs. The simulated physical modeling of desertification processes results in a laboratory experiment are presented. The results of studying the influence of desertification factors on the germination of narrow-spiked couch grass (*Agropyrum desertorum*) and elongated wheatgrass (*Elytrigia elongata* (Host) Nevski) are presented. Quantitative indicators of factors and their variability were established based on the soil properties detecting experimental results available to the team of authors. For each variant, appropriate measurements were carried out (the number of seedlings, the amount of residual moisture). The obtained data were subjected to statistical analysis in the Statistica v.12 package and the R programming environment. It has been established that narrow-spiked couch grass is more resistant to low soil moisture values and high salinity in it. In turn, the elongated wheatgrass as a whole shows higher germination for non-extreme soil regimes. This approach is promising and will be used to develop software for modeling the herbage composition in desolate areas under specified soil conditions.

Keywords: desertification, soil properties, germination, couch grass, wheatgrass, simulation modeling, statistical analysis

Received: 27.09.2022

Accepted: 30.11.2022

References:

1. Bankina T.A., Zheleznova T.N., Gorbovskaya A.D. *Izmenenie svoystv pochv pri fitomelioratsii* [Changes in soil properties during phytomelioration]. *Prirodobustroystvo* [Environmental management]. 2014. 2. pp. 21-24.
2. Buyankin V.I., Nazarova M.V. *Rol' mnogoletnikh trav v povyshenii produktivnosti agrolandshaftov polupustynnoy zony Prikaspiya* [The role of perennial grasses in increasing the semi-desert zone of the Near-Caspian Region agricultural landscapes productivity]. *Kormoproizvodstvo* [Fodder production]. 2021. 5. pp. 3-7.
3. Eroshenko V.I., Zudbinov V.S. *Ekologicheskie problemy Kalmykii* [Environmental problems of Kalmykia]. *Internauka* [Inter-science]. 2021. 21-2. C. 64-65.
4. Zalibekov Z.G., Mamaev S.A., Birsanov A.B. [et al.] *Ob ispol'zovanii presnykh podzemnykh vod zasushlyvykh regionov mira v bor'be s opustynivaniem zemel'* [On the use of fresh groundwater in arid regions of the world in the combating against land desertification]. *Aridnye ekosistemy* [Arid ecosystems]. 2019. T. 25. 2(79). pp. 3-12.
5. Ibragimov K.M. et al. *Mery bor'by s opustynivaniem zemel' i povyshenie produktivnosti Kizlyarskikh pastbishch Respubliki Dagestan* [Measures to combat land desertification and increase productivity of Kizlyar pastures of the Republic of Dagestan]. *Novye metody i rezul'taty issledovaniy landshaftov v Evrope, Tsentral'noj Azii i Sibiri* [New methods and results of landscape studies in Europe, Central Asia and Siberia]. 2018. pp. 223-227.
6. Ibragimov K.M., Gamidov I.R., Umakhanov M.A. *Vosstanovlenie i povyshenie produktivnogo potentsiala degradirovannykh Kizlyarskikh pastbishch* [Restoration and increase of degraded Kizlyar pastures productive potential]. *Trudy Instituta geologii Dagestanskogo nauchnogo tsentra RAN* [Proceedings of the Institute of Geology of the Dagestan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences]. Issue 67. 2016. pp. 269-271.
7. Shishov L.V., Tonkonogov V.D., Lebedeva I.I., Gerasimova M.I. *Klassifikatsiya i diagnostika pochv Rossii* [Classification and diagnostics of soils of Russia]. Smolensk: Oikumena Publ. house, 2004. 342 p.
8. Kotova E.O. *Effektivnost' primeneniya sideratov kak priema fitomelioratsii serykh lesnykh pochv Orlovskoy oblasti* [The siderates use effectiveness as a phytomelioration method for gray forest soils of the Orlyol region]. *Vestnik agrarnoy nauki* [Bulletin of Agrarian Science]. 2020. 2 (83). pp. 157-164.
9. Kochurov B.I., Lobkovskij V.A. *Agrolandshaftnaya sistema zemledeliya kak fundamental'naya tekhnologicheskaya programma bor'by s opustynivaniem zemel'* [Agro-landscape system of agriculture as a fundamental technological program for combating the lands desertification]. *Problemy regional'noj ekologii* [Problems of regional ecology]. 2021. 2. pp. 44-51.
10. Kravtsov V.V., Kravtsov V.A., Kapustin A.S. *Sorta mnogoletnikh trav dlya sozdaniya i uluchsheniya senokosov i pastbishch v zasushlyvykh zonakh YUga Rossii* [Varieties of perennial grasses for the creation and improvement of hayfields and pastures in arid zones of Southern Russia]. *Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skokhozyajstvennoj akademii* [Bulletin of the Kursk State Agricultural I.I. Ivanov Academy]. 2019. 2. pp. 52-55.
11. Kulik K.N. et al. *Geoinformatsionnyj analiz opustynivaniya Severo-Zapadnogo Prikaspiya* [Geoinformation analysis of the North-Western Near-Caspian Region desertification]. *Aridnye ekosistemy* [Arid ecosystems]. 2020. T. 26. 2 (83). pp. 16-24.

12. Kulik K.N., Petrov V.I., Rulev A.S., Kosheleva O.YU., Shinkarenko S.S. *K 30-letiyu "General'noj skhemy po bor'be s opustynivaniem Chernykh zemel' i Kizlyarskikh pastbishch"* [To the 30th anniversary of the "General Scheme for combating desertification of Black lands and Kizlyar pastures"]. *Aridnye ekosistemy* [Arid ecosystems]. 2018. 1 (74). pp. 5-12.
13. Kurochkina L.YA., Dimeeva L.A. *Bar'ery opustynivaniyu zonal'noj rastitel'nosti v aridnoj zone Kazakhstana* [Barriers to desertification of zonal vegetation in the arid zone of Kazakhstan]. *Trudy instituta geologii Dagestanskogo nauchnogo tsentra RAN* [Proceedings of the Dagestan Research Centre of the Russian Academy of Sciences]. 2016. 67. pp. 49-52.
14. Lebed' L.V., Gavrilova L.P., TSareva E.G. *K agrometeorologicheskomu obosnovaniyu priemov uluchsheniya aridnykh pastbishch putem fitomelioratsii* [To agrometeorological substantiation of techniques for improving arid pastures by phytomelioration]. *Gidrometeorologiya i ekologiya* [Hydrometeorology and ecology]. 2009. 2 (53). pp. 41-50.
15. Belyaev A.I., Kulik K.N., Manaenkov A.S. [et al.] *Metodicheskie rekomendatsii po fitomeliorativnoj rekonstruktsii degradirovannykh i opustynennykh pastbishch Rossijskoj Federatsii innovatsionnymi ekologicheski bezopasnymi resursoberegayushchimi tekhnologiyami* [Methodological recommendations for the phytomeliorative reconstruction of degraded and desolate pastures of the Russian Federation with innovative environmentally safe resource-saving technologies]. Volgograd: FSC of agroecology RAS Publ. house, 2021. 68 p.
16. «Global'nyj klimat i pochvennyj pokrov Rossii: proyavleniya zasukhi, mery preduprezhdeniya, bor'by, likvidatsiya posledstvij i adaptatsionnye meropriyatiya (sel'skoe i lesnoe khozyajstvo)» [Global Climate and soil cover of Russia: drought manifestations, measures of prevention, combating, elimination of consequences and adaptation (agriculture and forestry)]. National report, 2021. 700 p.
17. Petrov V.I., Vlasenko M.V. *Meliorativnye metody vosstanovleniya produktivnosti zemel' severo-zapadnogo Prikaspiya* [Meliorative methods of restoring the North-Western Near-Caspian region lands productivity]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways to improve the efficiency of irrigated agriculture]. 2017. 1. pp. 11-16.
18. Shein E.V., Arkhangel'skaya T.A., Goncharov V.M. et al. *Polevye i laboratornye metody issledovaniya fizicheskikh svoystv i rezhimov pochv* [Field and laboratory methods for studying the physical properties and regimes of soils]. Moscow: Lomonosov MSU Publ. house, 2001. 198 p.
19. Order of the Acting Minister of Agriculture of the Republic of Kazakhstan dated April 27, 2017. 185. Registered with the Ministry of Justice of the Republic of Kazakhstan on May 18, 2017. No 15128.
20. Purtova L.N. et al. *Vliyaniye fitomelioratsii na pokazateli plodorodiya agrogennykh pochv Primor'ya* [The influence of phytomelioration on the fertility indicators of agrogenic soils of Primorye region]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Contemporary problems of science and education]. 2015. 5. pp. 639.
21. Rostotskij S.B. *Mezhdunarodnyj nauchnyj proekt YUNEP/SSSR «Bor'ba s opustynivaniem putem kompleksnogo razvitiya»* [International scientific project of UNEP/SSSR "Combating desertification through integrated development"]. *Izv. AN SSSR. Ser. geogr.* [Proceedings of the Academy of Sciences of the USSR. Geographical series]. 1981. 2. pp. 132-139.
22. Salina Yu.B. *Zasolenie kak kriticheskiy faktor plodorodiya zemel' Astrakhanskoj oblasti* [Salinization as a critical factor of the Astrakhan region lands fertility]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of science and technology of agroindustrial complex]. 2018. T. 32. 12. pp. 5-8.
23. Semenyutina A.V. *Ekologo-biologicheskie vozmozhnosti vvedeniya v kul'turu kormovykh kustarnikov i polukustarnikov v usloviyakh yugo-vostoka ETS* [Ecological and biological possibilities of introducing fodder shrubs and semi-shrubs into the culture in the conditions of the South-East of the ET USSR]. *Lesomelioratsiya aridnykh pastbishch: sbornik nauchnykh trudov* [Forest reclamation of arid pastures: a compilation of scientific papers]. Issue 2 (91). Volgograd, 1987. pp.16-24.
24. Solodovnikov A.P. et al. *Sokhraneniye plodorodiya pochvy i povysheniye produktivnosti yachmenya posle fitomelioratsii* [Preservation of soil fertility and increase of barley productivity after phytomelioration]. *Agrarnyj nauchnyj zhurnal* [Agricultural Scientific Journal]. 2017. 2. pp. 29-34.
25. Suyundukov Ya.T. et al. *Povysheniye ustojchivosti agroekosistem stepnogo Zaural'ya Respubliki Bashkortostan priemami fitomelioratsii* [Improving the steppe Trans-Urals region of the Republic of Bashkortostan agroecosystems sustainability by methods of phytomelioration]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossijskoj akademii nauk* [Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences]. 2012. T. 14. 1. pp. 244-248.
26. Ten A.G. *Kormoproizvodstvo* [Feed production]. M. «Kolos» Publ. house, 1982. 463 p.
27. Fedotova A.V., Yakovleva L.V. *Pochvennyj pokrov del'ty Volgi kak faktor ekologicheskoy bezopasnosti Prikaspiya* [Soil cover of the Volga delta as a factor of the Near-Caspian region environmental safety]. *Problemy kompleksnoj bezopasnosti Kaspijskogo makroregiona* [Problems of the Caspian macroregion integrated security]. 2021. pp. 126-134.
28. Fedotova A.V., Yakovleva L.V., Sizonenko K.I., Khasanova A.Kh. *Izuchenie vodouderzhivayushchej sposobnosti v pochvosmesyakh raznogo granulometricheskogo sostava* [The study of water retention capacity in different granulometric composition soil mixtures]. *Kaspij i global'nye vyzovy* [Caspian and global challenges]: Materials of the International Scientific and Practical Conference, Astrakhan, 2022. pp. 171-174.
29. Yas'kov M.I. *Degradatsiya pochv i opustynivaniye sukhostepnoj i stepnoj zony Rossii v usloviyakh potepleniya klimata* [Soil degradation and desertification of the dry-steppe and steppe zones of Russia in the climate warming conditions]. *Altaj-transgranichnyj: prirodnyj, sotsial'no-ekonomicheskij, kul'turnyj i rekreatsionnyj portal Evrazii* [Altai-transborder: natural, socio-economic, cultural and recreational portal of Eurasia]. 2020. pp. 195-200.

Цитирование. Федотова А.В., Яковлева Л.В., Хасанова А.Х., Сизоненко К.И., Спасенков Э.В. Изучение влияния факторов опустынивания на всхожесть семян Пырея удлинённого (*Agropyron elongate*) и Житняка (*Agropyron*) // Научно-агрономический журнал. 2022. №4(119). С. 30-38. DOI: 10.34736/FNC.2022.119.4.005.30-38

Авторский вклад. Авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования, ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Citation. Fedotova A.V., Yakovleva L.V., Khasanova A.Kh., Sizonenko K.I., Spasenkov E.V. Study of the Desertification Factors Effect on Seeds Germination of Tall Wheatgrass (*Agropyron elongate*) and Couch grass (*Agropyron*). *Scientific Agronomy Journal*. 2022. 4(119). pp. 30-38. DOI: 10.34736/FNC.2022.119.4.005.30-38

Author's contribution. Authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. Authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. Authors declare no conflict of interest.