



Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Тверской государственный университет»
Русское Ботаническое Общество



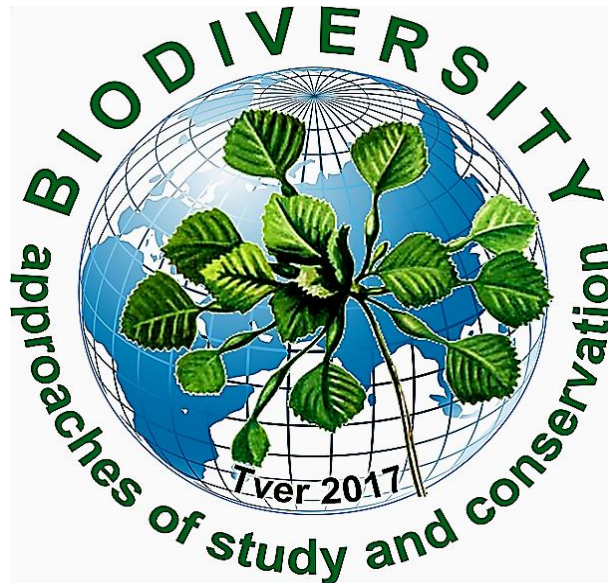
БИОРАЗНООБРАЗИЕ: ПОДХОДЫ К ИЗУЧЕНИЮ И СОХРАНЕНИЮ

**Материалы
Международной научной конференции,
посвященной 100-летию кафедры ботаники
Тверского государственного университета
(г. Тверь, 8–11 ноября 2017 г.)**

ТВЕРЬ 2017



Tver State University
Russian Botanical Society



BIODIVERSITY:

APPROACHES OF STUDY AND CONSERVATION

Proceedings
of the International Scientific Conference
dedicated to 100th anniversary
of the Department of Botany, Tver State University
(Tver, November 8-11, 2017)

TVER 2017

УДК 574(082)
ББК 28.0я43
Б 63

Б 63 БИОРАЗНООБРАЗИЕ: ПОДХОДЫ К ИЗУЧЕНИЮ И СОХРАНЕНИЮ: материалы Международной научной конференции, посвященной 100-летию кафедры ботаники Тверского государственного университета (г. Тверь, 8–11 ноября 2017 г.) / отв. ред. А.А. Нотов. – Тверь: Твер. гос. ун-т, 2017. – 438 с.

ISBN 978-5-7609-1271-8

Рассмотрены современные подходы к изучению биоразнообразия. Приведены материалы о ботанико-географическом анализе разных компонентов флоры, структурном разнообразии растений и лишайников. Обсуждается проблема сохранения биоразнообразия, подходы к анализу инвазионных видов.

Предназначено для научных работников, ботаников, флористов, специалистов по рациональному природопользованию, студентов биологических специальностей, может представлять интерес для учителей средних школ, любителей природы.

BIODIVERSITY: APPROACHES OF STUDY AND CONSERVATION: Proceedings of the International Scientific Conference dedicated to 100th anniversary of the Department of Botany of Tver State University (Tver, 8–11 November 2017) / Edited by A.A. Notov.– Tver: Tver State Univ. Press, 2017. – 438 p.

Proceedings review current approaches to biodiversity research. The book covers issues of research in phylogeography including botanical and geographical analysis of the different components of flora, structural diversity of plants and lichens and methodology of morphological research. It also discusses conservation of biodiversity, approaches to research of biology of invasive species as a threat to regional biodiversity.

This book is aimed for researchers, professionals in botany, floristics, environmental management, students in biological disciplines. It might be of interest to, highschoolteachers and amateur biologists and naturalists.

УДК 574(082)
ББК 28.0я43

*Организация и проведение конференции, издание сборника материалов
поддержано грантом Российского Фонда Фундаментальных Исследований
(проект № 17-04-20575-2)*

ISBN 978-5-7609-1271-8

© Коллектив авторов, 2017
© Тверской государственной университет, 2017

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТОЧЕЧНЫХ И АМПЛИТУДНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ШКАЛ ДЛЯ СОЗДАНИЯ И ОЦЕНКИ УСПЕХА РАЗВИТИЯ ИСКУССТВЕННЫХ ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ

А.В. Кручонок, Б.Ю. Аношенко, В.В. Титок

Центральный ботанический сад НАН Беларуси, Минск, Беларусь,
a.kruchonok@cbg.org.by

USING A POINT AND AMPLITUDE ECOLOGICAL SCALES FOR CREATING AND EVALUATING SUCCESS THE DEVELOPMENT OF ARTIFICIAL COENOPOPULATIONS

A. Kruchonok, B. Anoshenko, V. Titok

Для разработки адекватных моделей транслокаций (реинтродукции и репатриации), необходимы исследования экологического пространства территории, планируемой для транслокационных мероприятий. На сегодняшний день нет объективного экспресс-теста первичного этапа определения нового местообитания с тем комплексом условий, которые необходимы для конкретного вида редких растений. Существующие тесты не всегда объективны и связаны с использованием дорогостоящих инструментальных методов.

Для апробации системы экологического анализа на практике, были исследованы искусственные ценопопуляции (далее ЦП), высаженные на территории Центрального ботанического сада НАН Беларуси с 1999 года. Были отобраны 2 вида (*Astrantia major* L., *Allium ursinum* L.) представленные несколькими ЦП, которые развиваются по инвазионному типу, возобновляются и даже образуют новые локалитеты.

Астранция большая (*Astrantia major* L.) - I категория (CR) – вид, находящийся на грани исчезновения. Естественный ареал вида охватывает преимущественно горные районы Центральной Европы. На сегодняшний день достоверно существует только популяция в Беловежской пуще. В Волковысском районе при обследовании авторами в 2016 г. не подтверждена. ЦП-10 высажена в 2010 г, расположена в искусственном понижении на выкашиваемой луговине с избыточным увлажнением в весенний период; ЦП-21 высажена в 1999 г., занимает экотонное положение на краю чернооляса крапивного и низкотравного луга. Имеются признаки переувлажнения почвы и избыточного затенения.

Лук медвежий или черемша (*Allium ursinum* L.) – III категория (VU) – уязвимый вид. В Беларуси реликтовый средневропейский горный вид, находящийся на северо-восточной границе равнинной части ареала. Произрастает в тенистых широколиственных и широколиственно-еловых леса преимущественно снытевого типа, вблизи рек и ручьев, по окраинам болот и на облесенных островах среди болот. В Центральном ботаническом саду есть 2 ценопопуляции: ЦП-4 посажена в 1999 г, произрастает под пологом широколиственных деревьев, на влажных лесных рыхлых почвах, ЦП-8 посажена в 2013 г. в понижении, под пологом искусственных древесных насаждений, в местах интенсивного антропогенного пресса и на почвах с признаками избыточного увлажнения из-за характера подстилающей поверхности.

Для характеристики и оценки соответствия экологических условий мест произрастания ЦП и их экологической реализации был использован метод амплитудной (по Цыганову) и точечной (по Элленбергу) фитоиндикации (Ellenberg Н., 1974; Цыганов Д.Н., 1983). Экологическое поле искусственных местообитаний для сравнения с оптимальными показателями рассчитывали с помощью регрессионного анализа экологических амплитуд растительного сообщества (Бузук Г.Н., Созинов О.В., 2009). Экологический оптимум для вида определяли по таблицам Элленберга.

Точечные экологические показатели для реальных ЦП определяли с помощью инструментальных измерений (люксметрия, рН-метрия), многолетних климатических наблюдений и данных почвенных карт Центрального ботанического сада.

На диаграммах сплошной черной линией показаны потенциальные экологические оптимумы видов по Элленбергу. Линиями с обозначениями номеров ЦП показано фактическое положение ЦП вида в экологическом пространстве ЦБС. (рис. 1).

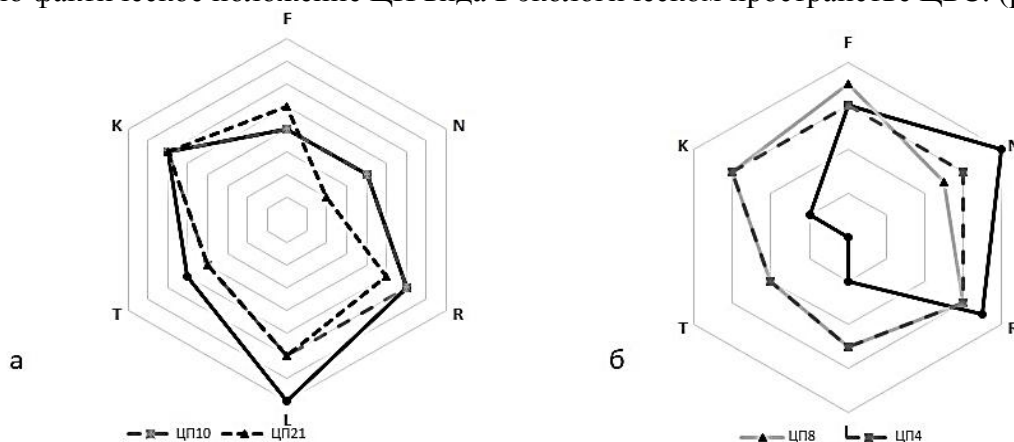


Рис. 1. Экологический оптимум и фактические экологические условия искусственных ценопопуляций в условиях Центрального ботанического сада (по Элленбергу): а) астранция большая (*A. major*); б) лук медвежий (*A. ursinum*). Показатели экологической шкалы: F – увлажнение почв; N – богатство почв азотом; R – кислотность почв; L – освещенность/затенение; T – термоклимат; K – степень континентальности климата.

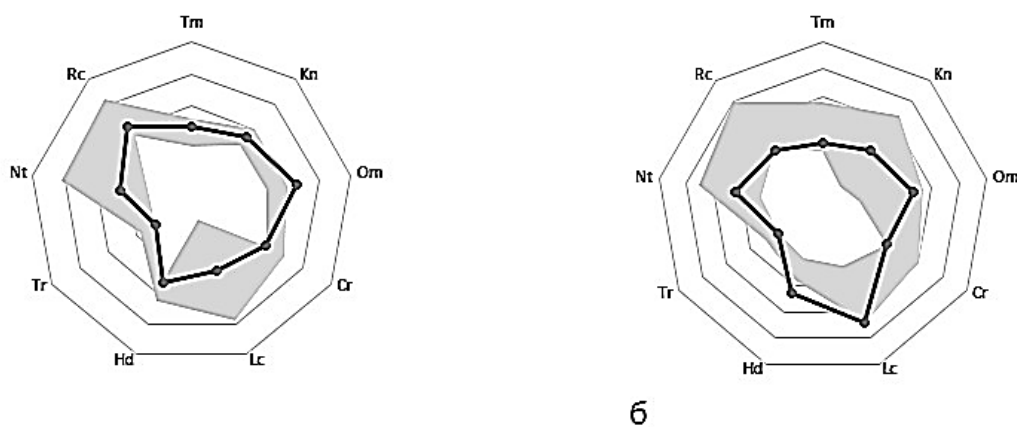


Рис. 2. Потенциальное и фактическое ----- экологическое пространство видов редких растений в Центральном ботаническом саду НАН Беларуси (по Цыганову): а) астранция большая (*A. major*); б) лук медвежий (*A. ursinum*). Геоклиматические факторы: Kn - континентальность климата (15 баллов), Cr - криоклимат (15 баллов), Tm - термоклиматическая шкала (17 баллов), Om - омброрежим аридность-гумидность (15 баллов), Lc – освещенность (9 баллов). И группу эдафических факторов: Hd - влажность почв (23 балла), Tr - солевой режим (19 баллов), Rc - кислотность почв (13 баллов), Nt - обеспеченность азотом (11 баллов)

Два искусственных локалитета *A. major* произрастают в условиях, близких к оптимуму, однако условия освещения и температурный режим отлежат в меньшую сторону от оптимальных (рис. 1). ЦП-21 находится в условиях азотной недостаточности и большей, чем требуется, влажности почв. Что касается мест произрастания *A. ursinum*, то будучи подобны между собой, они очень далеко отстоят

от оптимума, совпадая лишь в показателе кислотности почвы. Известно, что этот вид предпочитает богатые гумусом почвы, а в условиях ЦБС он произрастает в очевидной зоне угнетения по этому фактору. Это говорит о том, что местообитание выбрано неподходящее и необходима коррекция или даже транслокация.

Использование сравнения оптимальных значений с результатами инструментальных измерений помогает определить лимитирующий фактор, не позволяющий нормально развиваться ЦП в данных условиях, и провести его своевременную коррекцию, при условии, что фактор не относится к геоклиматической группе.

Известно, что виды в экологическом поле располагаются не только в области оптимальных условий, но и зонах возрастания и уменьшения значений факторов, вплоть до зоны гибели. Такие зоны называются «зона угнетения». Оптимальные условия и лежащие по обе зоны угнетения и составляют экологическую амплитуду вида. Сравнивая фактическое (реальное) положение ЦП, определенное по регрессии амплитудных значений видов сообщества с амплитудами вида по Цыганову, можно получить визуализацию потенциальных и реализованных экологических возможностей ЦП (рис. 2).

Анализ экологических диапазонов дает возможность определить пределы пластичности вида по отношению к комплексу условий произрастания. Сплошной линией на диаграммах показано положение ценопопуляции в экологическом пространстве на территории Центрального ботанического сада. На рис 2 показано, что все четыре вида находятся в пределах своего экологического диапазона. Условия произрастания *A. major* полностью соответствуют как геоклиматической, так и эдафической группе факторов. В случае с *A. ursinum* условия влажности почвы превышают диапазон, а показатели минерального богатства, кислотности почвы и криоклиматической морфы находятся на нижнем пределе, это значит, что местообитание подобрано неправильно. Данные по точечным шкалам Элленберга подтверждают этот факт (рис. 1 б)

Исследуемые виды чувствительны к группе климатических факторов и менее чувствительны к эдафическим. Наименьшая пластичность ЦП в условиях ЦБС присуща *A. major*.

Объекты относятся к редким и охраняемым видам природной флоры Беларуси. Изученные ценопопуляции за время своего существования на территории Центрального ботанического сада проявили различную степень приспособленности к условиям обитания. Экологическое поле Центрального ботанического сада имеет одинаковые климатические условия, однако все местообитания хоть незначительно, но отличаются по почвенным характеристикам и степени освещенности. В ряде случаев эти факторы оказываются решающими для успеха развития искусственной ЦП. Применение амплитудных шкал Цыганова и точечных шкал Элленберга позволяют объективно оценить и обосновать экологическое соответствие растительной экоморфе, выбранной территории для создания модельных полигонов по изучению особенностей развития искусственных ЦП редких и охраняемых видов в условиях *ex situ*, и более точный подбор нового местообитания для стеновалентных видов.

Список литературы

- Бузук Г.Н., Созинов О.В. Регрессионный анализ в фитоиндикации (на примере экологических шкал Д.Н. Цыганова). – Ботаника. Вып. 37. – Минск: Право и экономика, 2009. С. 356-362.
- Цыганов Д.Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов М.: Наука, 1983. 193с.
- Ellenberg H. Zeigerwerte der Gefasspflanzen Mitteleuropas. - Gottingen: Goltze, 1974. 97 S.

**ДЕЙСТВИЕ ХЛОРИДОВ МЕДИ И НИКЕЛЯ НА НАЧАЛЬНЫЕ ЭТАПЫ
ОНТОГЕНЕЗА *SPARGANIUM EMERSUM* REHM. (TYPHACEAE)**

Е.Г. Крылова, Е.А. Беляков, А.Г. Лапиров

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, пос. Борок, Россия,
panova@ibiw.yaroslavl.ru

**THE ACTION OF THE CHLORIDES OF COPPER AND NICKEL IN THE INITIAL
STAGES OF ONTOGENESIS *SPARGANIUM EMERSUM* REHM. (TYPHACEAE)**

E.G. Krylova, E.A. Belyakov, A.G. Lapirov

Проблема повышенного содержания тяжелых металлов (ТМ) в окружающей среде с каждым годом приобретает все большую актуальность. В этой связи одной из важнейших задач является выяснение механизмов адаптации растений через анализ изменчивости начальных этапов онтогенеза. Ранее нами было изучено влияние различных ТМ (меди, никеля, цинка, кадмия и др.) на начальные этапы онтогенеза водных растений разных экологических групп. При этом большинство исследований выполнено на примере сульфатов (Крылова, 2012; Беляков и др., 2014 а, б), остальные анионы использовались реже (Крылова и др., 2014, 2015).

Цель данной работы – определение устойчивости начальных этапов онтогенеза *Sparganium emersum* Rehm. к действию хлоридов меди и никеля. *S. emersum* – гелофит, произрастающий по берегам водоемов на участках с постоянным поверхностным и грунтовым подтоплением, на прибрежных мелководьях с илисто-песчаными донными отложениями, на глубине 25–30 (100) см.

Материалы и методы исследования

Плоды *S. emersum* собирали на мелководьях реки Корожечна (Угличский р-н Ярославской обл.) в августе 2013 года.

В первой серии эксперимента после холодной влажной стратификации в течение 2-2,5 месяцев плоды (по 30 штук) проращивали в люминостате в чашках Петри при температуре 20–25°C на фильтровальной бумаге, смоченной $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ и $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ в концентрациях 1, 10, 25, 50, 100, 250, 500 мг/л. Контроль – дистиллированная вода. Повторность опытов трехкратная, освещенность 3200 лк, фотопериод 9/15 (свет: темнота). Длительность эксперимента 15 суток. Определяли: лаг-время – время в днях между началом эксперимента и началом прорастания; лабораторную всхожесть – процент проросших семян в конце эксперимента; период прорастания – количество дней, в течение которых семена прорастают. У проростков (по 10 штук) измеряли длину листьев, гипокотила, главного и придаточных корней, длину и диаметр базального участка побега. Отмечали изменение окраски и характер повреждения органов растений.

Во второй серии экспериментов плоды проращивали в люминостате в чашках Петри на фильтровальной бумаге, смоченной отстоявшейся водопроводной водой. Затем, проростки (по 10 штук) помещали в растворы тех же ТМ в концентрациях 1, 25 и 50 мг/л. Условия и продолжительность эксперимента, и все измеряемые морфологические параметры такие же, как и в первой серии опытов.

Для статистической обработки данных использовали программу Microsoft Excel 2003. Данные представлены в виде средних значений и их ошибок ($\bar{x} \pm SE$). Достоверность различий величин оценивали по критерию Стьюдента при уровне значимости $p \leq 0,05$.

Результаты и их обсуждение

Влияние тяжелых металлов на прорастание плодов. Прорастание плодов *S. emersum* в вариантах опыта происходило одновременно – лаг-время было сходно с

контрольными значениями (3–5 сут), что свидетельствует об их нормальном созревании и хорошей способности к прорастанию. Период прорастания достоверно снижался при концентрации 250 мг/л для хлорида меди и 500 мг/л для хлорида никеля, что свидетельствует о влиянии ТМ на начальные этапы прорастания при набухании семян. При сравнении действия двух солей выяснили, что хлорид меди токсичнее хлорида никеля, т.к. при его действии значимое снижение лабораторной всхожести по сравнению с контролем наблюдали при более низких концентрациях (50 и 100 мг/л) (рисунок). Кроме того, проросшие плоды *S. emersum* при 250 и 500 мг/л были обнаружены только в хлориде никеля.

Ранее нами было показано, что медь, по сравнению с никелем, является более токсичным элементом для прорастания семян ряда прибрежно-водных растений (Крылова, 2013). Учитывая показатель лабораторной всхожести, нами установлено, что предел токсичности хлорида меди находится между 100 и 250 мг/л. Все это свидетельствует о том, что при высоких концентрациях ТМ (свыше 100 мг/л) оболочки плодов *S. emersum* перестают выполнять свою барьерную функцию.

Влияние тяжелых металлов на развитие проростков.

В конце эксперимента при действии хлоридов меди и никеля в концентрации 1 мг/л у проростков *S. emersum* видимых повреждений тканей главного и придаточных корней не выявлено. При 10 и 25 мг /л хлорида меди развитие главного и придаточных корней практически прекращалось. В растворе хлорида никеля при 10 мг/л отмечалось частичное или полное отмирание главного и первого придаточного корней, при 25 мг/л и выше они не развивались и отмирали (табл.). Придаточные корни находились в различной степени некроза. При 50–250 мг/л хлоридов меди и никеля наблюдалась гибель главного корня сразу же после появления его апикальной части из оболочек плода.

Таблица

Изменение морфометрических показателей проростков *S. emersum* под влиянием различных концентраций солей меди и никеля (среднее для трех повторностей)

Длина органов проростка, см		Концентрация иона металла, мг/л**			
		Контроль	1	10	25
главного корня		1,80±0,40	$\frac{1,20 \pm 0,30^*}{1,50 \pm 0,60}$	$\frac{0,04 \pm 0,03^*}{0,25 \pm 0,11^*}$	$\frac{0,02 \pm 0,01^*}{0}$
придаточных корней	1	1,10±0,40	$\frac{0,70 \pm 0,30^*}{0,91 \pm 0,33}$	$\frac{0,10 \pm 0,06^*}{0,08 \pm 0,03}$	$\frac{0,04 \pm 0,02^*}{0}$
	2	0,20±0,10	$\frac{0,20 \pm 0,10}{0,22 \pm 0,15}$	$\frac{0,04 \pm 0,01^*}{0,03^*}$	$\frac{0,02 \pm 0,01^*}{0}$
листьев	1	1,80±0,10	$\frac{1,60 \pm 0,20}{1,70 \pm 0,31}$	$\frac{1,50 \pm 0,10^*}{1,20 \pm 0,21^*}$	$\frac{1,70 \pm 1,10}{1,70 \pm 0,10}$
			$\frac{1,50 \pm 0,20}{1,75 \pm 0,30}$	$\frac{1,60 \pm 0,20}{0,40 \pm 0,20^*}$	$\frac{1,06 \pm 0,34^*}{0}$
	3	0,30±0,10	$\frac{0,30 \pm 0,20}{0,46 \pm 0,15}$	$\frac{0,10 \pm 0,00}{0}$	$\frac{0,32 \pm 0,11}{0}$

Примечание. * достоверные различия с контролем; 0 – орган отсутствует; **над чертой – хлорид меди, под чертой – хлорид никеля.

Надземные органы проростка, по сравнению с корневой системой, оказались более устойчивыми к действию ТМ. Это связано с тем, что ткани корня являются первым барьером на пути поступления ТМ в надземные органы растения. Гипокотиль и базальный участок розеточной части побега в растворах обеих солей ТМ не отличались от таковых у контрольных проростков, что свидетельствует об их устойчивости к действию исследуемых ТМ.

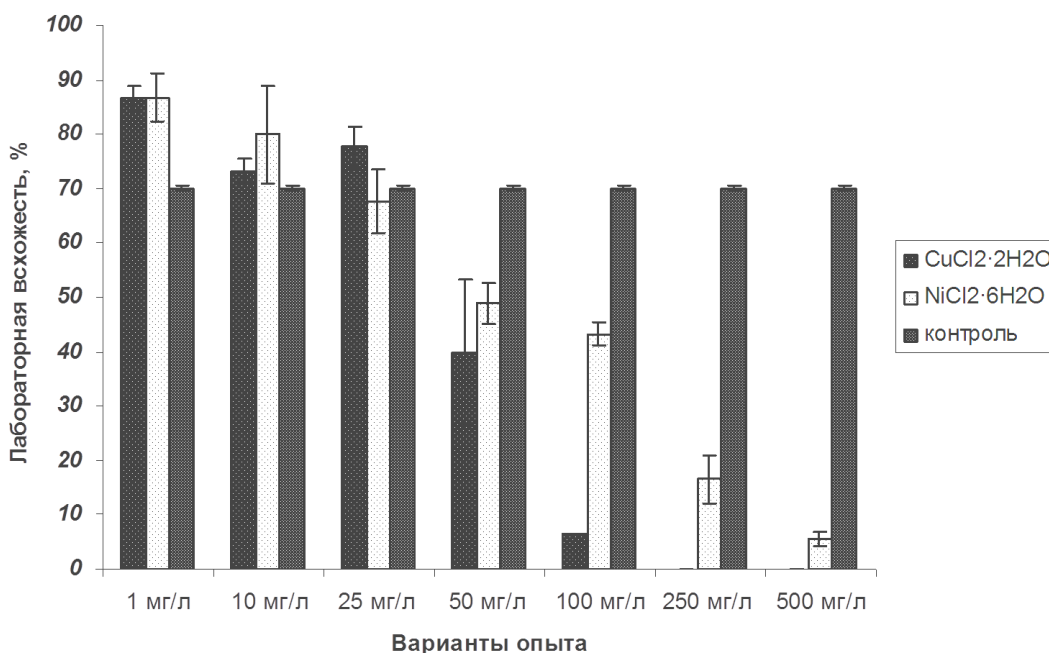


Рисунок. Изменение лабораторной всхожести при различных концентрациях хлоридов меди и никеля.

Достоверное снижение длины первого и второго листьев отмечено при 10 мг/л. Третий ассимилирующий лист присутствовал у единичных растений при 1–25 мг/л хлорида меди (табл.). В растворах хлорида никеля при 10 мг/л и выше третий лист не развивался.

Таким образом, проростки, формирующиеся при проращивании плодов *S. emersum* в растворах солей меди (1–25 мг/л) и никеля (1 и 10 мг/л), по-видимому, формируют защитно-приспособительные механизмы, сила и степень проявления которых зависит, прежде всего, от концентрации тяжелого металла в окружающей среде. Аналогичный эффект наблюдался и у других видов прибрежно-водных растений. На основании всего сказанного, можно сделать вывод о том, что для гелофитов медь является наиболее токсичной (при концентрациях ≥ 50 мг/л). Наиболее резко эффект действия солей ТМ начинает проявляться при их прямом контакте с проростком.

Влияние тяжелых металлов на проростки *S. emersum*, полученные из плодов изначально не подверженных действию ТМ.

При погружении проростков, развивавшихся в нормальных условиях, в растворы с различными концентрациями хлорида меди и никеля, их токсическое воздействие проявлялось уже в течение 1-х суток.

К концу 1-х суток при всех концентрациях ТМ главный и придаточные корни густо покрывались корневыми волосками. По-видимому, формирование большого числа корневых волосков является защитной реакцией растений, за счет которой происходит увеличение общей площади поверхности корней и снижение влияния ТМ на растение в целом. При 1 мг/л хлорида меди к 15-м суткам отмечено развитие некроза на апикальных участках и при основании главного и придаточных корней, при действии такой же концентрации хлорида никеля молодые придаточные корни не имели некротических повреждений. При превышении пороговых значений концентраций ТМ в растворе, эндодермальный барьер разрушался, происходило полное некротирование корней, что привело к гибели растений. Полный некроз наблюдался при 25 и 50 мг/л обеих солей с разницей в длительности этого процесса (на

3-и и 15-е сутки, соответственно).

При концентрации 1 мг/л хлорида меди на листьях сначала отмечены слабые некротические повреждения во влажной части листа, хотя листья оставались фотосинтезирующими. К 15-м суткам все листья отмирали. При 1 мг/л хлорида никеля сначала отмечен некроз и кончиков листьев, в конце эксперимента все листья отмирали. К 15-м суткам у растений в контроле и при 1 мг/л отмечено появление нового листа без некроза, что свидетельствовало об активном включении растениями приспособительных механизмов. При 25 мг/л все листья под действием хлорида меди бурели и отмирали. Некротическое действие хлорида никеля продолжалось дольше. В растворах обеих солей при 50 мг/л листья отмирали на 3–4-е сутки.

Влажная часть семядоли при действии обоих металлов также подвергалась некротированию. Связник семядоли проявлял большую устойчивость: при 1 мг/л он оставался фотосинтезирующим. При концентрации хлорида меди и никеля 25 мг/л частичный некроз отмечен на 4-е и 8–9-е сутки, при 50 мг/л полный некроз отмечен на 2-е и 6-е сутки, соответственно. Слабое некротическое действие хлорида меди на гипокотиль отмечено при 1 мг/л на 4-е сутки, хлорида никеля – на 15-е. При 25 и 50 мг/л прогрессирующий некроз отмечался на 2-е сутки действия хлорида меди и на 7-е сутки – хлорида никеля.

Таким образом, когда прорастание плода и начальное развитие проростка происходит при отсутствии ТМ в среде, их действие проявляется в момент непосредственного контакта с проростком. Токсическое действие ТМ выражалось в некрозе главного и придаточных корней, листовых пластинок, семядоли и гипокотыля. В растворах хлорида никеля некроз наступал позже, чем при действии хлорида меди. При 1 мг/л растения вырабатывали комплекс защитно-приспособительных механизмов, позволяющих им продолжать существовать в сложившихся условиях, при 25 и 50 мг/л проростки погибали. В данной серии экспериментов подтверждена большая токсичность хлорида меди для проростков *S. emersum*, чем хлорида никеля.

Список литературы

- Беляков Е.А., Лапиров А.Г., Крылова Е.Г. Влияние сульфата меди на прорастание плодов и развитие проростков *Sparganium emersum* Rehm (*Sparganiaceae*) // Вода: химия и экология. 2014б, № 8. С. 104-109.
- Беляков Е.А., Лапиров А.Г., Крылова Е.Г. Влияние сульфата никеля на прорастание плодов и развитие проростков *Sparganium emersum* Rehm (*Sparganiaceae*)// Токсикологический вестник. 2014а. № 4. С. 59-64.
- Крылова Е.Г. Влияние сульфатов никеля и меди на начальные этапы онтогенеза представителей рода *Scirpus* (*Cyperaceae*) // Токсикологический вестник. 2012. № 6. С. 39-42.
- Крылова Е.Г. Прорастание семян и развитие проростков частухи подорожниковой (*Alisma plantago-aquatica* L.) в растворах солей тяжелых металлов // Вода: химия и экология. 2013, № 10. С. 107-111.
- Крылова Е.Г., Лапиров А.Г., Бердник К.А. Устойчивость начальных этапов онтогенеза *Bidens cernua* (*Asteraceae*) к действию ацетатов никеля и меди // Вестник северного (арктического) федерального университета. 2015. № 4 С. 66-74.
- Крылова Е.Г., Бердник К.А., Лапиров А.Г. Влияние хлоридов никеля и меди на начальные этапы онтогенеза *Bidens cernua* (*Asteraceae*)// Растительные ресурсы. 2014. Т. 50. Вып. 2. С. 227-235.