

## СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ БИОЛОГИИ И ХИМИИ

УДК 663.915

**А. И. ВАСИЛЕВИЧ**

Гродно, ГрГУ имени Янки Купалы

Научный руководитель – Е. М. Третьякова, канд. биол. наук, доцент

**СОВРЕМЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО ШОКОЛАДА В БЕЛАРУСИ**

Белорусский рынок шоколадной продукции отличается высоким качеством как местных, так и импортных товаров. Местные производители шоколада активно внедряют инновации, что ведет к повышению технологичности и эргономичности процесса производства. Шоколад и другие продукты из какао-бобов положительно воздействуют на организм человека. Шоколад является популярным продуктом в Беларуси, поэтому качеству продукции уделяется большое внимание.

Белорусские производители шоколада стремятся сохранить все полезные свойства какао-бобов на протяжении всего производственного процесса и повышают качество готовой продукции каждый год. Для достижения этой цели проводится контроль химического состава какао-бобов.

Технологический процесс производства шоколада на кондитерской фабрике «Коммунарка» в Беларуси представляет собой сложную последовательность этапов. Важно отметить, что каждый этап должен быть тщательно контролируем.

Анализ требований к качеству и безопасности шоколада является неотъемлемой частью процесса производства. Важно учитывать как санитарно-гигиенические стандарты, так и требования потребителей к таким параметрам, как вкус, аромат и текстура шоколада. Также необходимо обеспечить безопасность продукта, исключив наличие вредных веществ или микроорганизмов.

Рассмотрим состав какао-бобов:

– Жир (какао-масло). Содержание жира в какао-бобах составляет значительную часть и играет важную роль в обеспечении текстуры и вкуса шоколада.

– Теобромин. Стимулирует центральную нервную систему и сердечно-сосудистую систему. Теобромин также обладает слабым диуретическим эффектом.

– Кофеин. Кофеин по воздействию на организм похож на теобромин. Также воздействует на нервную и сердечно-сосудистую системы, обладает слабым диуретическим эффектом.

– Углеводы преимущественно крахмал, сахароза, глюкоза и фруктоза. Крахмал является основным источником сложных углеводов, а простые углеводы, как сахара, добавляют сладость шоколаду.

– Белки. Какао-бобы содержат также белки, которые не только предоставляют организму необходимые аминокислоты, но и играют важную роль в поддержании структуры и качества шоколада.

– Дубильные, красящие и ароматические вещества. Влияют на цвет и аромат шоколада, обладают антиоксидантными свойствами, которые полезны для здоровья. Также придают горький вкус и окраску какао-бобам.

– Минеральные вещества в какао-бобах: калий, кальций, фосфор и магний.

– Влага, витамины, различные ферменты и другие неопределенные вещества.

РН обычных сортов какао-бобов от 5,2 до 6,4. Теобромин составляет 0,8–1,5 % массы семядолей. Какао-масло составляет более 50 % сухих веществ. Кофеин содержится в незначительных количествах.

Для производства шоколада важна ферментация какао-бобов, где финальные продукты помогают формировать вкус и аромат. После этого бобы должны храниться в хорошо проветриваемых помещениях, без плесени. По окончании ферментации бобы подвергают термической обработке для уничтожения паразитов. Борьба с плесенью также является важным этапом в процессе производства шоколада. Это включает такие меры, как фумигация и соблюдение гигиенических процедур на складе, чтобы предотвратить развитие плесени и сохранить качество какао-бобов [1].

Ключевые этапы технологической переработки:

#### 1. Сортировка и очистка какао-бобов.

При поступлении какао-бобов на предприятия их необходимо очистить от механических примесей (песок, камешки, металлические частицы и др.), которые могут негативно повлиять на качество и безопасность продукции. Современные машины обладают высокой производительностью до 2–9 тонн в час и оснащены магнитными уловителями.

#### 2. Ферментация какао-бобов.

После сбора зрелых какао-бобов они подвергаются ферментации, где разлагается пульпа и формируются характерные вкусовые и ароматические свойства продукта. Ферментация происходит в специальных контейнерах и длится от нескольких дней до недели.

#### 3. Сушка и обжарка.

Термическая обработка какао-бобов является ключевой для качества готового продукта из-за изменений в их физико-химических свойствах. Обжарка обеспечивает улучшение вкуса, аромата и цвета бобов, делая их более хрупкими для дальнейшей обработки и разделения на части. Процесс обжарки также влияет на содержание влаги, приводя к его снижению и улучшению процессов измельчения и прессования. Важно избегать поглощения влаги из воздуха обжаренными бобами и какао-крупкой. Химические изменения при обжарке придают шоколаду его специфический вкус и аромат.

Кроме этого, обжарка может вызвать переход части крахмала в растворимую форму и части какао-масла в какаовеллу, что зависит от параметров температуры и времени обжарки.

#### 4. Дробление, сепарирование и измельчение.

После обжарки бобы дробятся на мелкие частицы – какао-массу, содержащую какао-масло и какао-творог. Затем масса измельчается до получения однородной консистенции. Этот этап важен для обеспечения равномерного распределения жира и других компонентов.

#### 5. Дополнительная обработка.

После измельчения массы происходит конширование (перемешивание и нагревание для снижения горечи) и темперирование (контролируемое нагревание и охлаждение для блеска и структуры шоколада).

#### 6. Добавление пищевых добавок и ароматизаторов.

Этот этап должен соответствовать техническому регламенту ТР ТС 029/2012 и соответствующим санитарным нормам и правилам, утвержденным постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 12.12.2012 № 195 [2].

#### 7. Формовка и упаковка.

Шоколад формуют в специальные формы и упаковывают для сохранности и удобства хранения готового продукта. Каждый из этих этапов важен для получения

высококачественного и вкусного шоколада, поэтому их правильная реализация является ключевым моментом в производстве [3].

Для исследования были взяты четыре сорта шоколада «Коммунарка»: шоколад горький десертный с начинкой из апельсинового сока, с начинкой с пюре из черной смородины, «Трюфельный» и «Столичный».

По данным исследования, наименьшее количество белков в сорте горького шоколада с пюре черной смородины. Самый высокий уровень белков зафиксирован в сорте шоколада «Трюфельный», что на 38,5 % выше, чем в сорте с начинкой из пюре черной смородины.

Сорт шоколада «Трюфельный» в исследовании стал также лидером и по содержанию жиров. Самым низким содержанием жиров обладал сорт горького шоколада с апельсиновым соком. Разница в содержании между ними составляла 37,8 %.

Данные исследования показали, что больше всего углеводов находится в сорте шоколада с апельсиновым соком. Наименьшее количество углеводов оказалось в сорте «Трюфельный» с разницей в 15,5 % по сравнению с самым высоким показателем.

Наибольшую энергетическую ценность имеет сорт «Трюфельный», а наименьшую – сорт с апельсиновым соком. Разница в энергетической ценности между этими сортами составляет 18,9 %. Все изделия являются высококалорийными продуктами с высоким содержанием жиров и углеводов.

Исследование позволило выявить, что наличие начинок различных видов также существенно влияет на питательную ценность шоколада. Например, сорт шоколада с начинкой из апельсинового сока содержит наименьшее количество жиров, а сорт с пюре из черной смородины – наименьшее количество белков. Это наблюдение может быть полезным для потребителей, учитывающих содержание определенных питательных компонентов в своей диете. Таким образом, исследование предоставило ценную информацию о питательной ценности и составе различных сортов шоколада «Коммунарка».

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ghana Cocoa Specification [Electronic resource]. – Accra, 2022. – Mode of access: <http://www.cocobod.gh/>. – Date of access: 09.03.2024.
2. Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств : ТР ТС 029/2012 : принят 20.07.2012 : вступ. в силу 01.07.2013 / Евраз. экон. комис. – Минск : Экономэнерго, 2013. – 58 с.
3. Технологии и товароведение продовольственных товаров. Переработка какао-бобов в какао-продукты [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.comodity.ru>. – Дата доступа: 10.03.2024.
4. Шоколад. Общие технические условия : СТБ 2211-2011. – Введ. 01.01.2012. – Минск : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2012. – 22 с.

УДК 58.01/.07.577.17.05

**А. В. ВАСИЛЕВСКАЯ, М. В. РУСАВУК**

Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

Научный руководитель – Н. Ю. Колбас, канд. биол. наук, доцент

### **ИЗМЕНЕНИЕ СОСТАВА ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИХ ПИГМЕНТОВ РАСТЕНИЙ ПОДСОЛНЕЧНИКА ПОД ДЕЙСТВИЕМ ЭПИКАСТАСТЕРОНА И ЕГО ПРОИЗВОДНОГО**

Хлорофилл и каротиноиды – ключевые пигменты, участвующие в процессе фотосинтеза. Хлорофилл, благодаря своей специфической структуре, может возбуждаться даже небольшим количеством энергии (около 1 кванта), что позволяет ему запускать этот процесс. Каротиноиды, помимо поглощения солнечной энергии, выполняют защитную функцию, предотвращая фотоокисление органических соединений. Исследования подтверждают, что концентрация фотосинтетических пигментов влияет на урожайность растений и накопление биоэнергии в агроэкосистемах [1].

Для определения концентрации фотосинтетических пигментов использовали спектрофотометрический метод, который позволяет в одной пробе определить различные хлорофиллы, а также каротиноиды. Пробочным сверлом из средней части листа подсолнечника однолетнего (*Helianthus annuus* L.) сорта Гелиос по обе стороны от главной жилки вырезали диски, взвешивали и далее использовали для экстракции пигментов. В качестве экстрагента применяли 80 %-й ацетон. Для отслеживания динамики изменения содержания пигментов сбор проб проводился на разных этапах вегетации растения: 14.07.2022 (активный рост), 04.08.2022 (бутонизация), 05.09.2022 (плодоношение), 29.09.2022 (отмирание). Полученный экстракт смеси фотосинтетических пигментов использовали для количественного определения хлорофилла а (Хл а) при длине волны 663 нм, хлорофилла b (Хл b) – 646 нм и каротиноидов (Кар) при длине волны 470 нм. Опыт выполнен в пятикратной повторности. Статистическую обработку данных проводили с использованием пакета программы Microsoft Office Excel.

Количественное содержание фотосинтетических пигментов в течение периода вегетации является динамичным показателем и может значительно варьировать в зависимости от экологических условий, интенсивности и качества света, структурных особенностей листовой пластинки, антропогенных и других факторов. Так, в нашем полевом эксперименте проведен анализ влияния различных методов обработки (предпосевной и внекорневой) на состав фотосинтетических пигментов растений подсолнечника при действии фитогормонов стероидной природы: эпикастастерона (далее – ЭК) и его конъюгата с янтарной кислотой – тетрасукцинат 24-эпикастастерона (далее – СК).

Анализ содержания фотосинтетических пигментов в листьях подсолнечника показал следующие результаты: при внекорневой обработке растений в период перехода к фазе бутонизации отмечено снижение содержания Хл а и Хл b в среднем на 13,7 %, при этом содержание каротиноидов возрастает на 13,07 % (рисунок 1).

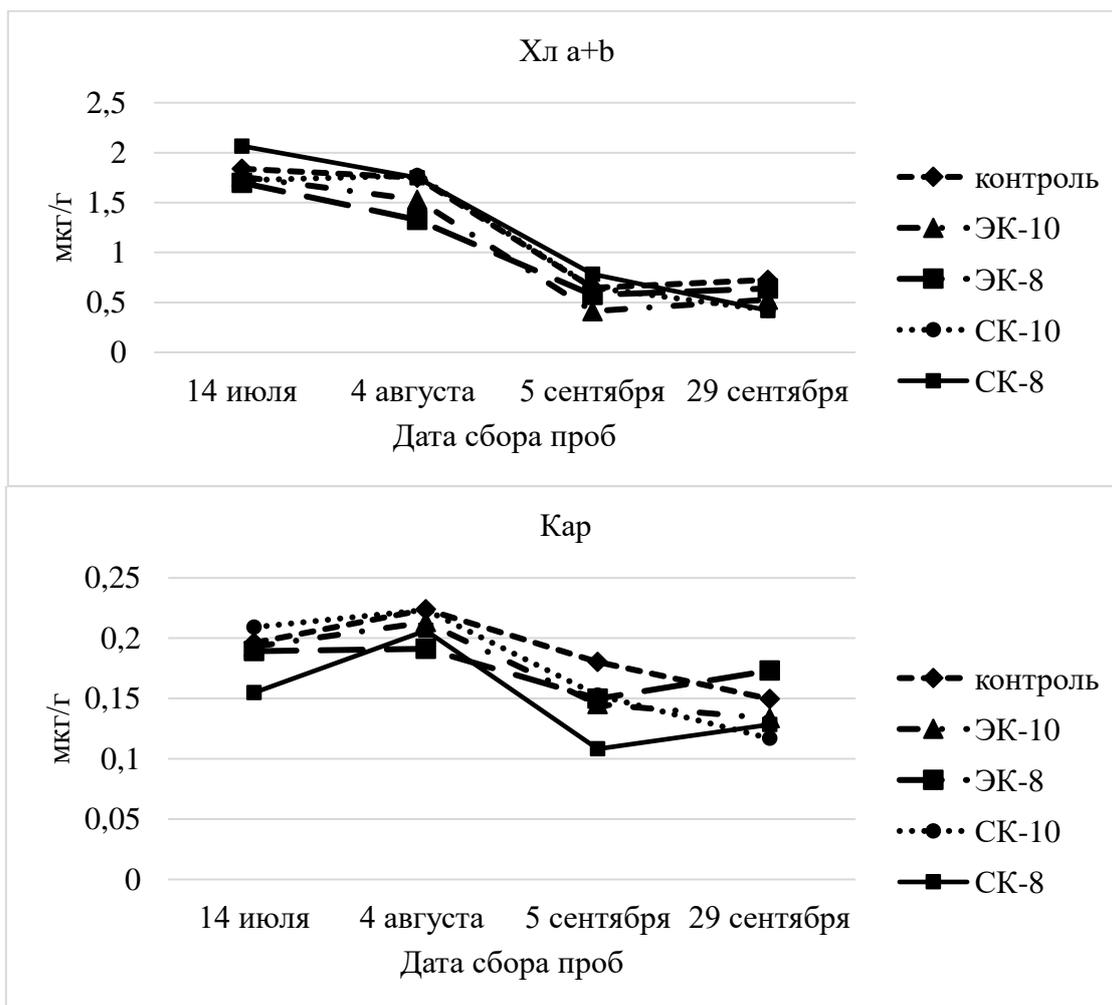


Рисунок 1 – Динамика содержания пигментов в листьях *Helianthus annuus* L. сорта Гелиос при внекорневой обработке brassиностероидами (опрыскивание)

В случае предпосевной обработки при переходе к стадии бутонизации наблюдается скачок содержания Кар (в среднем на 32,95 %) (рисунок 2). Также выявлено, что при переходе к генеративной фазе повышается содержание Хл а и b (в среднем на 30,14 %), а в фазе созревания семян – снижается. Данная динамика связана с постепенным старением листа, укорочением длины светового дня и снижением температуры воздуха.

Проследим влияние фитогормонов на изменение пигментного состава в листьях подсолнечника на стадиях бутонизации и плодоношения, так как работа фотосинтетического комплекса на данных стадиях важна для повышения продуктивности растения.

В фазу бутонизации содержание Хл а для растений подсолнечника внекорневой обработки изменялось в диапазоне от 1,055 (при обработке ЭК  $10^{-8}$  М) до 1,415 (при действии СК  $10^{-10}$  М) мкг/г (таблица). Достоверного увеличения содержания Хл а не выявлено, отмечено только снижение данного параметра на 24,4 % при использовании  $10^{-8}$  М раствора ЭК. Содержание хлорофилла b изменяется в диапазоне от 0,582 (при обработке ЭК  $10^{-8}$  М) до 0,772 (при действии СК в двух исследуемых концентрациях) мкг/г. Также достоверного возрастания содержания Хл b относительно контроля не выявлено, отмечено только ингибирующее действие для ЭК  $10^{-8}$  М: параметр снижается на 23,9 %.

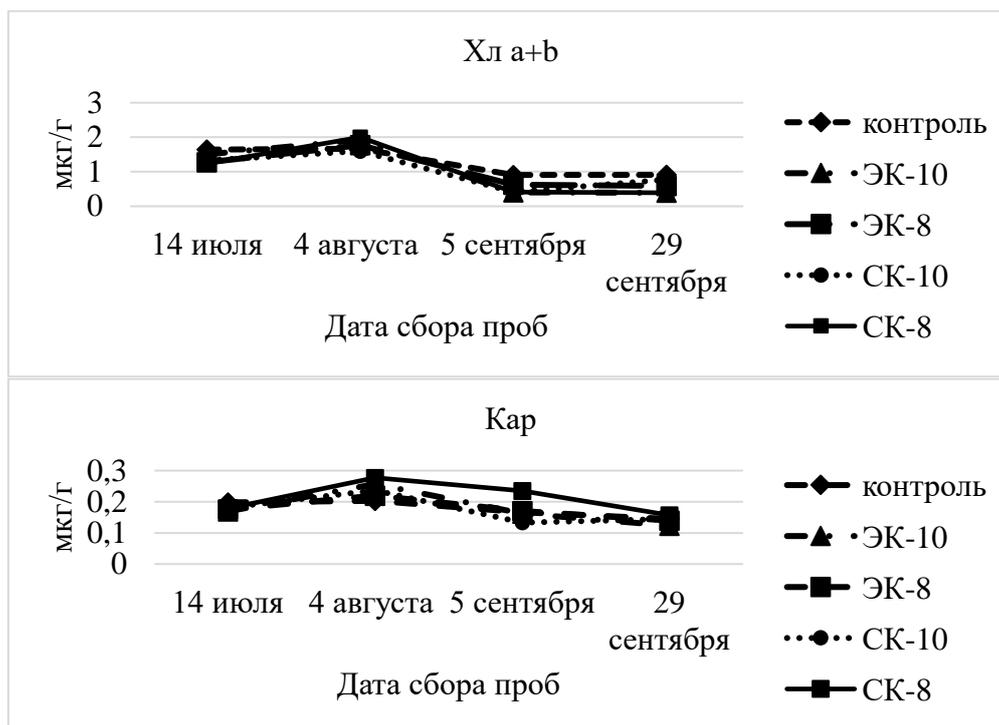


Рисунок 2 – Динамика содержания пигментов в листьях *Helianthus annuus* L. сорта Гелиос при предпосевной обработке brassinостероидами (замачивание семян)

Известно, что растения, фотосинтез которых осуществляется в оптимальных условиях, содержат большее количество Хл а, чем Хл b. Соотношение этих пигментов в листьях здоровых растений в норме больше 1,0, а смещение равновесия в фотосинтетической системе свидетельствует о значительных нарушениях физиологического состояния растений [1]. В нашем эксперименте для фазы бутонизации увеличение соотношения фотосинтетических пигментов не выявлено (таблица).

Вегетативная фаза плодоношения характеризуется резким снижением содержания фотосинтетических пигментов и варьирует в диапазоне: для Хл а от 0,264 до 0,607 мкг/г, а для Хл b от 0,209 до 0,35 мкг/г (таблица). ЭК в концентрации  $10^{-10}$  моль/л оказывает ингибирующее действие – снижает содержание Хл а на 43,22 %, а Хл b – 31,25 %. Положительный эффект отмечен для конъюгата СК  $10^{-8}$  М: концентрация Хл а возрастает на 30,54 %, а Хл b на 15,13 %. Стоит отметить, что увеличение концентрации пигментов также привело к увеличению их соотношения на 15,6 % по сравнению с контролем.

Растения подсолнечника предпосевной обработки дали большой отклик на действие фитогормонов: в фазу бутонизации отмечено возрастание содержания Хл а при действии ЭК  $10^{-10}$  М и СК  $10^{-8}$  М на 13 и 18 % соответственно (таблица). Также положительный отклик выявлен для Хл b при действии тех же фитогормонов: ЭК  $10^{-10}$  М увеличивает содержание Хл b на 17 %, а СК  $10^{-8}$  М на 21,2 % по сравнению с контролем. В фазу плодоношения отмечено только ингибирующее действие со стороны изученных фитогормонов: содержание Хл а при действии ЭК в среднем снижается на 62,5 %, а Хл b на 47,7 %. Обработка конъюгатом СК в концентрации  $10^{-10}$  М снижает содержание Хл а на 65 %, а Хл b на 48,5 %; в концентрации  $10^{-8}$  М исследуемые параметры также снижаются – на 38,3 % содержание Хл а и на 25 % содержание Хл b.

Таблица – Влияние фитогормонов на содержание фотосинтетических пигментов (Хл а и Хл b) и соотношение Хл а к Хл b в листьях *Helianthus annuus* сорта Гелиос

Гормон/ концентра- ция, моль/л	Фаза бутонизации (04.08)			Фаза плодоношения (05.09)		
	Хл а, мкг/г	Хл b, мкг/г	$\frac{\text{Хл а}}{\text{Хл b}}$	Хл а, мкг/г	Хл b, мкг/г	$\frac{\text{Хл а}}{\text{Хл b}}$
Внекорневая обработка (опрыскивание)						
Контроль	1,396 ± 0,07	0,765 ± 0,037	1,825	0,465 ± 0,038	0,304 ± 0,018	1,53
ЭК –10	1,201 ± 0,024	0,676 ± 0,014	1,777	0,264 ± 0,013**	0,209 ± 0,009* *	1,263
ЭК –8	1,055 ± 0,031**	0,582 ± 0,016**	1,813	0,419 ± 0,03	0,268 ± 0,014	1,563
СК –10	1,415 ± 0,042	0,772 ± 0,023	1,833	0,495 ± 0,05	0,293 ± 0,026	1,689
СК –8	1,38 ± 0,022	0,772 ± 0,013	1,788	0,607 ± 0,058**	0,35 ± 0,027*	1,734*
Предпосевная обработка (замачивание)						
Контроль	1,354 ± 0,015	0,718 ± 0,09	1,89	0,732 ± 0,058	0,392 ± 0,03	1,87
ЭК –10	1,534 ± 0,052*	0,841 ± 0,027*	1,82	0,264 ± 0,012***	0,21 ± 0,056**	1,26
ЭК –8	1,419 ± 0,092	0,769 ± 0,03	1,85	0,285 ± 0,0174***	0,2 ± 0,07**	1,43
СК –10	1,272 ± 0,037	0,7 ± 0,02	1,82	0,256 ± 0,012***	0,202 ± 0,08**	1,27
СК –8	1,602 ± 0,033*	0,87 ± 0,02*	1,84	0,452 ± 0,022*	0,294 ± 0,011*	1,54

Примечание – ЭК –8, ЭК –10 – эпикастастерон в концентрации  $10^{-8}$  М и  $10^{-10}$  М соответственно; СК –8, СК –10 – тетраасукцината 24-эпикастастерона в концентрации  $10^{-8}$  М и  $10^{-10}$  М соответственно; \* – уровень значимости ( $P$ )  $0,001 \leq P < 0,05$ ; \*\* –  $0,001 \leq P < 0,01$ ; \*\*\* –  $P < 0,001$ .

При предпосевной обработке семян в период бутонизации достоверного изменения соотношения фотосинтетических пигментов не выявлено, а в период плодоношения отмечено только снижение, так как исследуемые гормоны снижают саму концентрацию пигментов: ЭК в среднем уменьшает соотношение Хл а к Хл b на 28 %, а СК – на 24,9 % (таблица).

Таким образом, использование brassinosteroidов для регуляции содержания фотосинтетических пигментов в листьях подсолнечника проявило неоднозначный эффект: при внекорневой обработке растений положительный отклик отмечен только для  $10^{-8}$  М СК. Применение предпосевной обработки семян подсолнечника показало возрастание содержания фотосинтетических пигментов в фазу бутонизации для ЭК  $10^{-10}$  М и его конъюгата в концентрации  $10^{-8}$  моль/л.

*Работа выполнена в рамках проекта БРФФИ № Б22М-054 «Исследование влияния и разработка на его основе практических рекомендаций по применению методов обработки подсолнечника однолетнего (*Helianthus annuus* L.) и винограда (*Vitis* L.) brassinosteroidами и их конъюгатами» (номер госрегистрации 20221039).*

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Nisar, N. Carotenoid Metabolism in Plants / N. Nisar, L. Li ShanChiKhin, N. Pogson, J. Barry // *MolecularPlant*. – 2015. – Vol. 1, № 8. – P. 68–82.

УДК 663.2

**Н. Н. ВОЛЫНЧУК**

Пинск, ПолесГУ

Научный руководитель – Л. Ф. Кабашникова, чл.-кор. НАН Беларуси,  
д-р биол. наук, доцент**ВЛИЯНИЕ СМЕШАННОЙ ФЕРМЕНТАЦИИ НА КОНЦЕНТРАЦИЮ  
ГЛИЦЕРИНА И ЭТАНОЛА В ВИНОГРАДНОМ ВИНМАТЕРИАЛЕ**

Брожение вина – это экологически сложный процесс, характеризующийся биохимическими взаимодействиями между виноградным сусликом и различными микроорганизмами. Дрожжи играют важнейшую роль, осуществляя спиртовое брожение и определяя органолептические свойства вина путем выработки в бродящем сусле метаболитов. Основными продуктами спиртового брожения являются этиловый спирт и диоксид углерода. Спиртовое брожение, как и любое другое брожение, протекает в две стадии. Первая стадия – окислительная – включает превращение глюкозы до пировиноградной кислоты с образованием двух молекул восстановленного НАД·Н<sub>2</sub> – промежуточного акцептора водорода. Вторая стадия восстановительная: НАД·Н<sub>2</sub> передает водород конечному акцептору, который превращается в основной конечный продукт брожения. Наряду с ними образуются в основном из сахаров вторичные, а из аминокислот – побочные продукты брожения. К вторичным продуктам относят глицерин, уксусный альдегид, уксусную, янтарную, лимонную, пировиноградную кислоты, 2,3-бутиленгликоль, ацетоин и эфиры.

Глицерин относится к группе вторичных продуктов спиртового брожения, образующихся из сахаров и играющих важную роль в формировании аромата и вкуса вина. Глицерин придает вину ощущение сладости и мягкости [1]. Пороговая концентрация глицерина по вкусовому ощущению составляет 4 г/дм<sup>3</sup>. Массовая концентрация глицерина в винограде составляет 0,1–1 мг/дм<sup>3</sup>, в вине – до 15 г/дм<sup>3</sup>. Основное количество глицерина в винах образуется при брожении: обычно на 100 г спирта приходится 6–14 г глицерина. Глицерина содержится больше в винах, полученных из сульфитированного суслика, а также в винах, приготовленных из винограда, пораженного мицелиальным грибом *Botrytis cinerea* по типу благородной плесени, в которых массовая концентрация глицерина достигает до 30 г/дм<sup>3</sup> [2].

Образование вторичных продуктов происходит неравномерно в процессе спиртового брожения. Так, накопление глицерина наиболее интенсивно в начале спиртового брожения, пока в среде мало ацетальдегида. Всего в этот период используется 6–7% сахара, в том числе 2,5 % на образование глицерина. На соотношение между вторичными продуктами брожения влияют аэрация, рН среды, температура брожения, первоначальный состав суслика, раса дрожжей. При рН > 3,0 увеличивается интенсивность глицеропировиноградного брожения, что приводит к уменьшению выхода этилового спирта. С увеличением рН образование глицерина возрастает. В красных винах, как правило, глицерина на 10–20 % больше, чем в белых. Это объясняется тем, что в процессе брожения образовавшийся уксусный альдегид частично связывается с дубильными и красящими веществами, в результате происходит накопление глицерина [1; 2].

*Цель исследования* – определить влияние дрожжей *Saccharomyces* и не-*Saccharomyces* при смешанной ферментации на уровень глицерина и этанола в виноградном виноматериале.

В качестве объектов исследования использовали сок винограда красных сортов урожая 2023 г. (массовая концентрация сахаров 183 г/дм<sup>3</sup>, рН 3,43), произрастающего на плантации Пинского винодельческого завода; сброженное виноградное сусло и вино-материал; дрожжи *Saccharomyces cerevisiae* расы Uvaferm BC (Франция) в виде препарата активных сухих дрожжей (АСД); аборигенные дрожжевые грибы *Hanseniaspora uvarum* в виде чистой культуры дрожжей, выделенные из винограда сорта Альфа.

Штамм *H. uvarum* инокулировали в концентрации 10<sup>7</sup> КОЕ/мл, а штамм *S. cerevisiae* в концентрации 10<sup>5</sup> КОЕ/мл (соотношение 100 : 1). Брожение сусла проводили при температуре 25 °С. Использовали два типа инокуляции – одновременную и последовательную. В случае последовательной инокуляции *S. cerevisiae* инокулировали после *H. uvarum*, когда содержание алкоголя достигало 5 % по объему. В качестве контроля использовали образец с инокуляцией АСД.

Массовую концентрацию глицерина определяли фотоколориметрическим методом, основанном на окислении глицерина в формальдегид, который предложен Международной организацией винограда и вина в качестве стандартного [3]. Последний основан на окислении присутствующего в вине глицерина иодной кислотой в формальдегид. Определение объемной доли этилового спирта проводили согласно ГОСТ 32095-2013.

Все исследования проводили в трехкратной биологической повторности. Достоверность различий средних значений определяли с использованием компьютерных программ *Statistica* и *Excel 2010 (Microsoft)*.

Все испытания завершили ферментацию через 15 суток, оставив в сусле менее 3 г/л остаточных сахаров. Средние значения массовой концентрации глицерина и этанола в натуральных сухих виноградных виноматериалах (средние значения из трех определений) представлены в таблице.

Таблица – Энологические параметры готового виноматериала при смешанной ферментации

Показатель	Одновременная инокуляция <i>H. uvarum</i> + <i>S. cerevisiae</i>	Последовательная инокуляция <i>H. uvarum</i> + <i>S. cerevisiae</i>	Контроль <i>S. cerevisiae</i> Uvaferm BC
Массовая концентрация глицерина, г/дм <sup>3</sup>	8,21 ± 0,039*	8,62 ± 0,038*	7,52 ± 0,029
Объемная доля этилового спирта, % об.	10,05 ± 0,028*	9,89 ± 0,032*	10,13 ± 0,011

Примечание – \* – достоверные различия по сравнению с контролем (p ≤ 0,05).

Спиртовое брожение – это процесс превращения дрожжами глюкозы в этиловый спирт и углекислый газ в анаэробной (бескислородной) среде. Объемная доля этилового спирта в контрольном образце виноградного виноматериала варьировала от 10,08 до 10,16 % об., при одновременной смешанной инокуляции – от 9,98 до 10,15 % об., а при последовательной инокуляции дрожжей *Saccharomyces* совместно с апикулятными дрожжевыми грибами – от 9,75 до 9,98 % об. Показания средних значений данного энологического параметра указывают на то, что в целом смешанная инокуляция привела к незначительному снижению выхода этилового спирта на 1,57 %. Последовательная инокуляция демонстрирует максимальное уменьшение спиртуозности виноматериала на 2,36 %, одновременная – на 0,78 %.

По данным исследования следует, что продукция глицерина была выше (8,21–8,62 г/л) при смешанном варианте брожения, чем в контрольном образце, обусловленном брожением дрожжами *Saccharomyces cerevisiae* расы Uvaferm BC (Франция) в виде препарата активных сухих дрожжей. Так, усредненный показатель массовой концентрации глицерина при смешанной инокуляции составил 8,41 г/дм<sup>3</sup>, что на 11,8 % превышает контрольные данные. Одновременная инокуляция апикулятных дрожжей *H. uvarum* (анаморфа *Kloeckera apiculata*), доминирующих на ягодах винограда и преобладающих на первых стадиях спонтанной ферментации, совместно с *S. cerevisiae* расы Uvaferm BC превышала контрольные данные на 9,1 %.

Последовательная инокуляция суслу аборигенными дрожжевыми грибами *H. uvarum* спустя двое суток с *S. cerevisiae* Uvaferm BC на завершающих этапах ферментации увеличила показание массовой концентрации глицерина на 14,6 % в сравнении с контрольными данными и на 4,9 % в сравнении с данными при одновременной инокуляции. Наши данные согласуются с данными других исследований [4], в которых при совместной инокуляции виноградного суслу дрожжами *Saccharomyces* и не-*Saccharomyces* увеличение содержания глицерина при смешанной инокуляции составляло около 19,27 % в сравнении с контрольными показаниями.

Смешанная ферментация виноградного суслу дрожжевыми грибами *H. uvarum* и *S. cerevisiae* как при последовательной, так и при одновременной инокуляции способствовала повышению массовой концентрации вторичного метаболита спиртового брожения глицерина, дающего ощущение сладости и мягкости. Уровни глицерина и этанола обратно пропорциональны, что придает виноматериалу дополнительные положительные свойства. Учитывая, что в энологии использование смешанных заквасок, состоящих из дрожжей *Saccharomyces* и не-*Saccharomyces*, является подходом, приобретающим все большую актуальность для виноделов, можно рекомендовать данный аборигенный штамм *H. uvarum* с целью повышения органолептических качеств и сложности конечного продукта без ущерба безопасности энологической продукции.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кишковский, З. Н. Химия вина / З. Н. Кишковский, И. М. Скурихин. – М. : Пищевая пром-сть, 1976. – 311 с.
2. Родопуло, А. К. Биохимия виноделия / А. К. Родопуло. – М. : Пищевая пром-сть, 1971. – 373 с.
3. Сборник международных методов анализа и оценки вин и сусел / под ред. Н. А. Мехузла. – М. : Пищевая пром-сть, 1993. – 320 с.
4. Tristezza, M. The Oenological Potential of *Hanseniaspora uvarum* in simultaneous and sequential co-fermentation with *Saccharomyces cerevisiae* for industrial wine production / M. Tristezza, M. Tufariello, V. Capozzi // Front. Microbiol. – 2016. – Vol. 7. – P. 1–14.

УДК 541.64

**Д. С. ВОРОБЬЁВ**

Минск, БГУ

Научный руководитель – А. А. Вайтусёнок, канд. хим. наук, доцент

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРИРОДЫ ФОТОКАТАЛИЗАТОРА И АГЕНТА ОБРАТИМОЙ ПЕРЕДАЧИ ЦЕПИ НА ФОТОКАТАЛИЗИРУЕМУЮ КОНТРОЛИРУЕМУЮ РАДИКАЛЬНУЮ ПОЛИМЕРИЗАЦИЮ СТИРОЛА**

Функциональные полимерные материалы широко применяются в различных областях науки и техники: биомедицине, оптоэлектронике, свето- и электротехнике, энергетике, нанотехнологии и др. Для их получения применяют разнообразные методы контролируемой полимеризации как по отдельности, так и в комбинации [1]. Одним из таких материалов является термоэластопласт поли(стирол-блок-изобутилен-блок-стирол), который обладает хорошими механическими, превосходными газобарьерными свойствами, термической и окислительной стабильностью, а также является биостабильным, био- и гемосовместимым, что делает его идеальным кандидатом для медицинского применения. В частности, он используется как покрытие металлических стентов, в глазных и сосудистых протезах и т. д. [2]. Основным методом его получения является живая катионная полимеризация, имеющая ряд недостатков, таких как низкие температуры, особая чистота реактивов, побочные реакции и др. [3], которые можно устранить, используя методы контролируемой радикальной полимеризации [4].

Методы контролируемой радикальной полимеризации позволяют регулировать молекулярно-массовые характеристики полимеров, сохраняя при этом универсальность традиционной радикальной полимеризации, а также получать блок-сополимеры и полимеры с более сложной архитектурой (звездообразные, гребнеобразные, разветвленные и сверхразветвленные). Одним из методов контролируемой радикальной полимеризации является полимеризация с обратимой передачей цепи по механизму присоединения-фрагментации (RAFT-полимеризация), в которой растущие радикалы вступают в вырожденный обмен со спящими цепями путем реакции обратимой передачи цепи на специально вводимый агент (так называемый агент обратимой передачи цепи), чем и обеспечивается контроль процесса [5].

При объединении фоторедокс катализа и RAFT-полимеризации был обнаружен новый способ проведения контролируемой радикальной полимеризации с фотоиндуцируемым переносом электронов (PET – Photoinduced Electron Transfer), позволивший синтезировать различные полимеры с использованием света для иницирования процесса. Обеспечивая дополнительный контроль процесса полимеризации (путем изменения длины волны или интенсивности света), PET-RAFT-полимеризация характеризуется доступностью инициаторов, возможностью их вторичной переработки, селективностью процесса и т. д., что позволяет считать данный процесс экологичным и обуславливает высокий потенциал PET-RAFT-полимеризации для промышленного производства полимеров [6].

В данной работе была исследована PET-RAFT-полимеризация стирола в присутствии различных агентов обратимой передачи цепи (далее – ОПЦ) и органических фотокатализаторов (рисунок). Было изучено влияние природы ОПЦ-агента и фотокатализатора, а также соотношения реагентов на механизм процесса, продолжительность индукционного периода, скорость полимеризации и молекулярно-массовые

характеристики получаемых полимеров. Конверсия мономера определялась гравиметрически, молекулярно-массовые характеристики полимеров были установлены с помощью метода гелепроникающей хроматографии.

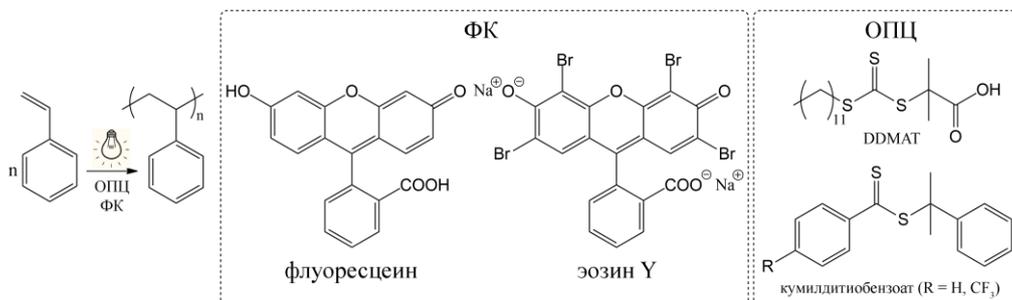


Рисунок – Процесс PET-RAFT-полимеризации стирола и используемые органические фотокатализаторы и агенты обратимой передачи цепи

Было установлено, что PET-RAFT-полимеризация стирола характеризуется наличием индукционного периода, который при различных условиях составляет от 0 до 150 часов, при этом механизм полимеризации меняется в зависимости от использованного ОПЦ-агента: в случае тритиокарбоната DDMAT полимеризация протекает по окислительному PET-RAFT-механизму, в случае дитиоэфира кумилдитиобензоата – по восстановительному. Более эффективным фотокатализатором является эозин Y, что позволяет сделать вывод, что ключевой характеристикой для PET-RAFT-полимеризации является время жизни возбужденного состояния фотокатализатора. Также в оптимизированных условиях был синтезирован полистирол с контролируемой молекулярной массой (до 11000 г/моль) и низкой полидисперсностью ( $\mathcal{D} \leq 1,4$ ) с выходом 41 % за 47 часов.

*Работа выполнена в рамках НИР «Разработка новых гомогенных и гетерогенных каталитических систем для получения функционализированных полиизобутиленов и его блок-сополимеров» ГПНИ «Химические процессы, реагенты и технологии, биорегуляторы и биоорхимия» (номер госрегистрации 20210512).*

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Advanced functional polymer materials / K. Wang [et al.] // Mater. Chem. Front. – 2020. – Vol. 4, № 7. – P. 1803–1915.
2. Medical applications of poly(styrene-*block*-isobutylene-*block*-styrene) (“SIBS”) / L. Pinchuk [et al.] // Biomaterials. – 2008. – Vol. 29, № 4. – P. 448–460.
3. Storey, R. F. Aspects of the synthesis of poly(styrene-*b*-isobutylene-*b*-styrene) block copolymers using living carbocationic polymerization / R. F. Storey, B. J. Chisholm // Macromolecules. – 1993. – Vol. 26, № 25. – P. 6727–6733.
4. Allyl Halide (Macro)initiators in ATRP: Synthesis of Block Copolymers with Polyisobutylene Segments / W. Jakubowski [et al.] // Macromolecules. – 2008. – Vol. 41, № 7. – P. 2318–2323.
5. Moad, G. Living Radical Polymerization by the RAFT Process – A Third Update / G. Moad, E. Rizzardo, S. H. Thang // Aust. J. Chem. – 2012. – Vol. 65, № 8. – P. 985–1076.
6. PET-RAFT Polymerization: Towards Green and Precision Polymer Manufacturing / J. Phommalsack-Lovan [et al.] // Chem. Commun. – 2018. – Vol. 54, № 50. – P. 6591–6606.

УДК 582.284; 54.05; 543.544.5.068.7; 543.95

### Л. С. ЗЕНЕВИЧ

Минск, УП «Унитехпром БГУ»

Научный руководитель – Г. И. Горбачевич, канд. хим. наук, доцент;

П. М. Бычковский, канд. хим. наук, доцент

## АНТИОКСИДАНТНАЯ АКТИВНОСТЬ И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЭКСТРАКТОВ *GANODERMA APPLANATUM*

Несмотря на большое количество используемых в медицинской практике синтетических лекарственных средств, интерес к препаратам природного происхождения не исчезает. При этом возрастает интерес к трутовым грибам, что связано с содержанием в них ряда биологически активных соединений, таких как полисахариды, полисахаридно-белковые комплексы (лектины, лактоны), тритерпеноиды, алкалоиды, антибиотики и др. [1].

Различные представления о пользе для здоровья *Ganoderma applanatum* (трутовик плоский) в основном основаны на традиционном использовании. Недавние исследования подтверждают большое разнообразие химического состава и биологической активности данного трутовика [2]. Биологически активные вещества *Ganoderma applanatum* обуславливают уникальную фармакологическую активность (антиоксидантную, иммуномодулирующую, противоопухолевую, антимикробную, фунгицидную, гепатопротекторную, кардиопротекторную) трутовика плоского [3–9]. В настоящее время проведено большое количество исследований, основанных на моделях животных и клеточных культур, а также оценке *in vitro* воздействия экстрактов *Ganoderma applanatum* [2].

В ходе работы методами мацерации, циркуляционной экстракции и перколяции получены извлечения из высушенного сырья трутовика плоского, изучены их составы и антиоксидантная активность.

Наибольшие выходы достигнуты при экстрагировании методами перколяции (4,120 %) и циркуляционной экстракции в аппарате Сокслета (4,127 %). Также циркуляционная экстракция с использованием этилацетата и хлороформа в качестве экстрагентов позволяет выделить из плодовых тел *G. applanatum* терпеновые и фенольные соединения в высоких концентрациях ( $604,9 \pm 5,2$  мг/г и  $727,6 \pm 2,1$  мг/г – для этилацетатного экстракта,  $670,0 \pm 3,2$  мг/г и  $188,5 \pm 4,6$  мг/г – для хлороформного экстракта соответственно).

Определение антиоксидантной (антирадикальной) активности проводили методом, в основе которого лежит реакция DPPH (2,2 – дифенил – 1 – пикрилгидразила) и ABTS (2,2'-Азино-бис (3- этилбензтиазолин-6-сульфоновой кислоты)) радикалов с антиоксидантом. Наилучшими показателями антирадикальной активности ( $IC_{50}(DPPH) = 10,832$  мкг/мл;  $IC_{50}(ABTS) = 4,659$  мкг/мл) (таблица) обладает этилацетатный экстракт, что коррелирует с высоким содержанием общих фенольных соединений ( $727,6 \pm 2,1$  мг/г). Для остальных извлечений наблюдалась слабая антиоксидантная активность.



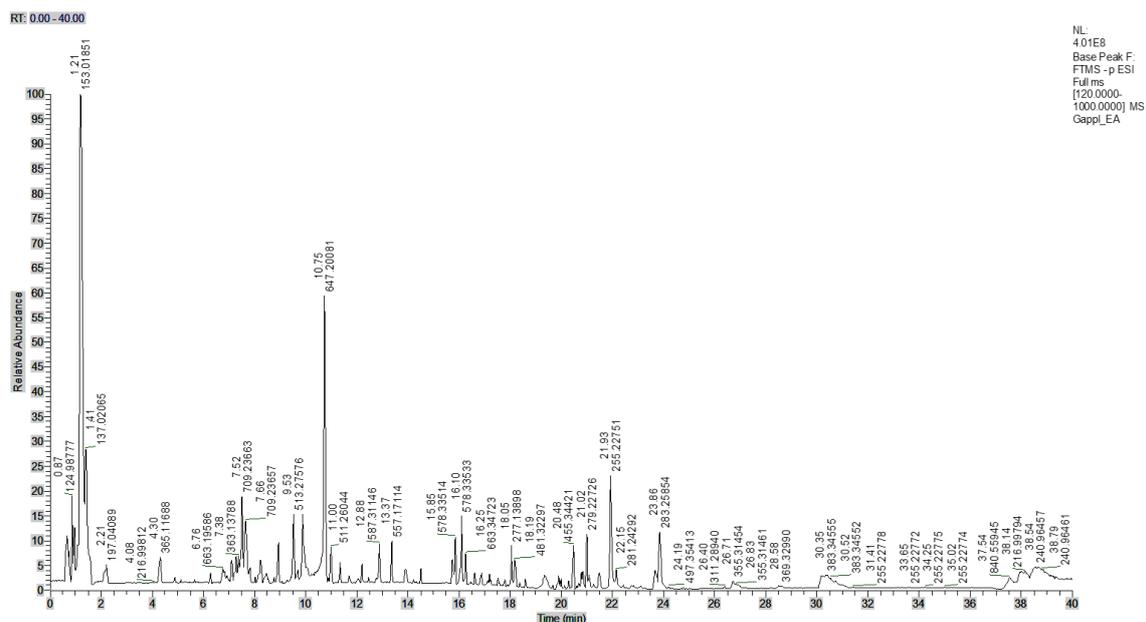


Рисунок 2 – Хроматограмма этилацетатного извлечения

Таким образом, высокий уровень антирадикальной активности позволяет рассматривать гриб *Ganoderma applanatum* в качестве источника нового класса природных антиоксидантов.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Stamets, P. Medicinal Mushrooms: Ancient Remedies Meet Modern Science / P. Stamets, H. Zwickey // *Integr Med (Encinitas)*. – 2014. – Vol. 13, № 1. – P. 46–47.
2. Benzie, I. F. Herbal Medicine: Biomolecular and Clinical Aspects / I. F. Benzie. – Second Edition. – Boca Raton (FL) : CRC Press/Taylor & Francis, 2011. – 500 p.
3. Antioxidative activities and chemical characterization of polysaccharide extracts from the widely used mushrooms *Ganoderma applanatum*, *Ganoderma lucidum*, *Lentinus edodes* and *Trametes versicolor* / M. Kozarski [et al.] // *Journal of Food Composition and Analysis*. – 2012. – № 26. – P. 144–153.
4. *Ganoderma lucidum* as potential source of biologically active compounds / N. Bisko [et al.] // *Austrian Journal of Technical and Natural Sciences*. – 2015. – № 5. – P. 35–38.
5. A Review of *Ganoderma* Triterpenoids and Their Bioactivities / C. A. Mahesh [et al.] // *Biomolecules*. – 2023. – Vol. 13, № 24. – P. 1–68.
6. Applanoxic acids A, B, C and D, biologically active tetracyclic triterpenes from *Ganoderma applanatum* / S. M. Chairul [et al.] // *Phytochemistry*. – 1991. – Vol. 30, № 12. – P. 4105–4109.
7. Chairul, S. M. Lanostanoid triterpenes from *Ganoderma applanatum* / S. M. Chairul, Y. Hayashi // *Pergamon*. – 1994. – Vol. 35, № 5. – P. 1305–1308.
8. Lanostane-type triterpenoids from the fruiting bodies of *Ganoderma applanatum* / X. Peng [et al.] // *Phytochemistry*. – 2019. – № 153. – P. 103–110.
9. The anti-inflammatory and anti-apoptotic effects of gallic acid against mucosal inflammation- and erosions-induced by gastric ischemia-reperfusion in rats / S. Mard [et al.] // *Vet Res Forum*. – 2015. – № 6. – P. 305–311.

УДК 632.4.01

**О. С. ЛУКАШЕВИЧ**

Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

Научный руководитель – Н. М. Матусевич, канд. биол. наук, доцент

## **ГРИБНЫЕ БОЛЕЗНИ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ СЕМЕЙСТВА РОЗОЦВЕТНЫЕ АГРОГОРОДКА МОТОЛЬ ИВАНОВСКОГО РАЙОНА**

Семейство Розоцветные (*Rosaceae* Juss.) объединяет деревья, кустарники и травы. Розоцветные встречаются в самых разнообразных растительных сообществах и являются одним из важнейших семейств растений. Оно включает ценные плодовые (яблоня, груша и др.), лекарственные (роза), витаминоносные (яблоня, роза) и декоративные (роза, спирея) растения [1].

Грибные болезни растений – заболевания растений, вызываемые фитопатогенными грибами. Фитопатогенные грибы подразделяются на паразитов и полупаразитов. Грибные болезни растений широко распространены и более опасные и вредоносные по сравнению с другими болезнями растений. Являются причиной снижения урожая и качества продукции. Распространение грибных болезней у плодовых деревьев возможно семенами, корнями, черенками, саженцами и другими частями больных растений. Инфекция может сохраняться в почве, в опавшей листве, переноситься ветром, атмосферными осадками, насекомыми и человеком, через орудия труда. Патогенные грибы могут проникать в ткани растений через устьица, клетки эпидермиса и кутикулу, раны, возникающие от града, солнечных ожогов, морозобоин, через трещины [2, с. 36]. Под воздействием грибов-возбудителей в растениях возникают патологические процессы, нарушающие нормальный обмен веществ клеток, органов и целого растения, сопровождающиеся нарушением структуры и физиологических функций растения или отдельных его частей. Наблюдается изменение дыхания, ферментативной деятельности, нарушается рост и развитие растения, пораженного грибом-возбудителем, и, как следствие, происходит отмирание пораженных тканей. По месту проявления грибные болезни растений бывают местными или общими. К местному поражению, охватывающему небольшие участки растения или его отдельные органы, относятся пятнистости, грибные налеты, язвы, пустулы; к общему – увядание растений [3].

В связи с этим целью исследования было выявление патогенных грибов и установление болезней, которые они вызывают у представителей семейства Розоцветные, произрастающих на территории аг. Мотоль Ивановского района Брестской области.

Объектами исследования явились растения семейства *Rosaceae* Juss.: земляника лесная – *Fragaria vesca* L., клубника садовая – *Fragaria ananassa* L., ежевика сизая – *Rubus caesius* L., малина обыкновенная – *Rubus idaeus* L., роза собачья – *Rosa canina* L., роза майская – *Rosa majalis* Herzm., рябина обыкновенная – *Sorbus aucuparia* L., пузыреплодник калинолистный – *Physocarpus opulifolius* (L.) Maxim., слива растопыренная, или алыча, – *Prunus divaricata* Ledeb., вишня обыкновенная – *Cerasus vulgaris* Mill., груша обыкновенная – *Pyrus communis* L., яблоня домашняя – *Malus domestica* Borkh. [4; 5].

На территории аг. Мотоль Ивановского района было обнаружено 12 представителей семейства *Rosaceae* Juss., пораженных грибами-паразитами: два вида – травянистые растения, шесть видов – кустарники, четыре вида – древесные растения.

В результате проведенных исследований были определены 19 патогенных грибов, паразитирующих на этих растениях: *Mycosphaerella fragariae* (Tul.) Lindau, *Marssonina*

*potentillae* (Desm.) Magnus, *Podosphaera pannosa* (Wallr.), *Sphaerotheca pannosa* Lew. var. *rosae* Voron., *Pseudoperonospora sparsa* Jacz., *Phragmidium disciformum* James, *Phyllosticta rosarum* Pass, *Diplocarpon rosae* Wolf., *Phragmidium rubi-idaei* (Pers), *Gloeosporium venetum* Spog., *Didymella applanata* Sacc., *Gymnosporangium cornutum* Arthur ex F. Kern., *Alternaria mali* Roberts., *Venturia inaequalis* Wint (конидиальная стадия – *Fusicladium dendriticum* Fuck.), *Phyllosticta mali* Pr. et. Del., *Clasterosporium carpophilum* (Lev.) Aderh., *Ascochyta chlorospora* Speg., *Blumerella jaapi* (Rehm.) Arx. (конидиальная стадия – *Cylindrosporium padi* Karst), *Mycosphaerella sentina* (Fuck, Schrot) (конидиальная стадия – *Septoria piricola* Desm.) [3].

Выявлены следующие болезни растений: белая пятнистость листьев клубники садовой, бурая пятнистость земляники лесной, мучнистая роса пузыреплодника калинолистного, мучнистая роса розы майской, ложная мучнистая роса розы майской, ржавчина розы майской, пурпуровая пятнистость розы собачьей, черная пятнистость розы собачьей, ржавчина малины обыкновенной, антракноз ежевики сизой, пурпуровая пятнистость (дидимела) ежевики сизой, ржавчина рябины обыкновенной, альтернариоз яблони домашней, парша яблони домашней, бурая пятнистость листьев яблони домашней, дырчатая пятнистость алычи, бурая пятнистость (аскохитоза) алычи, кластероспориоз, или дырчатая пятнистость, вишни обыкновенной, коккомикоз вишни обыкновенной, белая пятнистость (септориоз) груши дикой [6; 7].

Среди грибных болезней исследованных растений, произрастающих в аг. Мотоль Ивановского района Брестской области, преобладает бурая пятнистость, а наиболее подвержены грибным болезням яблоня домашняя (*Malus domestica* Borkh.) и роза собачья (*Rosa canina* L.).

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Жизнь растений : в 6 т. – М. : Просвещение, 1974–1982. – Т. 5 : Цветковые растения, ч. 2 / под ред. А. Л. Тахтаджяна. – 1981. – 511 с.
2. Прусова, Н. Г. Болезни, вызванные патогенными грибами на растениях семейства розоцветных / Н. Г. Прусова, Е. Ю. Сметанина // Вестн. Курган. гос. ун-та. Сер. «Естеств. науки». – 2015. – № 1. – С. 35–38.
3. Грибы и грибные болезни деревьев и кустарников / Н. А. Черемисинов [и др.] ; под ред. Н. А. Черемисинова. – М. : Лесная пром-сть, 1970. – 392 с.
4. Определитель высших растений Украины / Д. Н. Доброчаева [и др.]. – Киев : Наук. думка, 1987. – 548 с.
5. Парфенов, В. И. Определитель высших растений Беларуси / В. И. Парфенов. – Минск : Дизайн ПРО, 1999. – 472 с.
6. Журавлев, И. И. Определитель грибных болезней деревьев и кустарников : справочник / И. И. Журавлев, Т. Н. Селиванова, Н. А. Черемисинов. – М. : Лесная пром-сть, 1979. – 247 с.
7. Определитель болезней растений / М. К. Хохряков [и др.]. – СПб. : Лань, 2003. – 592 с.

УДК 632.154:57.054:042.5

**А. В. МЕЛЮХ**

Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

Научный руководитель – О. В. Корзюк, старший преподаватель

### **РОСТРЕГУЛИРУЮЩЕЕ ДЕЙСТВИЕ КОНЬЮГАТОВ ПРИРОДНЫХ БРАССИНОСТЕРОИДОВ С КИСЛОТАМИ НА МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ АМАРАНТА ТРЕХЦВЕТНОГО СОРТА ИЛЛЮМИНАЦИЯ**

Существенным фактором повышения продуктивности сельскохозяйственных и декоративных культур, по мнению ряда ученых, является применение регуляторов роста растений класса brassinosteroidов. Эти соединения имеют природную структуру, широко распространены в растительном мире и играют важную роль в регуляции различных физиологических процессов у растений. Воздействуя на клеточном уровне, brassinosteroidы способствуют росту и развитию растений, улучшают их строение, повышают устойчивость к стрессовым условиям и болезням [1; 2].

Исследования в области влияния природных brassinosteroidов с кислотами на морфометрические показатели амаранта трехцветного (*Amaranthus tricolor* L.) сорта Иллюминация (*Illumination*) могут быть эффективными для определения рострегулирующего действия и развития данного растения, а также могут способствовать улучшению его физиологических и биохимических характеристик.

Сорт Иллюминация отличается от других сортов амаранта хорошей адаптацией к различным климатическим условиям. Этот сорт способен хорошо расти как на солнечных, так и на полутенистых участках, что делает его универсальным для выращивания. Кроме того, сорт Иллюминация является достаточно устойчивым к различным болезням и вредителям, что облегчает его уход и обеспечивает высокую продуктивность данного растения [3]. Сегодня амарант возрождается не только как ценная пищевая культура, но и как декоративное растение и растение-сидерат.

Амарант – прекрасный сидерат. Он улучшает плодородие почвы, насыщает ее азотом, стимулирует жизнедеятельность почвенных микроорганизмов.

Целью данного исследования являлось изучение влияния 24-эпикастастерона (далее – ЭК) и его конъюгатов 2-моносалицилат 24-эпикастастерона (S23) и тетраиндолилацетат 24-эпикастастерона (S31) на морфометрические параметры амаранта трехцветного сорта Иллюминация в условиях лабораторного эксперимента.

Для определения оптимальных концентраций стероидных соединений, оказывающих наибольшее влияние на рост и развитие амаранта трехцветного сорта Иллюминация в лабораторных условиях, были использованы ЭК и его конъюгаты S23 и S31, синтезированные в лаборатории химии стероидов Института биоорганической химии НАН Беларуси. Чрезвычайно важным качеством амаранта является его высокая семенная продуктивность. Амарант хорошо приспосабливается почти к любым почвам [4].

Для выявления оптимальных концентраций ЭК и его конъюгатов с кислотами S23 и S31, оказывающих наибольшее влияния на рост и развитие амаранта трехцветного, были использованы следующие варианты опыта:

- 1) вода (контроль);
- 2) 24-эпикастастерон с концентрацией  $10^{-7}$ – $10^{-11}$  М;
- 3) S23 с концентрацией  $10^{-7}$ – $10^{-11}$  М;
- 4) S31 с концентрацией  $10^{-7}$ – $10^{-11}$  М.

На 10-е сутки были определены морфометрические параметры амаранта трехцветного, а именно длина корня. Проращивание проводили согласно ГОСТ 24933.0-81 [5]. Все опыты проводятся в четырехкратной повторности [6; 7].

Проведенные исследования показали, что действие раствора ЭК в концентрациях  $10^{-10}$  и  $10^{-8}$  М приводило к увеличению длины корня амаранта трехцветного по сравнению с контрольными растениями (таблица). Значительное увеличение длины корня было достигнуто при действии на растения ЭК в концентрации  $10^{-8}$  М. Так, длина корня увеличилась на 18,6 %. Воздействие ЭК в концентрации  $10^{-10}$  М также приводило к увеличению длины корня: по сравнению с контрольным опытом длина корня увеличилась на 11,5 %. Действие ЭК в концентрациях  $10^{-7}$  М и  $10^{-9}$  М привело к значительному уменьшению длины корня – на 22,6 и 11,8 % соответственно. При воздействии на растение ЭК в концентрации  $10^{-11}$  М наблюдалось незначительное уменьшение длины корня на 2,47 %.

Таблица – Влияние эпикастастерона и его конъюгатов на морфометрические параметры начальных этапов роста амаранта трехцветного сорта Иллюминация

Вариант опыта	Корень	
	длина, мм	% к контролю
Эпикастастерон (ЭК)		
Контроль	10,92 ± 0,46	–
$10^{-11}$ М	10,65 ± 0,42	97,53
$10^{-10}$ М	12,18 ± 0,53	111,5
$10^{-9}$ М	9,63 ± 0,37*	88,2
$10^{-8}$ М	12,95 ± 0,55*	118,6
$10^{-7}$ М	8,45 ± 0,55**	77,4
2-моносалицилат 24-эпикастастерона (S23)		
Контроль	10,92 ± 0,46	–
$10^{-11}$ М	12,35 ± 0,51*	113,1
$10^{-10}$ М	8,20 ± 0,39***	75,1
$10^{-9}$ М	5,70 ± 0,46***	52,2
$10^{-8}$ М	6,58 ± 0,53***	60,3
$10^{-7}$ М	7,27 ± 0,52***	66,6
Тетраиндолилацетат 24-эпикастастерона (S31)		
Контроль	10,92 ± 0,46	–
$10^{-11}$ М	12,56 ± 0,60*	115,0
$10^{-10}$ М	9,9 ± 0,68	90,7
$10^{-9}$ М	8,88 ± 0,62*	81,3
$10^{-8}$ М	8,1 ± 0,62**	74,2
$10^{-7}$ М	7,3 ± 0,29***	66,8

Примечание – \* – достоверно при  $P \leq 0,05$ ; \*\* – при  $P \leq 0,01$ ; \*\*\* – при  $P \leq 0,001$ .

При обработке семян раствором S23 и дальнейшем проращивании у растений амаранта трехцветного сорта Иллюминация наблюдалось увеличение длины корня при концентрации раствора  $10^{-11}$  М, во всех остальных случаях наблюдалось уменьшение длины корня (таблица) по сравнению с контрольными растениями.

Так, при воздействии раствора S23 в концентрации  $10^{-11}$  М длина корня увеличилась на 13,1 %. Использование S23 в концентрации  $10^{-10}$  М привело к уменьшению длины

на 24,9 %. При действии на растения S23 в концентрациях  $10^{-8}$  М и  $10^{-7}$  М длина корней уменьшилась на 39,7 и 33,4 % соответственно. Действие S23 в концентрации  $10^{-9}$  М привело к наибольшему изменению морфометрических параметров растения амаранта трехцветного: длина корня уменьшилась на 47,8 %.

При обработке семян раствором S31 у растений амаранта наблюдалось увеличение длины корня при концентрации раствора  $10^{-11}$  М (таблица), во всех остальных случаях наблюдалось уменьшение длины корня по сравнению с контрольными растениями.

При воздействии раствора S31 в концентрации  $10^{-11}$  М длина корня увеличилась на 15 %. Использование S31 в концентрации  $10^{-10}$  М привело к уменьшению длины на 9,3 %. При действии на растения S31 в концентрациях  $10^{-9}$  М и  $10^{-8}$  М длина корней уменьшилась на 18,7 и 25,8 % соответственно. Действие S31 в концентрации  $10^{-7}$  М привело к наибольшему изменению морфометрических параметров растения амаранта трехцветного: длина корня уменьшилась на 33,2 %.

Таким образом, по результатам лабораторного опыта можно сделать вывод, что наиболее эффективными концентрациями исследуемых БС, оказывающими наибольший достоверный рострегулирующий эффект на морфометрические параметры амаранта трехцветного сорта Иллюминация, являются: 24-эпикастастерон в концентрации  $10^{-8}$  М и его конъюгаты 2-моносалицилат 24-эпикастастерон в концентрации  $10^{-11}$  М и тетраиндолилацетат 24-эпикастастерона в концентрации  $10^{-11}$  М.

На основании выполненных исследований рекомендуется использовать 24-эпикастастерон в концентрации  $10^{-8}$  М как регулятор роста для амаранта трехцветного сорта Иллюминация.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Хрипач, В. А. Перспективы практического применения brassinosteroidов нового класса фитогормонов / В. А. Хрипач, В. И. Жабинский, Ф. А. Лахвич // Сельскохозяйственная биология. – 1995. – № 1. – С. 3–11.
2. Прусакова, Л. Д. Роль brassinosteroidов в росте, устойчивости и продуктивности растений / Л. Д. Прусакова, С. И. Чижова // Агрохимия. – 1996. – № 11. – С. 137–150.
3. Высочина, Г. И. Амарант (*Amaranthus L.*): химический состав и перспективы использования (обзор) // Химия растительного сырья. – 2013. – № 2. – С. 5–14.
4. Чиркова, Т. В. Амарант – культура XXI века // Сорос. образоват. журн. – 1999. – № 10. – С. 22–27.
5. Семена цветочных культур. Правила приемки и методы отбора проб. Межгосударственный стандарт : ГОСТ 24933.0-81. – Введ. 01.10.86. – М. : Стандартинформ, 2011. – 23 с.
6. Дышко, В. Н. Агрохимические методы исследований : учеб.-метод. пособие / В. Н. Дышко, В. В. Дышко, П. В. Романенко. – Смоленск : ФГБОУ ВПО «Смолен. ГСХА», 2014. – 48 с.
7. Рокицкий, П. Ф. Биологическая статистика / П. Ф. Рокицкий. – Минск : Ураджай, 1973. – 320 с.

УДК 582.547.1

**К. Р. МЕЛЯНЧУК**

Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

Научный руководитель – Н. М. Матусевич, канд. биол. наук, доцент

## **СЕМЕЙСТВО АРОИДНЫЕ В КОЛЛЕКЦИИ ЗИМНЕГО САДА ЦЕНТРА ЭКОЛОГИИ**

Важность создания комфорта и уюта в закрытых помещениях с помощью тропических и субтропических растений не вызывает сомнений. Однако озеленение интерьеров требует достаточно широких знаний экологии, биологии и размножения растений, применяемых в озеленении помещений, требований к освещению, температуре, влажности, питательным веществам, агротехнике, принципами и формами фитодизайна.

Семейство Ароидные (*Araceae* Juss.) является одним из крупнейших и самых древних в классе однодольных и включает более 3000 видов в 117 родах. В системе классификации APG II семейство относится к порядку Частухоцветные (*Alismatales*), входящему в группу монокоты. Представители в большей степени распространены в тропических и субтропических областях обоих полушарий. Много их и в умеренных областях, а некоторые заходят даже в субарктические районы, однако видовое и родовое разнообразие их вне тропиков невелико. Учеными было выделено два центра наибольшей плотности ароидных. Американский включает 46 родов, представленных эпифитами, полуэпифитами, или вторичными эпифитами, и лианами. Азиатский насчитывает 75 родов наземных клубневых и корневищных растений. Около 10 % ароидных приурочено к умеренным зонам. Основные регионы произрастания представителей семейства ароидных – Центральная и Южная Америка (Гватемала, Мексика, Сальвадор, Колумбия, Перу, Коста-Рика), а также Индокитай (Китай, Вьетнам, Индонезия, острова Суматра, Ява, Калимантан). В качестве места обитания ароидные предпочитают влажные дождевые тропические леса, муссоновые и субтропические леса, реже каменистые горные степи. Ароидные – это в основном корнелазяющие, реже вьющиеся или ползучие лианы. К опоре они прикрепляются с помощью специальных придаточных корней-прицепок [1].

Ботаническая коллекция зимнего сада насчитывает более 550 таксонов растений закрытого грунта, относящихся к 98 семействам. Большинство из них представляют растительность влажных тропических лесов и аридных местообитаний. Растения в коллекции зимнего сада расположены композиционно с учетом биогеографической и систематической принадлежности [2].

Целью исследования явилось выявление разнообразия семейства Ароидные в коллекции зимнего сада.

Семейство Ароидные в коллекции зимнего сада представлено 19 видами, относящимися к родам антуриум (*Anthurium* L.), аглаонема (*Aglaonema* Schott), алоказия (*Alocasia* G. Don), диффенбахия (*Dieffenbachia* Schott), замиокулькас (*Zamioculcas* Schott), сингониум (*Synгонium* Schott), спатифиллум (*Spathiphyllum* Schott), монстера (*Monstera* Schott), филодендрон (*Philodendron* Schott).

Наиболее многочисленными являются род антуриум (*Anthurium* L.), который представлен пятью видами, и род филодендрон (*Philodendron* Schott), насчитывающий четыре вида. Роды алоказия (*Alocasia* G. Don) и сингониум (*Synгонium* Schott) представлены двумя видами. Остальные – одним видом.

Антуриум (*Anthurium* L.). Родина – Центральная и Южная Америка. Объединяет более 500 видов многолетних декоративно-лиственных и декоративно-цветущих травянистых растений, произрастающих в тенистых зарослях влажных тропических лесов.

Аглаонема (*Aglaonema* Schott). Родина – Восточная Индия, Малайский архипелаг. Объединяет около 50 видов многолетних декоративно-лиственных травянистых растений, произрастающих во влажных тропических лесах.

Алоказия (*Alocasia* G. Don). Родина – Юго-Восточная Азия, Малайский архипелаг. Объединяет около 70 видов и гибридов многолетних травянистых клубневых растений, произрастающих в тропических лесах.

Диффенбахия (*Dieffenbachia* Schott). Родина – Южная Америка. Насчитывает около 30 видов декоративно-лиственных многолетних травянистых вечнозеленых растений, произрастающих во влажных заболоченных тропических лесах.

Замиокулькас (*Zamioculcas* Schott). Родина – Восточная Африка, прибрежные области Занзибара. Монотипный род декоративно-лиственных клубневых многолетних травянистых растений. Произрастает на каменистых склонах среди камней на открытых местах.

Сингониум (*Syngonium* Schott). Родина – Центральная и Южная Америка, Большие и Малые Антильские острова. Насчитывает около 20 видов декоративно-лиственных многолетних вечнозеленых травянистых лиан, произрастающих во влажных тропических лесах.

Спатифиллум (*Spathiphyllum* Schott). Родина – Центральная и Южная Америка, Филиппины. Известно около 40 видов декоративно-лиственных и декоративно-цветущих корневищных многолетних травянистых короткостебельных розетконосных растений, произрастающих во влажных тропических лесах, в саваннах, на затененных местах, на лугах в долинах рек, вдоль морского побережья.

Монстера (*Monstera* Schott). Родина – Центральная и Южная Америка. Известно около 25 видов декоративно-лиственных многолетних травянистых лиан с лазающим одревесневающим стеблем, с которого свисают мощные воздушные корни. Произрастают во влажных тропических и горных лесах.

Филодендрон (*Philodendron* Schott). Родина – Америка и Азия. Известно около 500 видов многолетних травянистых вечнозеленых растений, произрастающих во влажных тропических лесах, в долинах, по заболоченным берегам рек, ручьев, иногда как эпифиты, в основном лианы, которые взбираются вверх и плотно прижимаются к стволам деревьев с помощью шнуровидных придаточных корней, растущих из узлов побега [3].

Таким образом, в коллекции зимнего сада произрастает 19 видов семейства Ароидные, относящихся к девяти родам.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Жизнь растений : в 6 т. – М. : Просвещение, 1974–1982. – Т. 6 : Цветковые растения / под ред. А. Л. Тахтаджяна. – 1982. – 543 с.
2. Колбас, А. П. Таксономический состав коллекций экспозиции «Зимний сад» Центра экологии учреждения образования «БрГУ имени А. С. Пушкина» / А. П. Колбас, Н. В. Шималов, И. Н. Яковук // Вучон. зап. Брэсц. дзярж. ун-та. – 2016. – Вып. 12, ч. 2. – С. 52–67.
3. Тропические и субтропические растения закрытого грунта : справочник / Т. М. Черевченко [и др.]; под ред. А. М. Гродзинского. – Киев : Наук. думка, 1988. – 412 с.

УДК 541.67

**И. Ю. ПОЛЫН**

Минск, БГУ

Научный руководитель – В. В. Паньков, д-р хим. наук, профессор

## **ВЛИЯНИЕ МЕТОДОВ СИНТЕЗА НА МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА КОБАЛЬТ-ЦИНКОВЫХ ФЕРРИТОВ**

Наночастицы кобальт-цинкового феррита представляют собой класс магнитомягких наноматериалов, которые обладают потенциально высокими магнитными, электрическими и диэлектрическими свойствами. Эти свойства включают высокое значение магнитной проницаемости, низкие потери мощности, подходящие для практического использования величины электрической проницаемости, намагниченности насыщения, коэрцитивной силы, удельного сопротивления, которые делают их перспективными для применения в различных областях. Они также используются в биомедицинских приложениях, таких как магнитно-резонансная томография и адресная доставка лекарств. В области электроники наночастицы этого феррита применяются для изготовления преобразователей, трансформаторов, биосенсоров и сенсорных устройств.

**Синтез кобальт-цинкового феррита методом распылительного термолиза.** Образцы прекурсора кобальт-цинкового феррита состава  $\text{Co}_x\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_2\text{O}_4$  ( $x = 0.65$ ) были синтезированы с помощью распылительного термолиза путем смешивания нитратов соответствующих металлов в стехиометрическом соотношении. Для этого было взято 7,9 г  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ; 4,1 г  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ; 34,1 г  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ , что позволило получить 10 г итогового вещества. Нитраты были смешаны и растворены в 980 мл дистиллированной воды. Концентрация раствора для распыления составляла 1 г вещества на 100 мл воды. Полученную смесь распыляли со скоростью 1 л/ч при температуре 200 °С. Для окончательного синтеза  $\text{CoZn}$ -феррита порошки после распыления обжигали при температурах 1000 °С.

**Синтез кобальт-цинкового феррита полиол-методом.** Для синтеза порошка феррита состава  $\text{Co}_x\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_2\text{O}_4$  ( $x = 0.65$ ) растворяли 2,43 г  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ , 0,33 г  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , 0,61 г  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , 5,43 г ацетата натрия в 9,5 мл дистиллированной воды и 100 мл этиленгликоля. При смешивании образуется коричневая суспензия, которую переливали в колбу с обратным холодильником. Далее смесь нагревали до кипения (140 °С) при интенсивном перемешивании, при этом раствор постепенно темнел. Спустя 8 часов кипения раствор приобретал коричнево-черный оттенок, на стенках колбы образовывался осадок, представляющий собой кобальт-цинковый феррит. Впоследствии магнитной декантацией отделяли осадок от раствора, промывали водой, сушили при 140 °С.

Измерение зависимости удельной намагниченности от напряженности магнитного поля и петли гистерезиса проводили с помощью магнитометра Cryogen Free Measurement System Cryogenic Ltd при температуре 273 К,  $H_{\text{max}} = 8$  Тл.

Полученные путем измерения магнитных свойств петли гистерезиса и зависимости удельной намагниченности насыщения от величины приложенного внешнего магнитного поля позволили определить величины коэрцитивной силы и параметров намагниченности полученных порошков кобальт-цинкового феррита.

В случае синтеза кобальт-цинкового феррита распылительным термолизом удельная намагниченность насыщения составляет  $80 \text{ A}\cdot\text{м}^2\cdot\text{кг}^{-1}$ , остаточная намагниченность –  $0,4 \text{ A}\cdot\text{м}^2\cdot\text{кг}^{-1}$  (рисунок 1).

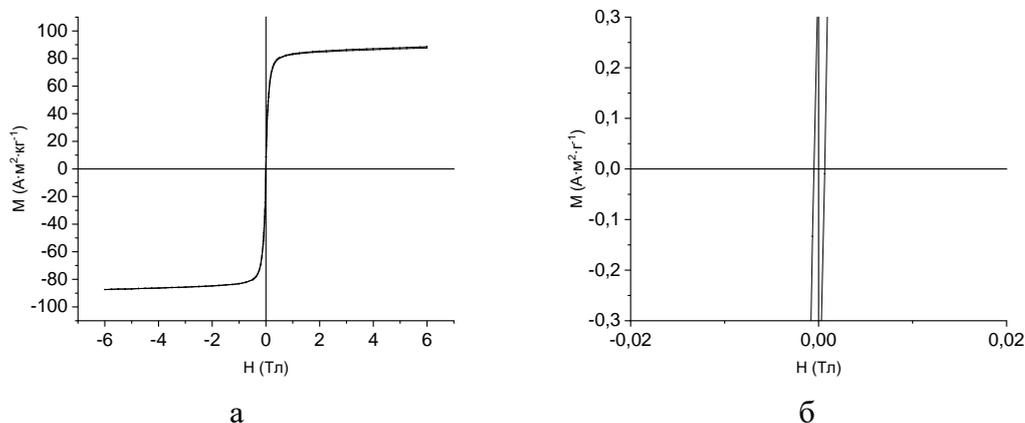


Рисунок 1 – Петля гистерезиса CoZn-феррита, полученного методом распылительного термолиза (а); увеличенный масштаб (б)

С помощью данного графика можно выяснить, что коэрцитивная сила вещества имеет величину  $H_c = 0,0006 \text{ Тл}$ . Это позволяет отнести феррит к магнитомягким материалам.

Магнитные параметры кобальт-цинкового феррита, полученного полиол-методом, составили:  $H_c = 0,007 \text{ Тл}$ ,  $M_s = 60 \text{ A}\cdot\text{м}^2\cdot\text{кг}^{-1}$ ,  $M_r = 6,3 \text{ A}\cdot\text{м}^2\cdot\text{кг}^{-1}$  (рисунок 2).

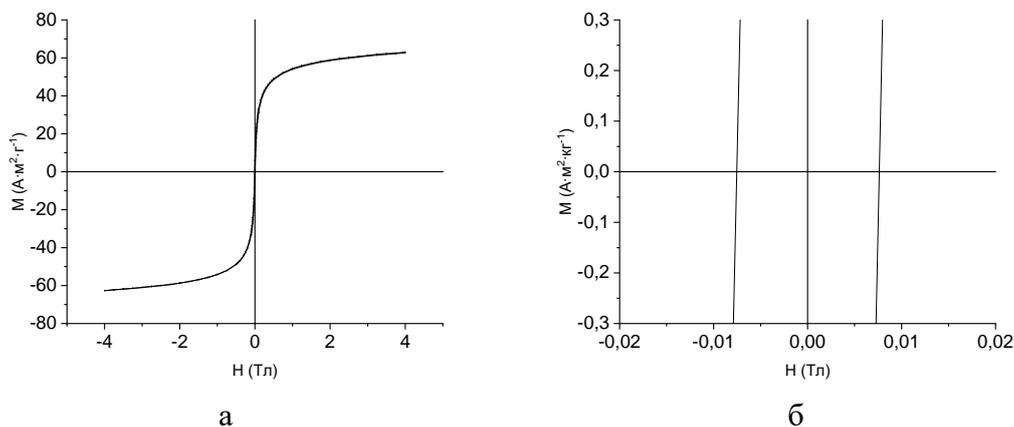


Рисунок 2 – Петля гистерезиса CoZn-феррита, полученного полиол-методом (а); увеличенный масштаб (б)

Можно заметить, что CoZn-ферриты, полученные распылительным термолизом, имеют более высокие значения коэрцитивной силы, намагниченности насыщения и остаточной намагниченности, чем в случае синтеза полиол-методом, что свидетельствует о их лучшей кристалличности. Таким образом, установлено, что способ получения кобальт-цинковых ферритов существенно влияет на магнитные свойства материала.

УДК 669-1

**А. М. РАБЕНОК**

Минск, БГУ

Научный руководитель – О. Н. Врублевская, канд. хим. наук, доцент

**ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ СПЛАВОВ NiCr ИЗ ГЛУБОКОГО ЭВТЕКТИЧЕСКОГО РАСТВОРИТЕЛЯ НА ОСНОВЕ ХОЛИНА ХЛОРИДА, ЭТИЛЕНГЛИКОЛЯ И МОЧЕВИНЫ**

Покрытия из сплавов NiCr востребованы во многих отраслях промышленности для защиты изделий различного назначения от коррозии и в декоративных целях. Покрытия осаждают электрохимически из водных растворов, для приготовления которых используют соли Ni(II), Cr(III) и H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. В качестве стабилизаторов Cr(III) в раствор вводят различные добавки (мочевину, глицин, оксалат-ионы и т. д.) [1–3]. Электролиты на основе соединений Cr(III) вне зависимости от компонентов, применяемых для приготовления электролитов, характеризуются низкой воспроизводимостью составов сплавов. Причина низкой воспроизводимости – различная эффективность восстановления Cr(III) из широкого ряда аквагидрокомплексов – продуктов гидролиза Cr(III), образующихся из-за активного выделения водорода, сопровождаемого подщелачиванием раствора в прикатодной области электролита [2]. В водных электролитах проблемы эксплуатации электролитов, обусловленные гидролизом и изомерией соединений Cr(III) и низким значением выходов металла по току (ВТ), не могут быть решены. Альтернативой для электрохимического осаждения покрытий из сплавов NiCr могут быть неводные электролиты на основе глубоких эвтектических растворителей (далее – ГЭР).

ГЭР являются смесью соли четвертичного аммония (наиболее часто используют холина хлорид (ChCl)) и доноров водородных связей (этиленгликоль, глицерин, мочевина, органические кислоты). ГЭР биоразлагаемы, просты в приготовлении и электрохимически стабильны в широком диапазоне потенциалов [4]. Важно отметить, что ГЭР содержат воду в небольших количествах, в отсутствие воды ряд авторов отмечают невозможность или затруднения электрохимического восстановления ряда ионов металлов [5; 6].

Авторы работ [7], [8] выявили (в условиях трехэлектродной электрохимической ячейки) возможность получения покрытий из сплавов NiCr с содержанием хрома до 29 масс. % из ГЭР на основе холина хлорида (ChCl) и этиленгликоля (EG). В гальваностатических условиях сплав из ГЭР не получали и не изучали возможность получения покрытий толщиной от микрометра и более, стабильность электролита в эксплуатации, воспроизводимость состава сплава.

Цель данной работы – оценка возможности электрохимического осаждения сплава NiCr в гальваностатических условиях с содержанием хрома более 10 масс. % из неводного электролита на основе трехкомпонентного растворителя, включающего ChCl, EG и мочевину (U), а также изучение закономерностей отдельного и совместного восстановления Ni(II) и Cr(III) методом циклической вольтамперометрии.

ГЭР готовили, используя ChCl : EG : U в соотношении 1 : 2 : 1, при 30 °С в течение 8 часов при постоянном перемешивании. Источниками хрома и никеля являлись NiCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O и CrCl<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O. Концентрации солей варьировали в диапазонах 0,01–0,1 М для Ni(II), 2–0,4 М для Cr(III). Количество воды в электролитах составляло от 3,2 до 5,4 масс. %, источником воды являлись кристаллогидраты и вода в составе

этиленгликоля. Электроосаждение покрытий из сплавов в гальваностатическом режиме выполняли при  $7 \text{ mA/cm}^2$  (плотность тока подобрана на основании результатов предварительно выполненных экспериментальных работ) при  $60 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ . В качестве анодов использовали платиновую фольгу (99,9 ат. %) площадью  $12,6 \text{ cm}^2$ , в 12 раз превышающей площадь катода, роль которого выполняла медная фольга. Катод для осаждения сплава обезжиривали в щелочном растворе с ПАВ, декапировали в 5,0 %-м растворе HCl в течение одной минуты.

Морфологию поверхности покрытий изучали методом сканирующей электронной микроскопии (далее – СЭМ) с использованием микроскопа LEO 1420, фазовый анализ устанавливали методом рентгенофазового анализа с помощью рентгеновского дифрактометра ДРОН-3.0. Запись ЦВА кривых осуществляли при  $60 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$  в стандартной трехэлектродной ячейке с платиновым индикаторным и вспомогательным электродами, в качестве рабочего электрода использовали графитовый стержень. Скорость развертки потенциала составляла  $20 \text{ mV}\cdot\text{s}^{-1}$ . Запись ЦВА проводили на потенциостате AUTOLAB PGSTAT 204.

При варьировании составов растворов ГЭР получены покрытия из сплавов NiCr с содержанием хрома от 2,2 до 22,0 масс. % (таблица).

Таблица – Элементный состав сплавов NiCr, осажденных при варьировании соотношений молярных концентраций Cr(III) и Ni(II)

C(Cr(III)) : C(Ni(II))	Состав покрытия, масс. %	
	Ni	Cr
2 : 1	$98,0 \pm 0,5$	$2,0 \pm 0,3$
3 : 1	$92,0 \pm 0,4$	$8,0 \pm 0,2$
4 : 1	$78,0 \pm 0,4$	$22,0 \pm 0,3$
20 : 1	–	–

Из анализа рентгенограмм покрытий следует, что сплавы  $\text{Ni}_{98}\text{Cr}_2$  и  $\text{Ni}_{92}\text{Cr}_8$  состоят из одной кристаллической фазы никеля в кубической сингонии, фазы хрома не выявлены (рисунок 1). Параметр кристаллической решетки превышает справочное значение на 2,5 %, что указывает на наличие твердого раствора включения хрома в пустоты кристаллической решетки никеля.

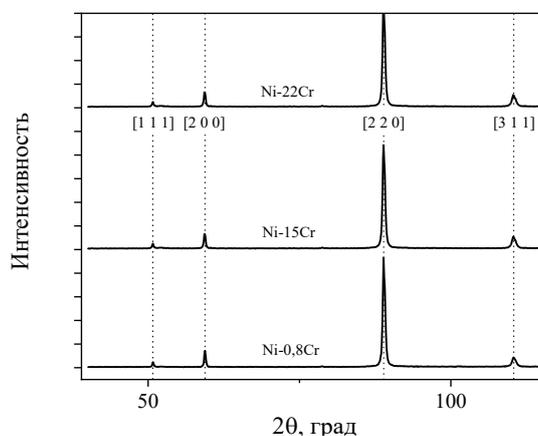


Рисунок 1 – Рентгенограммы покрытий  $\text{Ni}_{98}\text{Cr}_2$ ,  $\text{Ni}_{92}\text{Cr}_8$  и  $\text{Ni}_{78}\text{Cr}_{22}$

Из анализа СЭМ-фотографии поверхности сплавов NiCr разных составов видно, что поверхность покрытий представлена плотноупакованными сферическими частицами размерами от 0,1 до 0,6 мкм (рисунок 2). На поверхности покрытий Ni<sub>92</sub>Cr<sub>8</sub> и Ni<sub>78</sub>Cr<sub>22</sub> наблюдаются сросшиеся многоугольные пластины с трещинами, ширина которых не превышает 0,6 мкм.

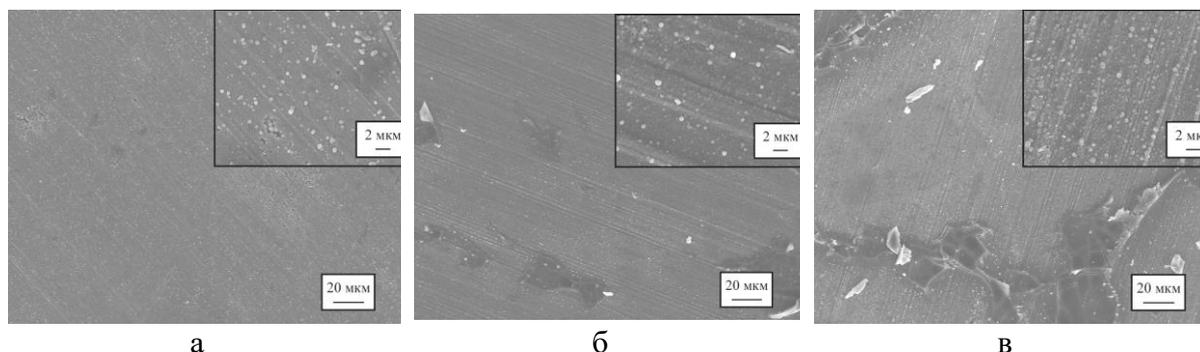


Рисунок 2 – СЭМ-снимки поверхности покрытий из сплавов Ni-Cr:  
а – Ni<sub>98</sub>Cr<sub>2</sub>, б – Ni<sub>92</sub>Cr<sub>8</sub>, в – Ni<sub>78</sub>Cr<sub>22</sub>

Из анализа хода катодного скана вольтамперной кривой для раствора ГЭР, содержащего только 0,1 моль/дм<sup>3</sup> NiCl<sub>2</sub>, выявлено, что восстановление Ni(II) начинается при -0,15 В. Диффузионный ток восстановления Ni(II) достигает максимума -5,5 мА/см<sup>2</sup> при -0,92 В (рисунок 3), восстановление Н(І) из воды, присутствующей в электролите в 5,4 масс. %, происходит на поверхности никеля, восстановленного на угольном электроде при -1,06 В.

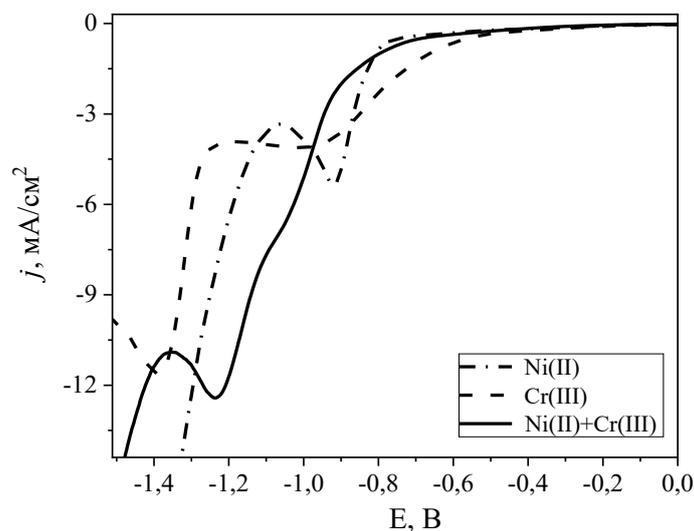


Рисунок 3 – Катодные сканы вольтамперных кривых для ГЭР, включающих:  
0,1 моль/дм<sup>3</sup> Ni(II); 0,4 моль/дм<sup>3</sup> Cr(III); 0,1 моль/дм<sup>3</sup> Ni(II) и 0,4 моль/дм<sup>3</sup> Cr(III)

Восстановление Cr(III) из раствора, включающего 0,1 моль/дм<sup>3</sup> CrCl<sub>3</sub>, начинается при E = -0,08 В. Процесс восстановления Cr(III) двухстадийный: Cr(III) восстанавливается до Cr(II) и затем до Cr(0) [1; 8]. На катодном скане этим стадиям соответствуют

области потенциалов  $(-0,7) - (-1,2)$  В и  $(-1,3) - (-1,5)$  В с максимальными плотностями токов  $-4,3$  и  $-11,5$   $\text{mA}/\text{cm}^2$  соответственно.

В растворе ГЭР для получения сплава с максимальным количеством хрома ( $\text{Ni}_{78}\text{Cr}_{22}$ ), включающем  $\text{Cr(III)} : \text{Ni(II)}$  при соотношении концентраций  $4 : 1$ , совместное восстановление ионов начинается при  $-0,17$  В. В таком растворе сохраняется двухстадийность восстановления  $\text{Cr(III)}$  – на катодном скане присутствует выраженный максимум катодного тока при  $-1,23$  В с плотностью тока  $-12,0$   $\text{mA}/\text{cm}^2$  и «плечо», начинающееся при  $-0,94$  В, с плотностью тока до  $-6$   $\text{mA}/\text{cm}^2$ . Наблюдаемые в области потенциалов  $(-0,7) - (-0,9)$  В малые токи (до  $-3$   $\text{mA}/\text{cm}^2$ ) связаны с восстановлением  $\text{Ni(II)}$ . В свою очередь,  $\text{Cr(III)}$  начинает восстанавливаться на поверхности свежеосажденного никеля, что отражается на вольтамперных характеристиках стадий восстановления  $\text{Cr(III)}$ . В частности, стадия превращения  $\text{Cr(III)}$  до  $\text{Cr(II)}$  происходит при более отрицательных потенциалах в сравнении с раствором без  $\text{Ni(II)}$ , вторая стадия ( $\text{Cr(II)} \rightarrow \text{Cr(0)}$ ), наоборот, происходит при более положительном на  $0,4$  В значении потенциала и с большей в  $1,05$  раза плотностью тока. Выделению водорода соответствует потенциал  $-1,38$  В.

Таким образом, установлена возможность электрохимического получения покрытий сплава  $\text{NiCr}$  с массовым содержанием хрома от  $2,2$  до  $22,0$  масс. % из трехкомпонентного раствора ГЭР, включающего в качестве компонентов растворителя  $\text{ChCl}$ , EG и U. Выявлено, что фазовый состав покрытий включает фазу  $\text{Ni}$  и представлен твердым раствором внедрения хрома в кристаллическую решетку никеля. Наиболее плотная упаковка зерен характеризует сплав  $\text{Ni}_{78}\text{Cr}_{22}$ . При совместном восстановлении  $\text{Ni(II)}$  и  $\text{Cr(III)}$  за счет восстановления в первую очередь  $\text{Ni(II)}$  интенсифицируется восстановление  $\text{Cr(III)}$ .

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Huang, C. A. Hardness variation and corrosion behavior of as-plated and annealed Cr-Ni alloy deposits electroplated in a trivalent chromium-based bath / C. A. Huang, C. K. Lin, C. Y. Chen // *Surf. Coat. Technol.* – 2009. – Vol. 203, iss. 24. – P. 3686–3691.
2. Survilienė, S. The use of XPS for study of the surface layers of CrNi alloys electrodeposited from the  $\text{Cr(III)} + \text{Ni(II)}$  bath / S. Survilienė, A. Češunienė, V. Jasulaitienė, I. Jurevičiūtė // *Appl. Surf. Sci.* – 2012. – Vol. 258, iss. 24. – P. 9902–9906.
3. Ohgai, T. Soft magnetic properties of Ni-Cr and Co-Cr alloy thin films electrodeposited from aqueous solutions containing trivalent chromium ions and glycine / T. Ohgai, Y. Tanaka, T. Fujimaru // *J. Appl. Electrochem.* – 2012. – Vol. 42. – P. 893–899.
4. Effect of  $\text{Cr(III)}$  solution chemistry on electrodeposition of chromium / S. Survilienė [et al.] // *J. Appl. Electrochem.* – 2006. – Vol. 36, iss. 6. – P. 649–654.
5. Smith, E. L. Deep Eutectic Solvent (DESs) and Their Applications / E. L. Smith, A.P. Abbott, K. S. Ryder // *Chem. Rev.* – 2014. – Vol. 114. – P. 11060–11082.
6. Abbott, A. P. Application of ionic liquids to the electrodeposition of metals / A. P. Abbott, K. J. McKenzie // *PCCP.* – Vol. 8. – P. 4265–4279.
7. Khani, H. Hard chromium composite electroplating on high-strength stainless steel from a  $\text{Cr(III)}$ -ionic solution / H. Khani, J. F. Brennecke // *Electrochem. Commun.* – 2019. – P. 106537.
8. Ren, X. The Electrodeposition of Amorphous/Nanocrystalline Ni-Cr Alloys from  $\text{ChCl}$ -EG Deep Eutectic Solvent / X. Ren [et al.] // *JES.* – 2020. – Vol. 167, iss. 6. – P. 062502.
9. Barziniy, A. A. Electrodeposition of Ni-Cr alloy from Ethaline Deep Eutectic Solvent / A. A. Barziniy // *ZANCO Journal of Pure and Applied Sciences.* – 2016. – Vol. 28, iss. 2. – P. 47–55.

УДК 582.291

**К. А. РАЗМЫСЛОВИЧ**

Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

Научный руководитель – Н. В. Шкуратова, канд. биол. наук, доцент

**ЭКОЛОГО-БИОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ  
ЛИХЕНОБИОТЫ ГОРОДСКОГО ЛЕСНОГО МАССИВА  
«ТЕЛЬМОВСКИЙ ЛЕС» (ГОРОД БРЕСТ)**

Решение проблемы сохранения и рационального использования природных ресурсов предполагает всестороннее изучение структурно-функциональной организации биоты, и прежде всего ее автотрофного компонента, как обеспечивающего стабильность экосистем. Лихенобиота наряду с альгофлорой, бриофлорой и флорой сосудистых растений является неотъемлемой составляющей природных сообществ. В результате расширения границ населенных пунктов в их состав включатся растительные сообщества, обладающие значительным биоразнообразием. В связи с этим в условиях нарастающей урбанизации возрастает актуальность изучения биоты, находящейся под воздействием антропогенного прессинга.

Целью данного исследования явилось проведение эколого-биоморфологического анализа состава лихенобиоты лесного массива «Тельмовский лес», находящегося в черте г. Бреста, на восточной его окраине.

Тельмовский лес в пределах г. Бреста наибольший по занимаемой площади городской лес. Основу лесного массива составляют сосняки лесокультурного происхождения. Лесной массив окружают автотранспортная и железнодорожная магистраль, к нему примыкает промзона, частная застройка.

Основу древесного яруса образует *Pinus sylvestris* L., к которой в разном соотношении примешиваются *Betula pendula* Roth, *Quercus robur* L., *Populus tremula* L., на опушках – *Acer negundo* L., *Robinia pseudoacacia* L. В подросте к перечисленным видам примешивается *Quercus rubra* L., который конкурирует с *Quercus robur* L. Подлесок образуют *Rhamnus frangula* L., *Sorbus aucuparia* L., *Juniperus communis* L., *Sambucus nigra* L., *Sambucus racemosa* L., *Ligustrum vulgare* L. В травяно-кустарничковом ярусе часто встречаются *Calluna vulgaris* (L.) Hull, *Vaccinium myrtillus* L., *Vaccinium vitis-idaea* L., *Melampyrum sylvaticum* L. и др. Основу напочвенного покрова исследованных сосняков слагают зеленые мхи, из которых доминируют *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt., *Dicranum bonjeanii* De Not., *Dicranum polysetum* Sw., *Hylocomium splendens* (Hedw.) Schimp., *Ptilium crista-castrensis* (Hedw.) De Not., *Polytrichum commune* Hedw.

В ходе полевых работ при детальном обследовании городского леса применяли маршрутный метод. Детально осматривали стволы, ветви, валежник, напочвенный покров. Эпифитные лишайники собирали со стволов форофитов от комлевой части до высоты 2 м. Видовую идентификацию проводили по общепринятым методикам.

В ходе исследования выявлены 20 видов лишайников, относящихся к семи семействам класса *Ascolichenes*. Наибольшим количеством видов представлено семейство *Cladoniaceae* Zenk (8 видов). Семейство *Parmeliaceae* Zenker. представлено четырьмя видами, семейство *Lecanoraceae* Körb. включает три вида. В составе пяти семейств (*Teloschistaceae* Zahlbr., *Physciaceae* Zahlbr., *Phlyctidaceae* Poelt et Vězda ex J. C. David et D. Hawksw., *Candelariaceae* Nakul., *Peltigeraceae* Dumort.) выявлено по одному виду.

В биоморфологическом отношении среди выявленных видов представлены накипные, листоватые и кустистые лишайники (5, 6, 9 видов соответственно). Среди накипных лишайников представлены как эндосустратные (*Lecidea elaeochroma* (Ach.) M. Choisy.), так и эписустратные формы, в том числе плотнокорковые (*Lecanora varia* (Hoffm.) Ach., *Lecanora populicola* (DC. in Lam. & DC.) Duby, *Phlyctis argena* (Ach.) Flot.), зернисто-бородавчатые (*Candelariella vitellina* (Hoffm.) Müll. Arg.) виды.

Листоватые лишайники представлены группами узколопастных (*Xantoria parietina* (L.), *Physcia hispida* (Schreb.) Frege), вздутолопастных (*Hypogymnia physodes* (L.) Nyl., *Hypogymnia tubulosa* (Schaer.) Nav.), среднешироколопастных (*Parmelia sulcata* Taylor), широколопастных (*Peltigera canina* (L.) Willd.) видов.

Наибольшее количество видов относится к кустистым лишайникам, в том числе 8 видов рода *Cladonia* Hill ex P. Browne. и один вид рода *Evernia* Ach. (*Evernia prunastri* (L.) Ach.). Следует отметить, что, несмотря на принадлежность к одной биоморфе, виды рода *Cladonia* различаются своей морфологией [3]. На территории исследования представлены виды *Cladonia* с шиловидными подециями (*Cl. cornuta* (L.) Hoffm., *Cl. coniocraea* (Flörke) Spreng.), сцифовидными подециями с воронковидными окончаниями (*Cladonia cenotea* (Ach.) Schaer., *Cl. fimbriata* (L.) Fr., *Cl. degenerans* (Flk.) Spreng., *Cl. squamosa* Hoffm.), кустисто-разветвленными подециями (*Cl. arbuscula* (Wallr.) Flot., *Cl. rangiferina* (L.) Web.). Кустистый таллом *Evernia prunastri* (L.) Ach. отличается повисающими разветвленными дорсовентральными лопастями.

Субстратно-экологический анализ показал, что по видовому разнообразию шире представлена группа эпифитных лишайников (55 % от общего числа видов), к которой относятся все выявленные накипные виды (5 видов), 5 видов листоватых лишайников и один вид кустистых (*Evernia prunastri*). На исследованной территории в качестве основных форофитов выступают такие древесные породы, как *Pinus sylvestris*, *Betula pendula*, *Quercus robur*, *Acer negundo*, *Populus tremula*. Наибольшее видовое разнообразие лишайников отмечено для листовых пород. Наибольшее количество видов выявлено на коре *Quercus robur* (8 видов). Только три вида лишайников были обнаружены на одной древесной породе: *Phlyctis argena* – на коре *Quercus robur*, *Candelariella vitellina* – на стволах *Pinus sylvestris*, *Lecanora populicola* – на коре видов *Populus tremula*.

На территории исследования зарегистрировано 9 видов эпигейных лишайников. Эпигейды относятся к родам *Cladonia* Hill ex P. Browne., *Peltigera* Willd. и являются типичными напочвенными лишайниками сосновых лесов Беларуси, составляя основу эпигейной лишайнобиоты. На исследованной территории в качестве типичных эпигейных лишайников выступают *Cl. ramulosa*, *Cl. arbuscula*, *Cl. rangiferina*, *Cl. squamosa*, а также *Peltigera canina*. К числу «факультативно» эпигейных лишайников можно отнести *Cl. fimbriata*, *Cl. coniocraea*, *Cl. cornuta*, *Cl. cenotea*, поскольку они обнаружены как непосредственно на почве, так и на коре в комлевой части стволов, на коре пней и т. п. На почве в составе мохового покрова среди зеленых мхов обнаруживаются *Cl. ramulosa*, *Cl. fimbriata*, *Cl. arbuscula*.

Таким образом, в составе лишайнобиоты Тельмовского леса обнаружено 20 видов лишайников, среди которых представлены листоватые, накипные и кустистые биоморфы. Среди эпифитов представлены три биоморфы, из которых наиболее разнообразны накипные и листоватые. Среди эпигейных лишайников доминируют кустистые биоморфы рода *Cladonia*.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования Республики Беларусь (студенческий грант, номер госрегистрации 20240572).

УДК 595.733+591.9

**Е. А. РОСТОВА**

Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

Научный руководитель – С. Э. Кароза, канд. биол. наук, доцент

## **ЭКОЛОГО-ФАУНИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ОТРЯДА СТРЕКОЗ (ODONATA) ГОРОДА БРЕСТА**

На сегодняшний день со стремительной скоростью происходит изменение экологической обстановки, вслед за которой меняется география ареалов распространения живых организмов, вследствие чего возникает необходимость введения постоянного мониторинга мест происхождения редких видов животных, растений и насекомых.

Цель – проведение комплексного анализа одонатофауны на примере г. Бреста и его окрестностей для уточнения списка видов и сравнения мест обитания.

На протяжении летне-осеннего периода 2022–2023 гг. проводилась работа по изучению видового состава стрекоз на 12 биотопах в пределах г. Бреста и его окрестностей: 1 – р. Мухавец около центрального пляжа г. Бреста; 2 – р. Мухавец около Брестской крепости; 3 – водоем в микрорайоне Козловичи на улице Гаёвка; 4 – р. Лесная недалеко от трассы Н-345; 5 – гребной канал в г. Бресте; 6 – пруд Зодчих; 7 – Кирпичные озера; 8 – водоем вблизи Речицкого кладбища; 9 – Малая соя; 10 – Большая соя; 11 – Красный двор г. Бреста; 12 – пруд Гершоны.

Основным методом учета видового состава являлся маршрутный метод. Визуальный учет и сбор экземпляров проводились с помощью сачка. Бета-разнообразие характеризовалось с помощью индексов видового сходства – коэффициента Чекановского – Серенсена и коэффициента Жаккара [1, с. 191].

В ходе проведенных исследований было изучено 196 особей стрекоз, относящихся к 2 подотрядам, 6 семействам, 13 родам и 19 видам. Наиболее богато было представлено видами семейства *Libellulidae*, которое включало 8 видов, или 42 % от всех видов стрекоз. Семейства *Aeshnidae*, *Coenagrionidae* и *Lestidae* включали по три вида, что составляло по 16 % соответственно. Семейства *Platycnemididae* и *Calopterygidae* были представлены всего одним видом (5 %).

Из выявленных нами родов по числу видов в них наиболее представительным оказался род *Sympetrum* (4 вида), а по количеству особей – роды *Sympetrum*, *Platycnemis* и *Calopteryx* – 73, 50 и 40 соответственно.

На долю особей семейства *Libellulidae* приходилось 80 особей, что составляет 41 %, семейства *Platycnemididae* – 50 особей, или 25 %, а на долю особей семейства *Calopterygidae* пришлось 40 особей (20 %).

Таким образом, наши исследования показали, что ядро одонатофауны в обследованных районах г. Бреста составляют представители семейств *Libellulidae*. На долю представителей остальных трех семейств приходится в сумме всего 14 %.

Проведя расчеты по индексу видового богатства Маргалефа [2, с. 33], можно сделать выводы об обогащенности или бедности биотопов (рисунок 1). Так, в 3-м биотопе индекс имеет самое высокое значение – 3,07, в то время как самое низкое значение имеет 11-е сообщество, где этот показатель равен 0.

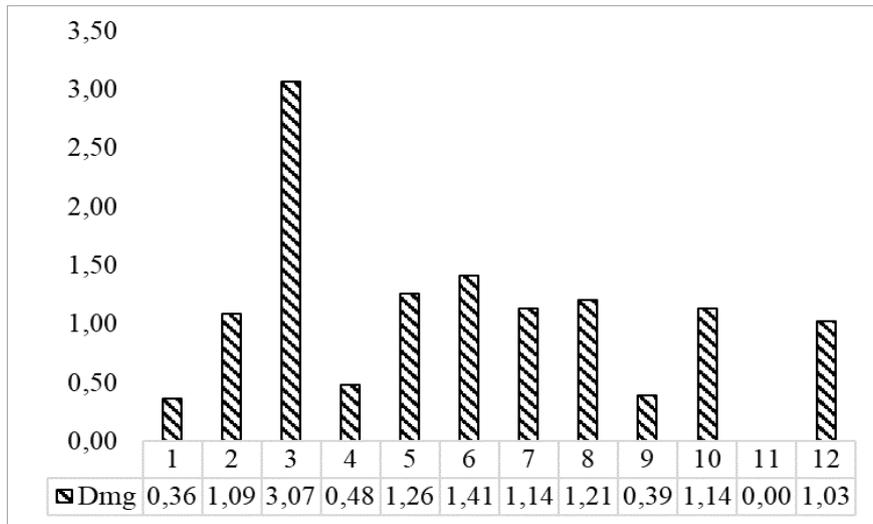


Рисунок 1 – Индекс видового разнообразия Маргалефа

Для оценки экологической структуры одонатофауны все обнаруженные виды были разделены по типу мест развития нимф на три группы: стагнобионты, реофилы и эврибионты. Самой многочисленной является группа стагнобионтов, в которую вошли 13 видов, что составило 68,4 % (рисунок 2).

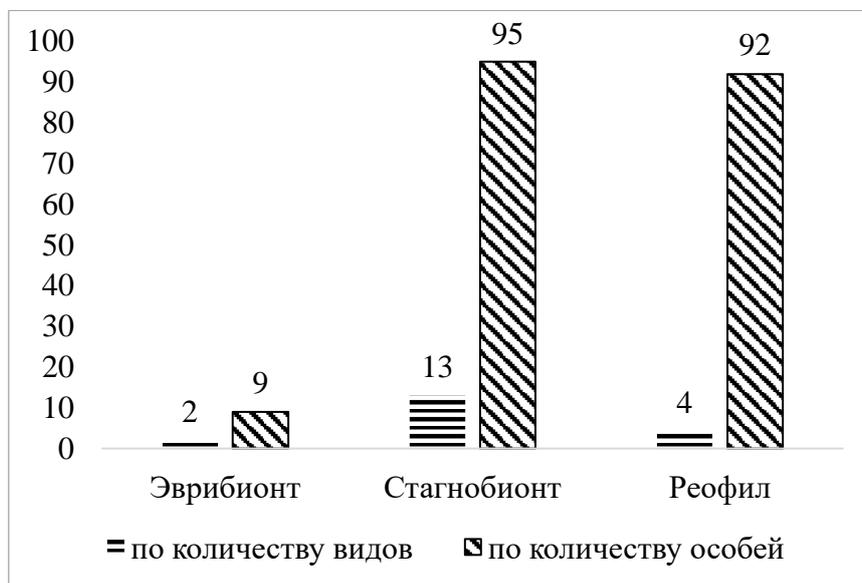


Рисунок 2 – Экологическая характеристика одонатофауны

Таким образом, одонатофауна, заселяющая г. Брест и его окрестности, в основном состоит из стагнобионтов (по числу видов).

Для ареалогического анализа одонатофауны г. Бреста была использована схема зоогеографического районирования Палеарктики Емельянова. При проведении ареалогического анализа рассматривались только широтная и долготная составляющие ареала. Согласно этой схеме, по широтному простираению можно выделить пять видов ареалов, а по долготному – три (таблица 1).

Таблица 1 – Типы ареалов стрекоз г. Бреста

Тип ареала по широте	Тип ареала по долготе			
	Транспале-арктический	Суператлантиче-ский	Западнопале-арктический	Количе-ство видов
Субарктическо-атлантический	<i>I. elegans</i>			1
Бореально-тропический		<i>A. imperator</i>		1
Эвбореально-субборе-альный (температный)	<i>S. vulgatum</i>	<i>C. erythraea</i> <i>O. brunneum</i>	<i>Ae. isosceles</i> <i>L. dubia</i>	5
Суббореальный		<i>S. pedemontanum</i>		1
Суббореально-субтропический (южный)	<i>Ae. mixta</i> <i>S. paedisca</i>	<i>C. splendens</i> <i>C. viridis</i> <i>S. meridionale</i>	<i>E. viridulum</i> <i>I. pumilio</i> <i>L. virens</i> <i>O. cancellatum</i> <i>P. pennipes</i> <i>S. sanguineum</i>	11
Количество видов	4	7	8	19

По долготной протяженности западно-палеарктический тип ареала содержит максимальное количество видов – 8 (42,1 %). Самой многочисленной группой в широтном направлении является южный тип, который включает в себя 11 видов (57,9 %). Таким образом, одонатофауна г. Бреста представлена южным типом ареалов в меридиональном направлении, а также западно-палеарктическим типом по долготной протяженности.

Анализ бета-разнообразия представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Показатели бета-разнообразия одонатофауны

Коэффициент Серенсена – Чекановского	Индекс видового сходства Жаккара											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	0,40	0,18	0,33	0,40	0,40	0,50	0,20	0,33	0,50	0,50	<b>0,67</b>
2	0,57	1	0,23	0,40	<b>0,67</b>	0,43	0,50	0,29	0,40	<b>0,80</b>	0,20	0,33
3	0,31	0,38	1	0,08	0,23	0,23	0,15	0,15	0,08	0,15	0,09	0,17
4	0,50	0,57	0,15	1	0,17	0,17	0,20	0,20	0,33	0,50	0,00	0,25
5	0,57	<b>0,80</b>	0,38	0,29	1	0,43	<b>0,50</b>	0,13	0,17	0,50	0,20	0,33
6	0,57	0,60	0,38	0,29	0,60	1	0,29	0,13	0,17	0,29	0,20	0,33
7	0,67	0,67	0,27	0,33	<b>0,67</b>	0,44	1	0,14	0,20	<b>0,60</b>	0,25	0,40
8	0,33	0,44	0,13	0,33	0,22	0,22	0,25	1	<b>0,50</b>	0,33	0,25	0,17
9	0,50	0,57	0,15	0,50	0,29	0,29	0,33	<b>0,67</b>	1	0,50	0,50	0,25
10	0,67	<b>0,89</b>	0,27	0,67	0,67	0,44	<b>0,75</b>	0,50	0,67	1	0,25	0,40
11	0,67	0,33	0,17	0,00	0,33	0,33	0,40	0,40	0,67	0,40	1	0,33
12	<b>0,80</b>	0,50	0,29	0,40	0,50	0,50	0,57	0,29	0,40	0,57	0,50	1

Этот анализ показал, что наблюдается сильное сходство в составе видов между сообществами 5 и 2. Сходные индексы также наблюдаются между сообществами 10 и 2, 10 и 7, 12 и 1 и 5 и 7 (таблица 2).

Дендрограмма, построенная на основе видового сходства сообществ, указывает на возможность выделения среди всех обнаруженных видов стрекоз трех кластеров (рисунок 3).

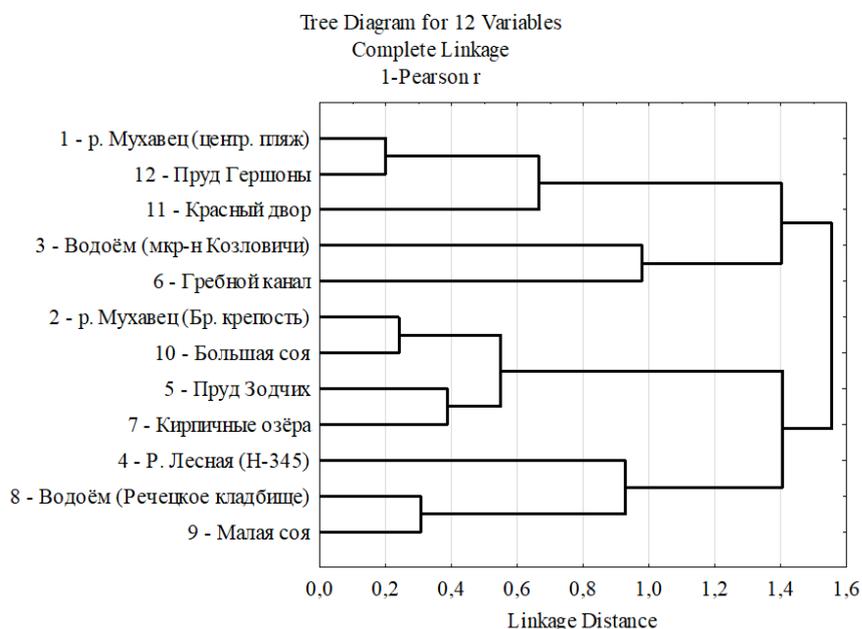


Рисунок 3 – Дендрограмма кластерного анализа одонатофауны

В результате выполнения двухлетних исследований можно сделать следующие выводы:

1. Ядро одонатофауны г. Бреста составляют представители семейств Libellulidae.
2. Одонатофауна представлена преимущественно стагнобионтами.
3. Фауна стрекоз представлена южным типом ареалов в меридиональном направлении, а также западно-палеарктическим типом.
4. Анализ бета-разнообразия показал высокую степень сходства между сообществами 5 и 2. Сходные индексы также наблюдаются между сообществами 10 и 2, 10 и 7, 12 и 1 и 5 и 7.
5. Кластерный анализ демонстрирует, что происходит деление на три кластера. В первый кластер входят сообщества 1, 12, 11, 3 и 6. Второй кластер образуют сообщества 2, 10, 5 и 7. Третий кластер формируется из сообществ 4, 8 и 9.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Шитиков, В. К. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации / В. К. Шитиков, Г. С. Розенберг, Т. Д. Зинченко. – Тольятти : ИЭВБ РАН, 2003. – 463 с.
2. Гришанов, Г. В. Методы изучения и оценки биологического разнообразия : учеб. пособие / Г. В. Гришанов, Ю. Н. Гришанова. – Калининград : Рос. ун-т им. И. Канта, 2010. – 58 с.

УДК 581.32

**Е. А. СОВЕНОК**

Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

Научный руководитель – Н. В. Шкуратова, канд. биол. наук, доцент

### **ТАКСОНОМИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА БРИОФИТОВ В КОЛЛЕКЦИИ КАФЕДРЫ БОТАНИКИ И ЭКОЛОГИИ БРГУ ИМЕНИ А. С. ПУШКИНА**

Ботанические коллекции представляют постоянную, полную и объективную информацию о разнообразии объектов мира растений. Они являются инструментом и основой систематических, флористических и геоботанических исследований, а также важнейшим ресурсом для исследований в лесоводстве, агрономии, сельском хозяйстве и т. п. [1].

В образовательном процессе ботанические коллекции представляют собой уникальные наглядные пособия, без которых невозможно усвоение знаний обучающимися по морфологии, экологии растений, многообразию растительного мира, а также реализации принципа наглядности [2].

Целью данного исследования стал анализ таксономического состава бриофитов коллекции кафедры ботаники и экологии БрГУ имени А. С. Пушкина.

За период существования кафедры ботаники и экологии БрГУ имени А. С. Пушкина накопился значительный материал, посвященный мохообразным, в том числе гербарные листы, коллекции, собранные и подготовленные преподавателями и студентами в период учебных практик, а также при выполнении курсовых и дипломных работ. Бриологические материалы получены в результате сборов на территории Брестского, Малоритского, Каменецкого, Пружанского районов Брестской области.

При таксономической оценке бриофитов руководствовались классификацией, приведенной в издании «Флора Беларуси. Мохообразные» (2004–2009) [3; 4].

В гербарных материалах бриологической коллекции кафедры ботаники и экологии представлены образцы, принадлежащие двум классам – *Marchantiopsida* и *Bryopsida*.

Класс *Marchantiopsida* представлен одним космополитным видом *Marchantia polymorpha* L., который имеет вегетативное тело в виде слоевища.

Класс *Bryopsida* репрезентуют в коллекции представители двух подклассов *Sphagnidae* и *Bryidae*.

На подкласс *Sphagnidae* приходится 15,5 % видов коллекции рода *Sphagnum* L., относящихся к четырем секциям (*Sphagnum*, *Rigida*, *Squarrosa*, *Acutifolia*).

Из секции *Sphagnum* представлены широко распространенные на территории Беларуси виды – *Sphagnum magellanicum* Brid., *Sphagnum palustre* L. и *Sphagnum centrale* C. E. G. Jensen.; в секции *Rigida* во флоре Беларуси представлен характерный для Полесья вид *Sphagnum compactum* D. C.; из состава секции *Squarrosa* – типовой вид *Sphagnum squarrosum* Crome., секция *Acutifolia* представлена видами *Sphagnum girgensohnii* Russow и *Sphagnum capillifolium* (Ehrh.) Hedw., которые встречаются повсеместно. Количество сфагновых мхов коллекции составляет 19,4 % от общего числа видов рода *Sphagnum*, произрастающих в Беларуси.

К подклассу *Bryidae* относится 82,2 % от общего числа видов в коллекции. Зеленых мхов насчитывается 37 видов, являющихся представителями 25 родов, 16 семейств, 8 порядков.

В коллекции представлены 57 % порядков зеленых мхов, приводимых для флоры Беларуси. В видовом отношении наиболее многочисленны порядки *Dicranales* H. Philib. ex M. Fleisch. (8 видов), *Hypnales* Dumort. (8 видов), *Bryales* Limpr. (8 видов), *Grimmiales* M. Fleisch. (5 видов). По количеству семейств лидирует порядок *Hypnales* Dumort. (4 семейства), *Dicranales* H. Philib. ex M. Fleisch. (3 семейства). Порядки *Pottiales* Fleisch., *Bryales* Limpr., *Leucodontales* Scimp. включают по два семейства. По одному семейству включают порядки *Polytrichales* Fleisch., *Funariales* Fleisch., *Grimmiales* M. Fleisch.

Наиболее репрезентативны в коллекции семейства *Dicranaceae* Schimp. И *Bryaceae* Schwaegr. В семействе *Dicranaceae* Schimp. представлены шесть видов, относящиеся к трем родам – *Paraleucobryum* (Lindb.) Loeske, *Dicranum* Hedw., *Orthodicranum* Loeske). Семейство *Bryaceae* Schwaegr. в коллекции включает пять видов, относящихся к трем родам (*Pohlia* Hedw., *Bryum* Heddw., *Rhodobryum* (Scimp) Limpr.).

Наибольшим видовым разнообразием в коллекции представлен род *Dicranum* Hedw. (4 вида), однако это составляет только 44 % от общего количества видов указанного рода во флоре Беларуси. Роды зеленых мхов, являющиеся во флоре Беларуси монотипными, такие как *Ptilium* De. Not., *Pleurozium* Mitt., *Hylocomium* Schip. in B.S.G., *Climacium* Web. et Mohr., *Abietinella* C. Muell., *Hedwigia* P. Beauv., *Funaria* Hedw., представлены в изученной коллекции.

Таким образом, таксономический анализ гербарных материалов бриофитов коллекции кафедры ботаники и экологии БрГУ имени А. С. Пушкина выявил 45 видов мохообразных, относящихся к 27 родам, 18 семействам, 10 порядкам из подклассов *Marchantiidae*, *Sphagnidae*, *Bryidae*. На подкласс *Bryidae* приходится 82,2 % от общего числа видов коллекции, т. е. акцент фонда бриологического гербария сделан на зеленых мхах, распространенных преимущественно в сосновых сообществах, являющихся основной лесной формацией как Брестского региона, так и Беларуси в целом.

В перспективе представляется необходимым расширение географии сборов и увеличение спектра растительных сообществ для изучения бриофитов Брестской области.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. О проекте [Электронный ресурс] // Ботанические коллекции. – Режим доступа: <http://hbc.bas-net.by/bcb/>. – Дата доступа: 19.03.2024.
2. Шкуратова, Н. В. Роль ботанических коллекций Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина в образовательном процессе / Н. В. Шкуратова // Ботанические коллекции Беларуси: сохранность, использование и перспективы развития гербариев : материалы I Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 20–23 сент. 2022 г. / Нац. акад. наук Беларуси / редкол.: В. И. Парфенов [и др.]. – Минск : ИВЦ Минфина, 2022. – С. 232–234.
3. Флора Беларуси. Мохообразные. В 2 т. Т. 1. *Andreaeopsida* – *Bryopsida* / Г. Ф. Рыковский, О. М. Масловский ; под ред. В. И. Парфенова. – Минск : Тэхналогія, 2004. – 437 с.
4. Флора Беларуси. Мохообразные В 2 т. Т. 2. *Hepaticopsida* – *Sphagnopsida* / Г. Ф. Рыковский, О. М. Масловский ; под ред. В. И. Парфенова. – Минск : Беларуская навука, 2009. – 213 с.

УДК 581.821

**А. И. СТАНИСЛАВЕЦ**

Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

Научный руководитель – С. Э. Кароза, канд. биол. наук, доцент

**АНАЛИЗ МЕТАЛЛОПРОТЕКТОРНОЙ АКТИВНОСТИ КОНЬЮГАТА  
24-ЭПИКАСТАСТЕРОНА С ЯНТАРНОЙ КИСЛОТОЙ НА ПРИМЕРЕ  
ОВСА ПОСЕВНОГО (*AVENA SATIVA* L.)**

Овес посевной является ценной сельскохозяйственной культурой из семейства злаковых, которая возделывается повсеместно [1]. Районированные в Республике Беларусь сорта овса дают высококачественное сырье для переработки на пищевые продукты и производство полноценных комбикормов для птицы и молодняка скота. В его зерне содержится достаточно много белка (до 18 %) и жира (до 7 %). Высокое содержание клетчатки и малое количество пленок делают его ценным и экономически выгодным продуктом [2]. Несмотря на устойчивость овса ко многим неблагоприятным факторам, эта культура достаточно чувствительна к негативному влиянию потенциально токсичных элементов (тяжелых металлов), которые прежде всего подавляют рост корневой системы. К одним из наиболее опасных тяжелых металлов относится свинец, вызывающий гибель зоны роста корней, гибель, увядание и хлороз листьев и в итоге – гибель растений. Для частичной нейтрализации этого влияния можно использовать brassinosteroids, являющиеся стрессовыми адаптогенами [3]. К ним относится и эпикастастерон, металлопротекторная активность которого исследована на многих культурах, в том числе и в БрГУ имени А. С. Пушкина на овсе посевном [4]. Сейчас синтезирован его конъюгат с янтарной кислотой, также обладающей биологической активностью, и его металлопротекторная активность требует изучения.

Цель – определить концентрации растворов тетрасукцината 24-эпикастастерона (далее – ТС) с наиболее выраженной металлопротекторной активностью по отношению к ионам свинца на примере овса посевного.

Материал для исследования – овес посевной (*Avena sativa* L.) среднеспелого низкопленчатого сорта Лидия, включенного в госреестр сортов еще в 2011 г. и районированного для всех областей Республики Беларусь [5]. Предметом исследования являлся анализ влияния на его всхожесть, рост и развитие растворов ТС в спектре концентраций от  $10^{-8}$  до  $10^{-10}$  М на фоне действия раствора  $Pb(NO_3)_2$  в подобранной в более ранних исследованиях концентрации  $10^{-3}$  М. Проращивание овса производили рулонным методом в условиях, соответствующих СТБ 1073-97. Статистическую обработку проводили по П. Ф. Рокицкому с использованием программы Microsoft Excel [5].

В проведенных нами ранее исследованиях были установлены концентрации тетрасукцината 24-эпикастастерона, проявившие максимальную положительную рострегулирующую активность на овсе посевном сорта Лидия. В этом исследовании мы оценивали влияние ТС на фоне действия раствора  $Pb(NO_3)_2$ .

Ионы свинца достоверно снизили энергию прорастания с 43,3 % в водном контроле до 14,5 %. Раствор ТС в концентрации  $10^{-9}$  М повысил ее до 26,0 %, а в дозе  $10^{-8}$  М – до 84,0 %, что превышало даже показатели контроля без использования металла. Раствор в концентрации  $10^{-10}$  М, вопреки ожиданиям, уменьшил ее до 9,5 %, но полученная разница с металлом не была достоверной ни в одном варианте из-за четырехкратной повторности эксперимента (рисунок 1).

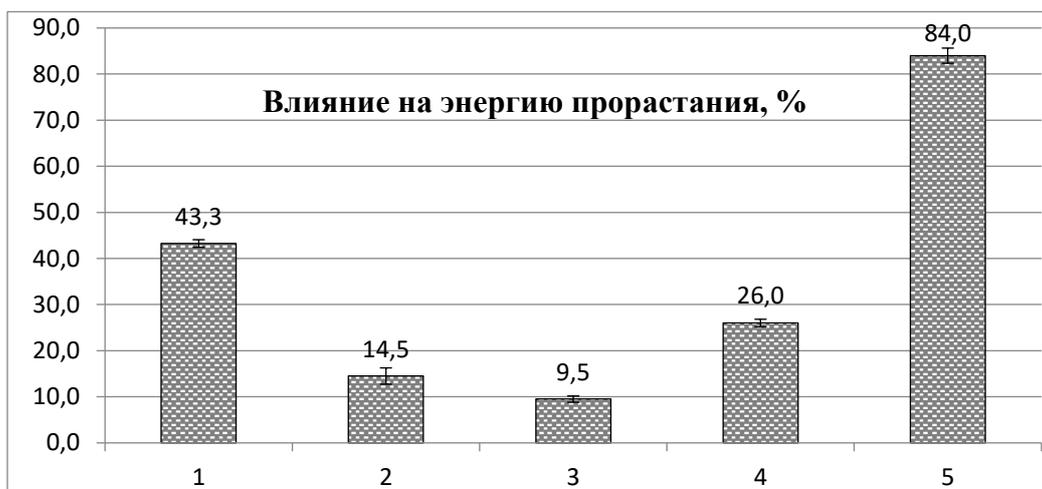


Рисунок 1 – Совместное влияние растворов ТС и  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  на энергию прорастания овса посевного сорта Лидия, %: 1 – контроль вода, 2 – контроль  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ , 3, 4, 5 – растворы ТС с концентрациями  $10^{-10}$ ,  $10^{-9}$  и  $10^{-8}$  М соответственно

На высоту проростков раствор  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  повлиял слабее, но также достоверно уменьшил ее до 90,0 мм, тогда как в контроле она была 107,4 мм. Растворы ТС при возрастании концентрации во всех вариантах достоверно по сравнению с вариантом только с металлом увеличивали ее до 107,7, 109,2 и 112,8 % соответственно, что даже превышало значение контроля с водой (рисунок 2).



Рисунок 2 – Совместное влияние растворов ТС и  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  на высоту проростка овса посевного сорта Лидия, мм: 1 – контроль вода, 2 – контроль  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ , 3, 4, 5 – растворы ТС с концентрациями  $10^{-10}$ ,  $10^{-9}$  и  $10^{-8}$  М соответственно

Но массу проростка ионы свинца уменьшили очень незначительно, и достоверных отличий от контроля с водой не наблюдалось: 0,79 г при проращивании в воде и 0,77 – в растворе  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ . Растворы ТС при увеличении дозы действующего вещества увеличивали и массу проростков от 0,83 до 0,89 и 0,92 г соответственно, но достоверные

отличия от контроля с раствором  $Pb(NO_3)_2$  были только в двух последних вариантах. Таким образом, ионы свинца в данной концентрации на надземную часть овса действовали сравнительно слабо, и растворы ТС в двух дозах нивелировали это влияние.

Вопреки ожиданиям, действие нитрата свинца на корневую систему также оказалось выражено достаточно слабо. Мы наблюдали недостоверное подавление длины корешков с 32,63 до 31,30 мм. Растворы ТС в концентрациях  $10^{-10}$  и  $10^{-9}$  М достоверно увеличивали ее до 36,33 и 37,26 мм соответственно, а при использовании дозы  $10^{-8}$  М происходило недостоверное снижение этого показателя до 30,12 мм. Влияние на массу корней несколько отличалось от влияния на их длину. Ионы свинца снизили ее с 0,13 до 0,12 г, но при этом разница с контролем была достоверной. Во всех вариантах наблюдалось увеличение массы корешков, причем максимальное при использовании раствора ТС в концентрации  $10^{-10}$  М (0,16 г), хотя и доза в  $10^{-9}$  М также давала достоверное повышение показателя до 0,14 г. При использовании максимальной концентрации  $10^{-8}$  М также фиксировали увеличение массы, но по сравнению с действием только металла оно было недостоверным. В экспериментах на других культурах также была отмечена металлопротекторная активность конъюгатов 24-эпикастастерона в отношении ионов свинца, но выраженная в разной степени для различных показателей [7; 8].

Проведенные нами исследования позволяют прийти к выводу, что что тетрасукцинат 24-эпикастастерона обладает металлопротекторной активностью в отношении ионов свинца, но проявляющейся по-разному в отношении энергии прорастания, всхожести и морфометрических показателей. Наиболее ярко она проявилась при анализе энергии прорастания и менее четко – в отношении влияния на размеры и массу проростков и корней, что связано, вероятно, со сравнительно низкой используемой дозой  $Pb(NO_3)_2$ .

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Овес посевной [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Овёс\\_посевной#Ботаническое\\_описание](https://ru.wikipedia.org/wiki/Овёс_посевной#Ботаническое_описание). – Дата доступа: 23.03.2024.
2. Овес [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://agriculture.by/articles/rastenievodstvo/zernovye-novinki-belorusskoj-selekcii>. – Дата доступа: 23.03.2024.
3. Хрипач, В. А. Брассиностероиды / В. А. Хрипач, Ф. А. Лахвич, В. Н. Жабинский. – Минск : Наука и техника, 1993. – 287 с.
4. Биологическая активность брассиностероидов и стероидных гликозидов / С. Э. Кароза [и др.] ; под общ. ред. С. Э. Карозы ; Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина. – Брест : БрГУ, 2020. – 260 с.
5. Государственный реестр сортов [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа: [https://www.sorttest.by/gosudarstvennyu\\_reyestr\\_2020.pdf](https://www.sorttest.by/gosudarstvennyu_reyestr_2020.pdf). – Дата доступа: 03.02.2022.
6. Рокицкий, П. Ф. Биологическая статистика / П. Ф. Рокицкий. – Минск : Ураджай, 1973. – 320 с.
7. Артемук, Е. Г. Рострегулирующее и антистрессовое действие эпикастастерона и его конъюгатов с кислотами на *Trifolium pratense* L. в условиях влияния ионов свинца / Е. Г. Артемук // Весн. Брэсц. ун-та. Сер. 5, Біялогія. Навукі аб зямлі. – 2023. – № 1. – С. 5–15.
8. Коваленко, В. В. Протекторная активность 24-эпикастастерона и тетраиндолил-ацетата 24-эпикастастерона в отношении токсического действия ионов свинца на культуре тимфеевки луговой (*Phleum pratense* L.) / В. В. Коваленко // Весн. Брэсц. ун-та. Сер. 5, Біялогія. Навукі аб зямлі. – 2023. – № 1. – С. 31–40.

УДК 634.73:633.88(476.7)

### **А. В. ТРЕТЬЯКОВА**

Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

Научный руководитель – М. В. Левковская, старший преподаватель

## **ХАРАКТЕРИСТИКА *VACCINIUM MYRTILLUS* L. В ОКРЕСТНОСТЯХ АГРОГОРОДКА ЛЕСНАЯ БАРАНОВИЧСКОГО РАЙОНА**

В лесах Беларуси сосредоточены значительные ресурсы дикорастущих ягодных растений, прежде всего черники обыкновенной (*Vaccinium myrtillus* L.), голубики топяной (*Vaccinium uliginosum* L.) и брусники обыкновенной (*Vaccinium vitis-idaea* L.), которые имеют важное пищевое, лекарственное и кормовое значение, играют важную роль в формировании и поддержании биологической устойчивости лесных фитоценозов и др. [1].

Цель нашей работы – описать ценопопуляции черники (*Vaccinium myrtillus* L.) в лесных фитоценозах окрестностей аг. Лесная Барановичского района.

На протяжении вегетационного периода 2022 г. маршрутным методом в лесных фитоценозах в окрестностях аг. Лесная Барановичского района установлены восемь мест произрастания черники. Для составления геоботанических описаний были проведены исследования на восьми пробных площадях (далее – ПП), где заложены 59 учетных площадок (далее – УП) размером 1 × 1 м (1–3 ПП), 2 × 2 м (4–8 ПП) [2–4].

Черника (*Vaccinium myrtillus* L.) – тенелюбивый кустарничек, высотой 15–50 см, с ребристыми побегами, мелкопильчатыми, яйцевидными или продолговатыми кожистыми листьями. Венчик шаровидно-кувшинчатый, зеленовато-белый, с розовым оттенком. По отношению к влажности почвы черника является мезофитом, по отношению к плодородию почвы – олиготроф [4–6].

Общая площадь обнаруженных восьми зарослей черники в чистых сосновых насаждениях (состав 10С) в окрестностях аг. Лесная Барановичского района составила 2885 м<sup>2</sup>. Детальные исследования ценопопуляций проводили в период цветения, плодоношения *Vaccinium myrtillus*, жизненность растений – 3а, 3б.

Размеры первой описанной ценопопуляции черники равны 13 × 11 м (143 м<sup>2</sup>), второй – 10 × 11 м (110 м<sup>2</sup>), третьей – 12 × 9 м (108 м<sup>2</sup>). На пробной площади 1 средняя высота *Pinus sylvestris* равна 19,1 м, средний диаметр – 23,5 см. В состав подроста входит *Pinus sylvestris*, *Betula pendula*, средняя высота которых составляет 0,4 м и 2 м, единично *Populus nigra* – 0,5 м. Подлесок из *Juniperus communis*, *Frangula alnus* довольно редкий. Сопутствующими видами черники в живом напочвенном покрове являются *Vaccinium vitis-idaea*, *Calluna vulgaris*, *Convallaria majalis*, *Melampyrum sylvaticum*. В составе мохово-лишайникового яруса на всех пробных площадях доминирует *Pleurozium schreberi*. Средняя высота растений *Vaccinium myrtillus* на исследованном участке составила 18,87 ± 0,35 см, средняя плотность – 29,33 ± 3,86 экз./м<sup>2</sup>.

Средняя высота древостоя сосны обыкновенной на пробных площадях 2 и 3 равна 20 м и 20,6 м, средний диаметр – 19,2 см и 27,1 см. В составе подроста преобладают *Pinus sylvestris*, *Betula pendula*, на ПП 2 зарегистрирована также *Tilia cordata*, а в пределах ПП 3 – *Quercus robur*. Подлесок образован *Frangula alnus*, *Juniperus communis* средней высотой 0,6 м (ПП 2), *Juniperus communis*, *Sorbus aucuparia* – 1 м (ПП 3). В травяно-кустарничковом ярусе к типичным видам можно отнести *Vaccinium vitis-idaea*, *Calluna vulgaris*, *Polygonatum odoratum*, *Peucedanum oreoselinum*, *Festuca ovina*. В пределах

пробной площади 2 средняя высота объекта исследования на учетных площадках изменяется от 17,57 до 28,21 см, пробной площади 3 – от 15,24 до 30,82 см; средняя плотность равна  $33,6 \pm 2,97$  экз./м<sup>2</sup> и  $28,0 \pm 3,57$  экз./м<sup>2</sup> соответственно.

Сосна обыкновенная имеет среднюю высоту на пробной площади 4 (432 м<sup>2</sup>) и пробной площади 5 (572 м<sup>2</sup>) 20 м и 19,9 м. Подрост представлен *Pinus sylvestris*, *Betula pendula*. Подлесок средней высотой 0,9 м образован *Juniperus communis*, *Pyrus communis* (ПП 4), *Juniperus communis* (ПП 5). В травяно-кустарничковом ярусе доминируют *Calluna vulgaris*, *Festuca ovina*, *Convallaria majalis* (ПП 4), *Vaccinium vitis-idaea*, *Festuca ovina* (ПП 5). Высота *Vaccinium myrtillus* на исследованных участках составила  $26,3 \pm 1,24$  см и  $27,81 \pm 0,49$  см, плотность –  $23,25 \pm 1,27$  экз./м<sup>2</sup> и  $30,29 \pm 3,28$  экз./м<sup>2</sup>.

Размеры самой крупной из описанных ценопопуляций черники 31 × 23 м. Средняя высота древостоя *Pinus sylvestris* – 20 м, средний диаметр – 32,4 см. На пробной площади 6 средняя высота подроста *Pinus sylvestris* – 0,7 м, *Betula pendula* – 1,1 м, *Tilia cordata* – 0,7 м, а *Juniperus communis* в подлеске – 1 м. Площадь заросли *Vaccinium myrtillus* – 713 м<sup>2</sup>, средняя высота равна  $29,29 \pm 0,44$  см, плотность растений в пределах учетных площадок варьирует от 18 до 48 экз./м<sup>2</sup>, средняя плотность –  $33,31 \pm 3,9$  экз./м<sup>2</sup>.

Площадь зарослей черники на пробной площади 7 – 450 м<sup>2</sup>, на пробной площади 8 – 357 м<sup>2</sup>. Древостой представлен *Pinus sylvestris* средней высотой 19,6 м и 20,1 м, средним диаметром 28 см и 25,6 см соответственно. К подросту, кроме *Pinus sylvestris*, *Tilia cordata*, относится *Betula pendula* (ПП 7), *Acer platanoides*, *Picea abies* (ПП 8). В подлеске пробной площади 7 произрастает *Juniperus communis*, *Frangula alnus* средней высотой 0,7 м, пробной площади 8 – *Juniperus communis* средней высотой 1,1 м, *Sorbus aucuparia* – 0,4 м. Высокая частота встречаемости отмечена для следующих видов травяно-кустарничкового яруса: *Festuca ovina*, *Vaccinium vitis-idaea*, а также *Calluna vulgaris* (ПП 7), *Convallaria majalis*, *Fragaria vesca* (ПП 8). Средняя высота черники исследованных популяций равна  $27,61 \pm 0,97$  см и  $28,47 \pm 0,64$  см, средняя плотность ценопопуляций составила  $31,38 \pm 3,1$  экз./м<sup>2</sup> и  $26,25 \pm 2,97$  экз./м<sup>2</sup>.

Таким образом, в средневозрастных сосновых насаждениях в окрестностях аг. Лесная Барановичского района описаны восемь ценопопуляций черники (*Vaccinium myrtillus*) общей площадью 2885 м<sup>2</sup>. Средняя плотность растений черники в пределах пробных площадей изменяется от  $23,25 \pm 1,27$  экз./м<sup>2</sup> до  $33,31 \pm 3,9$  экз./м<sup>2</sup>; средняя высота равна  $17,72 \pm 0,41$  см.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бордок, И. В. Полиморфность брусничных как показатель биологического разнообразия экосистем Беларуси / И. В. Бордок, И. В. Маховик, Т. Р. Моисеева // Природопользование и экологические риски : материалы науч.-практ. конф., Минск, 5 июня 2019 г. – Минск : БГТУ, 2019. – С. 123–128.
2. Лемеза, Н. А. Геоботаника. Учебная практика : учеб. пособие / Н. А. Лемеза, М. А. Джус. – Минск : БГУ, 2015. – 128 с.
3. Методы изучения лесных сообществ / Е. Н. Андреева [и др.]. – СПб. : НИИХимии СПбГУ, 2002. – 240 с.
4. Федорук, А. Т. Ботаническая география. Полевая практика / А. Т. Федорук. – Минск : БГУ, 1976. – 224 с.
5. Определитель высших растений Беларуси / под ред. В. И. Парфенова. – Минск : Дизайн ПРО, 1999. – 472 с.
6. Определитель растений Белоруссии / под ред. Б. К. Шишкина, М. П. Томина, М. Н. Гончарика. – Минск : Выш. шк., 1967. – 872 с.

УДК 628.01

### **Е. В. ЧИПУРНЫХ**

Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

Научный руководитель – И. Д. Лукьянчик, канд. с.-х. наук, доцент

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КАРБОНАТА КАЛЬЦИЯ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ФИТОТОКСИЧНОСТИ ПОЧВЫ ПОСЛЕ ВНЕСЕНИЯ ГАЛИТА**

Галит – каменная соль, минерал подкласса хлоридов, кристаллическая форма хлорида натрия. Галит широко применяется в промышленных целях. Его широкая популярность обусловлена наличием и высокой концентрацией в составе хлорида натрия. Использование галита особо актуально в гололед, так как принцип действия состава прост: соль растапливает снег и понижает температуру замерзания воды. При этом коммунальные хозяйства используют в качестве основного средства противодействия гололедице смесь галита с песком (смешанных в различных пропорциях), так называемую пескосмесь, так как песок, благодаря своим абразивным свойствам, обеспечивает сцепление со скользкой дорогой автомобильным шинам и обуви, а галит химически плавит лед.

Галит по химическим свойствам не является токсичным, так как это единственный минерал, который пригоден для употребления в пищу человеком. Однако использование галита в промышленных целях может привести к «засоленности» в окружающей среде. Засолка почв является мощным почвенно-экологическим фактором, снижающим урожайность всех видов сельскохозяйственных культур. Засоление одновременно оказывает также негативное влияние на сложное геологическое и биологическое круговоротное движение веществ, происходящее в почвенно-атмосферно-литосферной системе [1].

Чрезмерное засоление почвы вдвойне вредно для растений. Во-первых, повышенное содержание соли повышает осмотическое давление почвенного раствора и негативно влияет на скорость всасывания воды из корней. Растения с низким осмотическим давлением не могут впитывать воду из таких почв. Во-вторых, чрезмерное накопление растворимых в почве солей вредно влияет на растения. Соли, которые не оказывают негативного влияния на слабые концентрации, также накапливаются в клетках и становятся токсичными после того, как их концентрация высока [1].

Таким образом, поиск способов нейтрализации фитотоксичности галита, в том числе с помощью использования видов химических мелиорантов, является актуальным.

Цель – оценить эффективность использования карбоната кальция для снижения фитотоксичности почвы после внесения в нее галита в отношении прорастающих семян овса посевного *Avena sativa* L. сорта Лидия.

Объекты исследования – карбонат кальция, вносимый в почву, и почва, содержащая пескосмесь (NaCl + песок). Тест-объект – овес посевной (*Avena sativa* L.) сорта Лидия. Предмет исследования – мелиоративные свойства карбоната кальция в отношении засоленности почвы.

Материал исследования: почвогрунт «Богатый урожай. Гаспадар», пескосмесь (NaCl/песок = 3/7), используемая для посыпки дорог в г. Бресте (РУП автомобильных дорог «Бреставтодор»), карбонат кальция в виде мела, семена в количестве 90 штук (30 штук в трех повторностях) в каждом варианте опыта.

Исследования проводились на базе кафедры зоологии, генетики и химии Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина. Фитотестирование проводили в чашках Петри (площадь 0,007 м<sup>2</sup>), куда помещали по 20 г почвы. В зависимости от внесенных компонентов опытные образцы почвы были представлены следующими вариантами (в расчете на одну чашку Петри): 1) контроль (без добавок); 2) карбонат кальция (мел в виде порошка; 0,04 г); 3) пескосмесь (0,88 г); 4) комбинация «СаСО<sub>3</sub> + пескосмесь».

Опытные образцы почвы равномерно увлажняли, накрывали фильтровальной бумагой и размещали на нее по 30 семян овса. Повторность опытов – терхкратная. Семена проращивали в термостате при температуре 23 ± 0,2° С.

Критерии оценки биологической активности – лабораторная всхожесть семян (согласно СТБ 1073-97) [2], длина зародышевых корешков, их сухая масса, процент отклонения от контроля. Статистическая обработка результатов проводилась в программе Microsoft Office Excel.

Результаты исследований представлены в таблице и на рисунке.

Таблица – Влияние внесения в почву пескосмеси, мелиоранта и их комбинации на параметры прорастания в лабораторных условиях семян овса полевого сорта Лидия

Критерии оценки		Контроль	Опыт 1 (пескосмесь)	Опыт 2 (СаСО <sub>3</sub> )	Опыт 3 (СаСО <sub>3</sub> + пес- космесь)
Всхо- жесть,	X ср. ± m, %	90,00 ± 5,77	81,66 ± 2,96**	92,00 ± 1,00	88,67 ± 4,67
	Откл. от контр, %	0	-8,34	+2,00	-1,33
Количество корешков в семени, X ср. ± m		3,05 ± 0,37	2,70 ± 0,43	2,95 ± 0,39	2,66 ± 0,42
Длина зародышевых корешков, X ср. ± m, мм		56,99 ± 9,43	27,57 ± 6,66*	53,18 ± 10,14	29,05 ± 5,88*
Сухая масса 100 зароды- шевых корешков, X ср. ± m, мг		48,80 ± 4,45	51,90 ± 3,00**	75,10 ± 3,66*	56,90 ± 4,23**

Примечание – \* – достоверно при уровне значимости  $p < 0,05$ ; \*\* – достоверно при уровне значимости  $p < 0,01$ .

Как видно из данных таблицы, добавление в почву пескосмеси негативно повлияло на процесс прорастания семян овса, что выражалось в снижении лабораторной всхожести на 8,34 %. В опытах 2 и 3, где использовался карбонат кальция, не установлено достоверных отличий в величинах всхожести по отношению к контролю. При этом следует отметить, что внесение СаСО<sub>3</sub> снижало фитотоксичность пескосмеси: всхожесть увеличивалась на 7,01 % по отношению к опыту 1.

Чувствительность зародышевых корешков к компонентам почвенных образцов оценивалась по количеству сформировавшихся придаточных корней в мочковатой корневой системе, длине корешков на 7-е сутки и их сухой массе. Результаты представлены в таблице, а диаграмма рисунка отражает степень отклонения от контроля данных показателей.

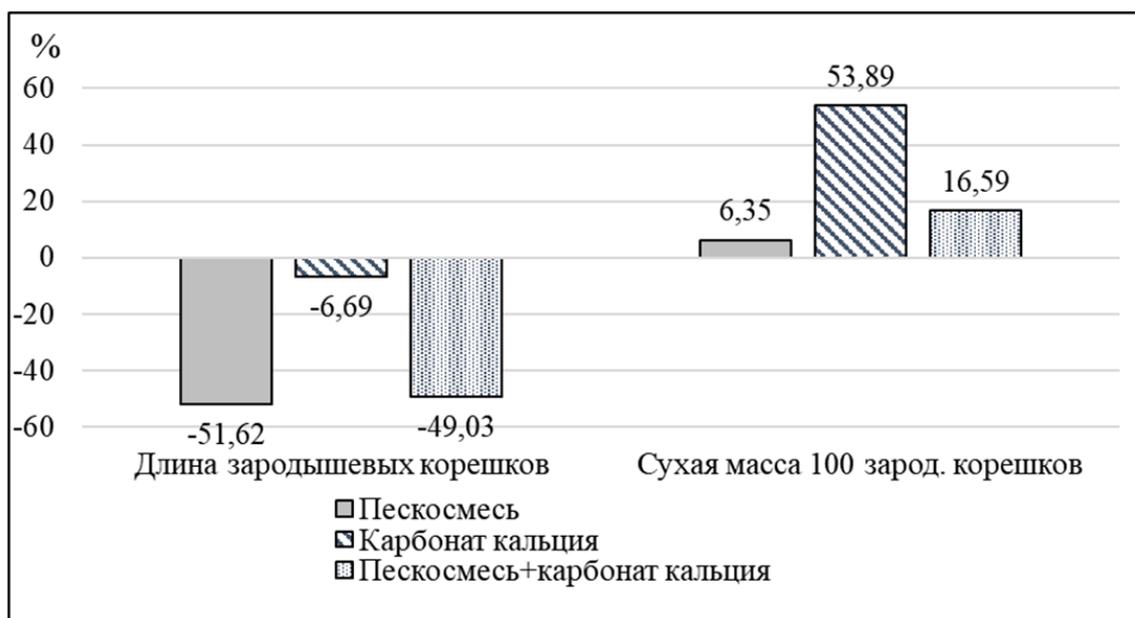


Рисунок – Отклонение от контроля значений длины (%) и массы (мг) зародышевых корешков в опытах с использованием пескосмеси, карбоната кальция и их комбинации

Как видно из данных, в среднем количество корешков по-прежнему мало отличалось от контроля (2,66–2,95 и 3,05 соответственно). Присутствие мелиоранта в почве не повлияло на рост корешков, так как их размер оставался на уровне контроля (–6,69%). На почве с пескосмесью рост замедлялся, и длина в результате на 7-е сутки была меньше контрольной на 51,62 % (опыт 1). Добавление в почву  $\text{CaCO}_3$  не снизило эффект фитотоксичности пескосмеси, и длина в опыте 3 осталась близкой по значению к опыту 1 (–49,3 % от контроля).

Анализ данных по накоплению сухой массы показал иную реакцию, что видно из рисунка. Так, масса 100 корешков в опыте 1 с использованием пескосмеси достоверно не отличалась от контроля, т. е. корешки были то короче, то крупнее. В опыте 2 с мелиорантом масса оказалась значительно выше контроля (+53,89 %), что указывало на интенсивное накопление клеточной массы корешками в присутствии  $\text{CaCO}_3$ . Также, как показали результаты опыта 3, добавление в среду с пескосмесью мелиоранта карбоната кальция позволило уменьшить негативное влияние засоленности на рост корешков (+ 16,59 по отношению к контролю и + 10,24 % – по отношению к опыту 1).

Таким образом, проведенные лабораторные исследования свидетельствовали о небольшой эффективности использования карбоната кальция для снижения фитотоксичности почвы после внесения в нее галита в отношении прорастающих семян овса посевного *Avena sativa* L. сорта Лидия.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Сатторова, М. М. Влияние засоления почв на экологическое состояние орошаемых земель и физиологические процессы, протекающие в растениях / М. М. Сатторова, Ф. А. Ганиева // Вестн. науки и образования. – 2020. – № 21-2 (99). – С. 127–129.

2. Семена зерновых культур. Сортовые и посевные качества. Технические условия : СТБ 1073-97. – Введ. 01.10.97. – Минск, 1986. – 18 с.

УДК 582.998.1

**А. И. ЯЦУШКЕВИЧ**

Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

Научный руководитель – Н. М. Матусевич, канд. биол. наук, доцент

**ВИДОВОЙ СОСТАВ СЕМЕЙСТВА *COMPOSITAE* GISEKE  
ОТДЕЛА АГРОБИОЛОГИИ**

Семейство Сложноцветные (*Compositae* Giseke) – одно из самых крупных по количеству видов семейств. Во флоре Беларуси насчитывают около 70 родов и 250 видов. Семейство включает разнообразные жизненные формы – от трав до деревьев. Среди них есть растения-космополиты (например, одуванчик), злостные сорняки полей (например, бодяки, осоты) и важнейшие технические и пищевые растения (например, подсолнечник и каучуконосные виды одуванчиков и козельца) [1].

Отдел агробиологии занимает территорию около 8 га и выполняет функции регионального ботанического сада. Состоит он из следующих структурных отделов: дендрарий, плодовый сад, овощной севооборот, коллекционный участок декоративно-цветочных растений, плодово-ягодный питомник, дендрологический питомник, закрытый грунт. Территория дендрария ограничена обводным каналом.

Целью исследования было установление видового состава семейства *Compositae* Giseke отдела агробиологии.

Результаты проведенной инвентаризации представителей семейства сложноцветных, произрастающих в отделе агробиологии, приведены в таблице.

Таблица – Состав семейства Сложноцветные отдела агробиологии [2; 3]

Род	Вид
<i>Achillea</i> L. – тысячелистник	<i>Achillea millefolium</i> L. s. str. – тысячелистник обыкновенный
<i>Anthemis</i> L. – пупавка	<i>Anthemis arvensis</i> L. – пупавка полевая
	<i>Anthemis ruthenica</i> Vieb. – пупавка русская
<i>Arctium</i> L. – лопух	<i>Arctium lappa</i> L. – лопух большой
	<i>Arctium minus</i> (Hill) Bernh. – лопух малый
	<i>Arctium tomentosum</i> Mill. – лопух войлочный
<i>Artemisia</i> L. – полынь	<i>Artemisia absinthium</i> L. – полынь горькая
	<i>Artemisia austriaca</i> Jacq. – полынь австрийская
	<i>Artemisia campestris</i> L. – полынь равнинная
	<i>Artemisia vulgaris</i> L. – полынь обыкновенная, чернобыльник
<i>Aster</i> L. – астра	<i>Aster novae-angliae</i> L. – астра новоанглийская
	<i>Aster salignus</i> Willd. – астра ивовая
<i>Bidens</i> L. – череда	<i>Bidens connata</i> Muehl. ex Willd. – череда сrostнолепестная
	<i>Bidens frondosa</i> L. – череда олиственная
	<i>Bidens tripartita</i> L. – череда трехраздельная
<i>Calendula</i> L. – календула	<i>Calendula officinalis</i> L. – календула лекарственная
<i>Callistephus</i> L. – калистефус	<i>Callistephus chinensis</i> (L.) Nees – калистефус китайский

## Продолжение таблицы

<i>Carduus</i> L. – чертополох	<i>Carduus acanthoides</i> L. – чертополох колючий
<i>Centaurea</i> L. – василек	<i>Centaurea cyanus</i> L. – василек синий
	<i>Centaurea jacea</i> L. – василек луговой
	<i>Centaurea rhenana</i> Boreau – василек Рейнский
<i>Chondrilla</i> L. – хондрилла	<i>Chondrilla juncea</i> L. – хондрилла ситниковидная
<i>Cichorium</i> L. – цикорий	<i>Cichorium intybus</i> L. – цикорий обыкновенный
<i>Cirsium</i> Hill – бодяк	<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop. – бодяк полевой
	<i>Cirsium vulgare</i> (Savi) Ten. – бодяк обыкновенный
<i>Conyza</i> Less. ( <i>Erigeron</i> L.) – мелколепестничек	<i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronq. – мелколепестничек канадский
	<i>Erigeron acris</i> L. – мелколепестничек едкий
<i>Cosmos</i> Cav. – космос	<i>Cosmos bipinnatus</i> Cav. – космос двунадрезный
<i>Crepis</i> L. – скерда	<i>Crepis tectorum</i> L. – скерда кровельная
<i>Cyclachaena</i> Fresen. – циклахена	<i>Cyclachaena xanthiifolia</i> (Nutt.) Fresen. – циклахена дурнишниковлистная
<i>Eupatorium</i> L. – посконник	<i>Eupatorium cannabinum</i> L. – посконник конопляный
<i>Gaillardia</i> Foug. – гайлардия	<i>Gaillardia pulchella</i> Foug. – гайлардия красивая
<i>Galinsoga</i> Ruiz et Pav. – галинзога	<i>Galinsoga ciliata</i> (Rafin.) Blake – галинзога реснитчатая
	<i>Galinsoga parviflora</i> Cav. – галинзога мелкоцветковая
<i>Gnaphalium</i> L. – сушеница	<i>Gnaphalium uliginosum</i> L. – сушеница топяная
<i>Helichrysum</i> Mill. – цмин	<i>Helichrysum arenarium</i> (L.) Moench – цмин песчаный
<i>Helianthus</i> L. – подсолнечник	<i>Helianthus annuus</i> L. – подсолнечник однолетний
	<i>Helianthus tuberosus</i> L. – подсолнечник клубненосный
<i>Hieracium</i> L. – ястребиночка	<i>Hieracium filifolium</i> Juxip – ястребиночка нитевиднолистная
	<i>Hieracium umbellatum</i> L. – ястребиночка зонтичная
	<i>Hieracium officinarium</i> F. W. Schultz & Sch. Bip – ястребиночка обыкновенная
	<i>Hieracium florentinum</i> All. – ястребиночка превысокая
<i>Hypochoeris</i> L. – гипохерис	<i>Hypochoeris radicata</i> L. – гипохерис укореняющийся
<i>Inula</i> L. – девясил	<i>Inula britannica</i> L. – девясил британский
<i>Lactuca</i> L. – латук	<i>Lactuca sativa</i> L. – латук посевной
	<i>Lactuca serriola</i> L. – латук дикий, латук компасный
	<i>Lactuca tatarica</i> (L.) С. А. Меу. – латук татарский
<i>Lapsana</i> L. – бородавник	<i>Lapsana communis</i> L. – бородавник обыкновенный
<i>Leontodon</i> L. – кульбаба	<i>Leontodon autumnalis</i> L. – кульбаба осенняя
	<i>Leontodon hispidus</i> L. – кульбаба щетинистая
<i>Lepidotheca</i> Nutt. – лепидотека	<i>Lepidotheca suaveolens</i> (Pursh) Nutt. – лепидотека пахучая
<i>Leucanthemum</i> Hill – нивяник	<i>Leucanthemum vulgare</i> Lam. – нивяник обыкновенный
<i>Mycelis</i> Cass. – мицелис	<i>Mycelis muralis</i> (L.) Dumort. – мицелис стеной
<i>Onopordum</i> L. – татарник	<i>Onopordum acanthium</i> L. – татарник колючий
<i>Phalacrologa</i> Cass. – тонколучник	<i>Phalacrologa annuum</i> (L.) Dumort. – тонколучник однолетний
<i>Ptarmica</i> Mill. – птармика	<i>Ptarmica salicifolia</i> (Bess.) Serg. – птармика иволистная
<i>Pyrethrum</i> Zinn – пиретрум	<i>Pyrethrum parthenium</i> (L.) Smith – пиретрум девичий

## Окончание таблицы

<i>Rudbeckia</i> L. – рудбекия	<i>Rudbeckia hirta</i> L. – рудбекия жестковолосистая
	<i>Rudbeckia laciniata</i> L. – рудбекия рассеченная, золотой шар
<i>Scorzonera</i> L. – козелец	<i>Scorzonera humilis</i> L. – козелец приземистый
<i>Senecio</i> L. – крестовник	<i>Senecio jacobaea</i> L. – крестовник Якова
	<i>Senecio vernalis</i> Waldst. et Kit. – крестовник весенний
	<i>Senecio viscosus</i> L. – крестовник клейкий
	<i>Senecio vulgaris</i> L. – крестовник обыкновенный
<i>Solidago</i> L. – золотарник	<i>Solidago canadensis</i> L. – золотарник канадский
	<i>Solidago virgaurea</i> L. – золотарник обыкновенный, золотая розга
<i>Sonchus</i> L. – осот	<i>Sonchus arvensis</i> L. – осот полевой
	<i>Sonchus asper</i> (L.) Hill – осот шероховатый
	<i>Sonchus oleraceus</i> L. – осот огородный
<i>Tagetes</i> L. – бархотка	<i>Tagetes patula</i> L. – бархотка развесистая
<i>Tanacetum</i> L. – пижма	<i>Tanacetum vulgare</i> L. – пижма обыкновенная
<i>Taraxacum</i> Wigg. – одуванчик	<i>Taraxacum officinale</i> Wigg. s. l. – одуванчик лекарственный
<i>Tragopogon</i> L. – козлобородник	<i>Tragopogon dubius</i> Scop. – козлобородник сомнительный
	<i>Tragopogon pratensis</i> L. – козлобородник луговой
<i>Tripleurospermum</i> Sch. Bip. – трехреберник	<i>Tripleurospermum inodorum</i> (L.) Sch. Bip. – трехреберник обыкновенный
<i>Tussilago</i> L. – мать-и-мачеха	<i>Tussilago farfara</i> L. – мать-и-мачеха обыкновенная
<i>Xanthium</i> L. – дурнишник	<i>Xanthium albinum</i> (Widd.) H. Scholz. – дурнишник альбинский

В результате проведенных исследований было установлено, что в отделе агробиологии произрастают 77 видов, относящихся к 48 родам. Самыми многочисленными являются роды *Artemisia* L., *Hieracium* L. и *Senecio* L.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Сапегин, Л. М. Ботаника. Систематика высших растений : учеб. пособие для вузов по биол. специальностям / Л. М. Сапегин. – Минск : Дизайн ПРО, 2004. – 248 с.
2. Парфенов, В. И. Определитель высших растений Беларуси / В. И. Парфенов. – Минск : Дизайн ПРО, 1999. – 472 с.
3. Краткий определитель высших растений : практикум / М-во образования Респ. Беларусь, Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина ; сост.: М. П. Жигар [и др.]. – Брест : БрГУ, 2022. – 191 с.