УДК 581.143.6: 631.436

ХАРАКТЕРИСТИКА ТОРФОВ ГОРНОГО АЛТАЯ И ИХ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ В КУЛЬТУРЕ ТКАНЕЙ РАСТЕНИЙ

© Л.И. Инишева^{1*}, О.А. Рожанская², Г.В. Ларина³

¹Томский государственный педагогический университет, ул. Киевская, 60, Томск, 634061 (Россия), e-mail: inisheva@mail.ru

²Сибирский научно-исследовательский институт кормов Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий РАН, а/я 276, п. Краснообск, Новосибирская область, 633501 (Россия), e-mail: olgarozhanska@yandex.ru

³Горно-Алтайский государственный университет, ул. Ленкина, 1, Республика Алтай, Горно-Алтайск, 649000 (Россия), e-mail: knh@gasu.ru

Поиск новых сырьевых ресурсов биологически активных веществ (БАВ) природного происхождения – актуальная задача в современный период. Торф в этом отношении – относительно дешевая и практически неограниченная сырьевая база. Огромный интерес на территории Горного Алтая представляют торфяные болота, торф которых может найти широкое применение в сельском хозяйстве для получения биостимуляторов, ростовых и биологически активных веществ. Цель данной работы – изучить состав органического вещества низинных торфов Горного Алтая, выбрать торфяное сырье для получения БАВ и исследовать их биологическую активность. Объектом исследования послужили 46 низинных болот Горного Алтая. В торфах были проведены следующие анализы: ботанический состав, степень разложения, зольность, групповой состав органического вещества торфов. Функциональный состав гуминовых кислот (ГК) анализировался методом ИК-спектроскопии. Для определения биологической активности ГК использовали культуру растительных тканей. Результаты исследований позволили из всех рассмотренных торфов по содержанию ГК выделить: торф вахтовый (47.0% ГК), древесный (50.0% ГК), папоротниковый (55.0% ГК), травяной (30.0–45.0% ГК), осоковый (5.6–58.0% ГК), травяно-вахтовый (43.0–56.5% ГК) и наметить сырьевую базу для производства БАВ – месторождение Турочак. По оптимальным характеристикам гуминовых кислот был отобран образец с глубины 325–375 см, выделена гуминовая кислота. В гуминовой кислоте определена биологическая активность с использованием культуры растительных тканей. Доказана высокая биологическая активность препаратов ГК торфов месторождения Турочак, которая проявилась в ускорении микрклонального размножения растений *in vitro*.

Ключевые слова: торф, Горный Алтай, гуминовые кислоты (ГК), биологическая активность, биологически активные вещества, торфяное месторождение, Турочак, тестирование, культура тканей растений.

В работе использовано оборудование ЦКП «Аналитический центр геохимии природных систем» Томского государственного университета. Работа выполнена при поддержке Минобрнауки (государственное задание ТГПУ № 5.7004.2017/БЧ и государственное задание ГАГУ №1216).

Введение

Поиск новых сырьевых ресурсов биологически активных веществ (БАВ) природного происхождения для разработки на их основе биологически активных препаратов различного назначения – важная задача в

Инишева Лидия Ивановна – профессор кафедры биологии растений и биохимии, главный научный сотрудник, член-корреспондент РАН, e-mail: inisheva@mail.ru

Рожанская Ольга Александровна – главный научный сотрудник, доктор биологических наук, e-mail: olgarozhanska@yandex.ru

Ларина Галина Васильевна – доцент, кандидат химических наук, e-mail: knh@gasu.ru

современный период. Торф в этом отношении – практически неограниченная сырьевая база для производства БАВ. Торфяные ресурсы признаны уникальным сырьевым источником органических веществ, нашедших применение в сельском хозяйстве и биотехнологии [1–4]. Современное растениеводство и селекция тесно связаны с культурой

* Автор, с которым следует вести переписку.

тканей *in vitro*, которая базируется на использовании фитогормонов, регулирующих рост и морфогенез растений на искусственных питательных средах [5, 6]. Методы биотехнологии обеспечивают не только ускоренное размножение и оздоровление растений, но и создание новых селекционно ценных форм [7], межродовых гибридов и гаплоидов [8, 9], развитие генноинженерных технологий [10–12]. Особую роль в производстве жизненно важных лекарств играет биосинтез вторичных метаболитов растений в культуре тканей *in vitro* [13, 14]. Все большее значение придается разработке технологий сохранения *in vitro* генетических коллекций ценных генотипов и биоразнообразия дикорастущих видов растений [15, 16]. Учитывая дороговизну эффективных синтетических фитогормонов (ауксинов, цитокининов и др.), входящих в состав питательных сред, актуальной задачей является поиск недорогих, экологически безопасных регуляторов роста растений из дешевого растительного сырья, в том числе торфа. Для использования в здравоохранении требуются новые биологически активные препараты, не содержащие антибиотиков и анаболических гормонов, и в этом отношении перспективны препараты из торфа [17]. Основным фактором, определяющим целесообразность использования отдельных видов торфа для получения препаратов, является наличие в них БАВ гуминовой и другой химической природы [18]. Однако спектр БАВ торфов достаточно широк и неоднороден по отдельным месторождениям и зависит от условий образования болота, глубины залегания торфов определенного ботанического состава и других факторов. Исследование химического состава торфов Горного Алтая и далее их биологической активности – важная составляющая биофармацевтического и сельскохозяйственного кластеров этой территории. Впервые были проведены исследования по химико-биологической активности торфов Горного Алтая с целью получения БАВ для сельского хозяйства. Цель исследований заключалась в изучении состава органического вещества низинных торфов Горного Алтая, выборе объекта с конкретной по качеству сырьевой базой и исследовании биологической активности с помощью растительных тест-объектов *in vitro*.

Экспериментальная часть

Объекты исследований. В течение 2007–2012 гг. был проведен анализ картографического материала и фотоснимков, обобщены результаты работ, отраженные в фондовых отчетах и публикациях. Далее на территории Северного, Центрального Алтая были проведены экспедиции по изучению торфяных болот с отбором образцов торфов через каждые 25 см в местах наибольшей глубины торфяной залежи торфяным буром ТБГ–1 и последующим их анализом. После проведения в отобранных торфах анализа группового состава органического вещества было выбрано наиболее перспективное для производства БАВ торфяное месторождение Турочак. Далее в исследованиях биологической активности использовался слой залежи на глубине 325–375 см как наиболее перспективное сырье для получения препаратов медицинского и сельскохозяйственного направления. Подробная характеристика месторождения Турочак приведена в [19]. Из торфа репрезентативного слоя торфяной залежи месторождения Турочак были выделены гуминовые кислоты (образец ГКалт), в которых провели тестирование на биологическую активность.

Методы исследования. В торфах были проведены следующие анализы: ботанический состав, степень разложения (ГОСТ 28245.2-89) [20], зольность (ГОСТ 11306-83) [21]. Групповой состав органического вещества торфов определен по методу Инсторфа [22]. Функциональный состав гуминовых кислот (ГК) анализировался методом ИК-спектроскопии. Регистрацию спектров ГК проводили на ИК-Фурье спектрометре «Nikolet 5700» с Raman модулем (корпорация «Thermo Electron», США) в таблетках с KBr при соотношении 1:300 соответственно в интервале значений частоты от 400 до 4000 см⁻¹ с компенсацией сигналов адсорбированной воды.

Для сравнительного анализа проведено тестирование стандартного образца ГК торфа 1S103H из США (ГКамер). Для определения биологической активности препаратов использовали культуру растительных тканей [23, 24]. В процессе микроклонального размножения экспланты стеблевых узлов растений-регенерантов ярового рапса (*Brassica napus* L.) и люцерны (*Medicago varia* Mart.) пассировали для развития побегов и укоренения на среды с минеральной основой Гамборга B5 [25] половинной концентрации (1/2B5, контроль). В экспериментальные среды перед автоклавированием добавляли изучаемые ГК в концентрации 1 мл/л. Ткани инкубировали в климакамере при температуре 21 °С, освещенности 2000 лк. В качестве тест-функций использовали показатели частоты образования, количества и размеров морфогенных структур (побегов, листьев, корней). Объем выборки – 20 эксплантов на вариант, различия средних оценивали по критерию Фишера с помощью дисперсионного анализа, используя пакет прикладных программ Снедекор [26].

Результаты исследований

Групповой состав низинных торфов характеризуется низким содержанием битумов, легкогидролизуемых веществ и высоким содержанием гуминовых кислот (табл. 1). Выход битумов – в среднем 1,5–2,0%. Низинный торф с высоким выходом битумов (выше 5%) встречается очень редко. Представителем с высоким содержанием битумов (7%) является вахтовый торф. Содержание водорастворимых и легкогидролизуемых веществ в низинном торфе колеблется в среднем от 22 до 40%. Содержание ГК в низинных торфах достаточно высокое и достигает в некоторых образцах 45–55%. При этом содержание фульвокислот практически в 2 раза ниже, чем содержание ГК. Небольшим содержанием ГК отличаются торфа гипново-осоковый и древесно-моховой. Содержание лигнина и целлюлозы находится на среднем уровне.

Если провести сравнение состава органического вещества низинных торфов Горного Алтая с аналогичными торфами Западной Сибири [27, 28], то можно отметить следующее: в отличие от торфов Западной Сибири торфа Горного Алтая обладают высоким содержанием ГК, которое достигает в некоторых образцах 50%; отличаются высоким содержанием лигнина (до 20.7%). Безусловно, эти различия объясняются условиями торфообразования и, в особенности, богатством растительного покрова Горного Алтая. Из всех рассмотренных торфов по содержанию ГК выделяются виды торфов вахтовый (47.0%), древесный (50.0%), папоротниковый (55.0%), травяной (30.0–45.0), осоковый (5.6–58.0), травяно-вахтовый (43.0–56.5%). Наиболее высокое содержание ГК обнаружено в торфах месторождения низинного типа – Турочак. В таблице 2 приведен состав органического вещества торфяной залежи месторождения Турочак.

Таким образом, содержание ГК по профилю залежи изменяется от 17.82 до 56.5%. Анализ содержания функциональных групп показал, что с увеличением глубины залегания и степени разложения торфа снижаются соотношения $3400/1630\text{ см}^{-1}$ и $1030/1630\text{ см}^{-1}$. В первом случае это может быть связано с повышением количества ароматических полисопряженных структур в молекулах ГК и снижением доли гидроксильных групп, связанных межмолекулярными водородными связями, во втором – со снижением доли спиртовых гидроксильных групп. Увеличение значений соотношений $1720/1630\text{ см}^{-1}$ и $1270/1630\text{ см}^{-1}$ указывает на повышение содержания карбоксильных групп. Далее, на основании методик качественного обнаружения ГК методом ИК-спектроскопии были определены основные признаки, позволяющие отнести выделенные из природных объектов органические соединения отнести к классу ГК.

Для производства гуминовых веществ выделяются торфы со степенью разложения не менее 25%, с содержанием ГК не менее 30% и зольностью до 10%. [22]. Этим критерием соответствует слой торфа от 325 до 375 см. Из торфов этого слоя были выделены ГК (образец ГКалт), которые подверглись тестированию на биологическую активность. Для сравнительного анализа проведено тестирование стандартного образца ГК торфа 1S103N из США (ГКамер).

Таблица 1. Групповой состав типичных видов торфов низинного типа

Вид торфа	Групповой состав, % ОВ					
	Б	ВРВ+ЛГВ	ГК	ФК	Ц	Л
Вахтовый	7.0	26.0	47.0	7.0	2.0	11.0
Гипново-древесный	1.5	27.1	35.8	23.5	4.6	8.5
Гипново-осоковый	1.2	41.1	2.9	14.5	12.2	8.6
Древесный	0.8	33.0	50.0	9.0	2.0	6.0
Древесно-осоковый	4.3	36.1	32.5	10.2	5.3	11.6
	(2.5–7.4)	(33.6–38.7)	(20.9–40.7)	(8.3–13.6)	(1.8–8.2)	(7.1–18.7)
Древесно-травяной	1.6	29.45	45	13	5.3	6.5
	(1.1–2.1)	(18.9–40.0)	(38.0–52.0)	(13)	(5.0–5.6)	(5.0–8.0)
Древесно-моховой	1.5	31.9	22.3	17.2	6.4	20.7
	(1.3–1.9)	(24.5–37.5)	(21.1–24.9)	(13.1–23.7)	(3.2–10.1)	(16.8–25.5)
Папоротниковый	1.7	23.6	55.0	11.0	3.0	4.3
Травяной	2.0	27.3	39.3	16	5.5	7.9
	(1.1–2.7)	(23.3–32.0)	(30.0–45.0)	(10.0–25.0)	(3.0–7.0)	(6.0–9.0)
Травяной (вахтовый)	2.8	21.6	49.8	15.5	3.3	7.5
	(2.5–3.1)	(20.5–22.7)	(43.0–56.5)	(11.0–22.0)	(1.5–5.0)	(6.3–8.7)
Осоковый	1.4	34.3	32.2	13.3	7.0	7.9
	(0.1–3.0)	(20.3–64.7)	(5.6–58.0)	(4.0–28.0)	(1.0–23.3)	(3.3–21.5)
Хвощовый	1.5	29.0	40.0	15.0	7.0	7.0

Примечание: (2.5–7.4) и 4.3 – приведены экстремальные и среднее значения компонента, Б – битумы, ВРВ – водорастворимые вещества, ЛГВ – легкогидролизуемые вещества, ГК – гуминовые кислоты, ФК – фульвокислоты, Ц – трудногидролизуемые вещества, целлюлоза, Л – лигнин, ОВ – органическое вещество.

Таблица 2. Групповой состав торфов в торфяной залежи болота Турочак

Вид торфа	Глубина, см	R, %	A, %	Б	ЛГВ, ВРВ	ГК	ФК	ТГВ	Л
				% на органическое вещество торфа					
Древесно-осоковый	0–25	10	29	2.2	30.71	20.92	20.18	5.76	20.23
Древесно-осоковый	25–50	15	34.9	1.55	36.19	17.82	19.97	4.65	19.82
Древесно-осоковый	50–75	20	38.6	0.6	35.95	20.95	22.88	3.98	15.64
Древесно-осоковый	75–100	20	35	1.57	32.22	22.2	21.9	4.95	17.16
Осоковый	100–125	30	28.2	2.03	36.35	26.03	11.43	7.82	16.34
Осоковый	125–150	35	28.8	0.84	39.42	26.36	11.22	5.71	16.45
Травяной. Н.	150–200	40	38.5	2.3	26.6	45	13	3	8.8
Древесно-травяной. Н.	225–250	45	20.8	2.1	18.9	52	13	5	8
Травяной (вахтовый). Н.	325–350	60	23.2	2.5	22.7	56.5	11	1.5	6.3
Травяной (вахтовый). Н.	400–450	55	19.7	3.1	20.5	43	20	5	8.7

Примечание: R – степень разложения торфа, A – зольность торфа, Б – битумы, ЛГВ – легкогидролизуемые вещества, ВРВ – водорастворимые вещества, ГК – гуминовые кислоты, ФК – фульвокислоты, ТГВ – трудногидролизуемые вещества, Л – лигнин.

В таблице 3 представлены данные анализа ГК, выделенных из исследуемых торфов. Гуминовые кислоты горноалтайского торфа отличаются высокой зольностью, в несколько раз превышающей показатели ГКамер. Согласно Д.С. Орлову, элементный состав гуминовых кислот варьирует в следующих пределах: С – 52–62%; Н – 2.8–5.8%; О – 31–39%; N – 1.7–5% [29]. Образец ГКамер соответствует этому диапазону, тогда как ГКалт отличается повышенным содержанием углерода и водорода. Кроме того, ГКалт имеет предельно высокое соотношение атомных долей Н/С. Для ГК торфов этот показатель довольно однороден и изменяется в пределах от 0.86 до 1.20 (при среднем значении 1.0). Согласно данным элементного анализа, в ГКалт содержится меньшая доля ароматических структур и преобладают алифатические фрагменты, доля кислородсодержащих функциональных фрагментов незначительна. Отсюда следует, что исследуемые ГКалт представлены менее «зрелыми» ГК, то есть конденсированное ароматическое ядро не доминирует в их структуре. Также они характеризуются меньшим разнообразием кислородсодержащих функциональных группировок в своем составе (соотношение О/С = 0.3 является минимальным).

Биологическая активность ГК протестирована в серии экспериментов по микроклональному размножению растений. В культуре *in vitro* стеблевых узлов рапса (табл. 4) на всех вариантах питательных сред 100% эксплантов сформировали побеги с листьями. Через две недели ГКамер способствовали увеличению высоты побегов рапса на 22%, а ГКалт – на 10% по сравнению с контролем. Среднее число листьев на побеге за указанный период увеличилось под действием ГКамер на 8%, ГКалт – на 12%. За то же время ГКамер, ГКалт увеличили частоту образования корней на побегах (ризогенеза) на 20 и 35% соответственно. Количество корней на побеге заметно возросло в варианте с добавкой ГКалт, а длина их – на среде с ГКамер.

В экспериментах по культивированию *in vitro* стеблевых узлов люцерны за 4 недели инкубации частота образования побегов под действием добавок ГК возросла на 5% (табл. 5). Препарат ГКамер оказал всестороннее стимулирующее действие на развитие побегов: увеличил высоту в полтора раза, число листьев – на 18%, частоту ризогенеза – на 28%, число корней – на 24%, их длину – на 74% по сравнению с контролем. Влияние препаратов ГКалт позволило увеличить высоту побегов на 13%, длину корней – на 58%.

Таблица 3. Элементный анализ гуминовых кислот торфов

Образец ГК	Зольность, %	Влажность, %	Масс % на беззольную, безводную ГК					Атомные доли и их соотношение				
			С	Н	N	O	S	С	O	Н	Н : С	O : С
ГКалт	17.2	10.4	66.5	6.7	3.1	23.3	0.2	5.1	2.1	6.1	1.2	0.3
ГКамер	1.12	11.1	56.4	3.8	3.7	37.3	0.7	4.7	2.3	3.8	0.8	0.5

Примечание: образцы гуминовых кислот: ГКалт – горноалтайского торфа, ГКамер – стандартного торфа 1S103H (США).

Таблица 4. Влияние ГК торфа на развитие побегов из стеблевых узлов рапса *in vitro*

Показатель морфогенеза	1/2B5 без добавок (контроль)		1/2B5 + ГКамер, 1 мл/л		1/2B5 + ГКалт, 1 мл/л	
Период инкубации, дней	14	30	14	30	14	30
Высота побега, мм	41	70	50	90*	45	83
Число листьев на побег	2.5	4.0	2.7	4.5*	2.8	4.4
Частота ризогенеза, %	45	80	65*	95*	80*	100*
Число корней на эксплант	2.9	5.0	3.0	5.2	3.3	5.8*
Длина корня, мм	16	53	20	39*	17	37*

* – разница средних арифметических с контролем достоверна на 5%-ном уровне.

Таблица 5. Влияние препаратов ГК торфа на развитие побегов из стеблевых узлов люцерны *in vitro* (период инкубации 28 дней)

Показатель морфогенеза	1/2B5 без добавок (контроль)	1/2B5 + ГКамер 1 мл/л	1/2B5 + ГКалт 1 мл/л
Частота побегообразования, %	95	100	100
Высота побега, мм	23	36*	26
Число листьев на побег	3,3	3,9*	3,1
Частота ризогенеза, %	47	75*	45
Число корней на эксплант	1,7	2,1*	2,0*
Длина корня, мм	19	33*	30*

* – разница средних арифметических с контролем достоверна на 5%-ном уровне.

Таким образом, в изученной дозе ГКамер эффективно улучшал рост и развитие побегов и корней люцерны, ГКалт в меньшей степени влиял на развитие побегов и индукцию ризогенеза и способствовал в основном формированию и росту корней люцерны. По сравнению с результатами тестирования на рапсе диапазон эффективности ГКамер возрос, а ГКалт снизился, что объясняется взаимодействием с генотипом. Возможно, для лучшей стимуляции развития побегов люцерны требуются иные дозы препаратов. Экспериментально установленные различия эффективности воздействия двух препаратов на показатели морфогенеза определяются, очевидно, разной структурной организацией ГК торфов.

Выводы

Проведенные экспедиционные исследования на территории Горного Алтая выявили особые условия торфообразования, которые определяют отличительные свойства низинных торфов, по сравнению с торфами западносибирских болот: высокую степень разложения (более 50% по всей торфяной залежи) и зольности (12–38%), а также высокое содержание ГК (45.0–56.5%), что определяется произрастающей растительностью, геоморфологией и подстилающими породами.

Выявлен перспективный сырьевой источник для производства БАВ – торфяное месторождение Турочак с запасами торфа 849 тыс. т. при 40% условной влажности, что достаточно для получения БАВ для сельского хозяйства на многие сотни лет.

Доказана высокая биологическая активность препаратов ГК горноалтайского торфа (ГКалт) и стандартного образца ГК производства США (ГКамер), которые проявились в ускорении микроклонального размножения растений *in vitro*. Тестирование двух образцов ГК в культуре стеблевых узлов рапса выявило способность каждого препарата к достоверному ускорению морфогенеза. Препарат ГКамер более эффективно стимулировал рост побегов, ГКалт – корневую систему (на 35%). Тестирование образцов ГК в культуре стеблевых узлов люцерны показало значительные различия в степени и диапазоне воздействия на морфогенез *in vitro*. Препарат ГКамер проявил себя как наиболее эффективный стимулятор роста побегов и развития корневой системы увеличил высоту в полтора раза, число листьев – на 18%, частоту ризогенеза – на 28%, число корней – на 24%, их длину – на 74% по сравнению с контролем, ГКалт способствовал увеличению высоты побегов на 13%, длины корней – на 58%.

Список литературы

1. Томсон А.Э. Наумова Г.В. Торф и продукты его переработки. Минск, 2009. 328 с.
2. Попов А.И. Гуминовые вещества – свойства, строение, образование. СПб., 2004. 212 с.
3. Комиссаров И.Д., Логинов Л.Ф. К вопросу о молекулярной массе гуминовых кислот // Гуминовые препараты. Тюмень, 1971. 266 с.
4. Yakimenko O.S., Terekhova V.A. Humic Preparations and the Assessment of their Biological Activity for Certification Purposes // Eurasian Soil Science, 2011. Vol. 44, no. 11. Pp. 1222–1230. DOI: 10.1134/S1064229311090183.
5. Thorpe T. History of plant tissue culture // Journal of Molecular Microbiology and Biotechnology. 2007, no. 37. Pp. 169–180. DOI: 10.1007/s12033-007-0031-3.
6. Akin-Idowu P.E., Ibitoye D.O., Ademoyegun O.T. Tissue culture as a plant production technique for horticultural crops // African Journal of Biotechnology. 2009, no. 8(16). Pp. 3782–3788. DOI: 10.4314/ajb.v8i16.62060.
7. Garcia-Gonzales R., Quiroz K., Carrasco B., Caligari P. Plant tissue culture: current status, opportunities and challenges // Ciencia e investigación agraria. 2010, no. 37(3). Pp. 5–30. DOI: 10.4067/S0718-16202010000300001.
8. Mohan N., Nikdad S., Singh G. Studies on seed germination and embryo culture of *Jatropha curcas* L. under *in vitro* conditions // Biotechnology and Bioengineering. 2011, no. 1(2). Pp. 187–194.

9. Ahmadi A., Azadfar D., Mofidabadi A. Study of inter-generic hybridization possibility between *Salix aegyptica* and *Populus caspica* to achieve new hybrids // *International Journal of Plant Production*. 2010, no. 4(2). Pp. 143–147. DOI: 10.22069/ijpp.2012.690.
10. Chung S.M., Manjusha V., Tzfira T. Agrobacterium is not alone: gene transfer to plants by viruses and other bacteria // *Trends in Plant Science*. 2006, no. 11(1). Pp. 1–4. DOI: 10.1016/j.tplants.2005.11.001.
11. Purkayastha J., Sugla T., Paul A., Maumdar P., Basu A., Solleti S.K., Mohommad A., Ahmed Z., Sahoo L. Efficient in vitro plant regeneration from shoot apices and gene transfer by particle bombardment in *Jatropha curcas* // *Biologia Plantarum*. 2010, no. 54. Pp. 13–20. DOI: 10.1007/s10535-010-0003-5.
12. Khan R.S., Alam S.S., Munir I., Azadi P., Nakamura I., Mii M. Botrytis cinerea resistant marker-free *Petunia hybrida* produced using the MAT vector system // *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*. 2011, no. 106. Pp. 11–20. DOI: 10.1007/s11240-010-9888-0.
13. Shalaka D.K., Sandhya P. Micropropagation and organogenesis in *Adhatoda vasica* for the estimation of vasicine // *Pharma magazine*. 2009, no. 5. Pp. 539–563. DOI: 10.4103/0973-1296.58567.
14. Umamaheswari A., Lalitha V. In vitro effect of various growth hormones in *Capsicum annum* L. on the callus induction and production of Capsaicin // *Journal of Plant Sciences*. 2007, no. 2. Pp. 545–551. DOI: 10.3923/jps.2007.545.551.
15. Tyagi R.K., Agrawal A., Mahalakshmi C., Hussain Z., Tyagi H. Low-cost media for in vitro conservation of turmeric (*Curcuma longa* L.) and genetic stability assessment using RAPD markers // *In Vitro Cellular & Developmental Biology – Plant*. 2007, no. 43. Pp. 51–58. DOI: 10.1007/s11627-006-9000-y.
16. Harding K. Plant and algal cryopreservation: issues in genetic integrity, concepts in cryobionomics and current applications in cryobiology // *Aspac Journal of Molecular and Biotechnology*. 2010, no. 18(1). Pp. 151–154.
17. Gostischeva M.V., Inisheva L.I. Pharmacological Study of Native Peat Humic Acids // *Natural and Nanomaterials in Medicine and Biomedical Technologies: First International Conference of Humics-based Innovative Technologies*. Moscow, 2010. Pp. 16.
18. Голубкина Н.А., Замана С.П., Тареева М.М., Мухоморов В.Ю., Пивоваров В.Ф. Сравнительная оценка влияния гуматов и бактериального удобрения биостар на аккумуляцию растениями селена, цинка и меди на фоне использования органических удобрений // *Сельскохозяйственная биология*. 2010. №2. С. 41–45.
19. Инишева Л.И., Виноградов В. Ю., Голубина О. А., Ларина Г. В., Порохина Е.В., Шинкеева Н.А., Шурова М.В. Болотные стационары Томского государственного педагогического университета. Томск, 2010. 147 с.
20. ГОСТ 28245.2-89. Методы определения ботанического состава и степени разложения. М., 1989. 5 с.
21. ГОСТ 11306-83. Торф и продукты его переработки. М., 1995. 8 с.
22. Базин Е.Т., Копенкин В.Д., Косов В.И., Корчуков С.С., Петрович В.М. Технический анализ торфа. М., 1992. 431 с.
23. Рожанская О.А., Королев К.Г., Юдина Н.В., Ломовский О.И. Биотехнологическое тестирование регуляторной активности продуктов механохимической обработки торфа и древесных отходов // *Доклады Россельхозакадемии*. 2008. №3. С. 16–19.
24. Рожанская О.А., Инишева Л.И., Строева Н.С., Шилова Т.В. Тестирование in vitro регуляторной активности нового стимулятора роста из торфа // *Вестник ТГПУ*. 2010. №3. С. 128–130.
25. Gamborg O.L., Miller R.A., Ojima K. Nutrient requirement of suspension cultures of soybean root cell // *Experimental Cell Research*. 1968, no. 50. Pp. 151–158.
26. Сорокин О.Д. Прикладная статистика на компьютере. Краснообск, 2009. 222 с.
27. Гостищева М.В., Белоусов М.В., Юсубов М.С., Исмаева Р.Р., Дмитрук С.Е. Сравнительные ИК-спектральные характеристики гуминовых кислот торфов Томской области различного генеза // *Химико-фармацевтический журнал*. 2009. Т. 43, №7. С. 44–47.
28. Инишева Л.И., Шайдак Л. К вопросу о химической классификации торфов для сельского хозяйства // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2015. №2. С. 5–12.
29. Орлов Д.С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации. М., 1990. 332 с.

Поступила в редакцию 4 февраля 2019 г.

После переработки 22 февраля 2019 г.

Принята к публикации 23 февраля 2019 г.

Для цитирования: Инишева Л.И., Рожанская О.А., Ларина Г.В. Характеристика торфов Горного Алтая и их биологической активности в культуре тканей растений // *Химия растительного сырья*. 2019. №3. С. 261–268. DOI: 10.14258/jcpr.2019035132.

Inisheva L.I.^{1*}, Rozhanskaya O.A.², Larina G.V.³ CHARACTERISTICS OF HORNY ALTAI PEATS AND THEIR BIOLOGICAL ACTIVITY IN PLANT TISSUE CULTURE

¹Tomsk State Pedagogical University, Kiyevskaya st., 60, Tomsk, 634061 (Russia), e-mail: inisheva@mail.ru

²Scientific Institution Siberian Research Institute of Feedstuff, PO Box 276, p. Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 633501 (Russia), e-mail: olgarozhanska@yandex.ru

³Gorno-Altaysk State University, st. Lenkina, 1, Altai Republic, Gorno-Altaysk, 649000 (Russia), e-mail: knh@gasu.ru

The search for new raw materials of biologically active substances of natural origin is an urgent task for the modern period. Peat in this respect is a relatively cheap and almost unlimited raw material base. Peat of swamps can be used widely in agriculture for receipt of biologically active substances are of great interest in the territory of the Gorny Altai. The purpose of this work is to study the composition of organic matter of peats of the Gorny Altai, to choose peat raw materials for biologically active production and to study their biological activity. The object of the study was 46 swamps of the Gorny Altai. The following analyses were carried out in peats: botanical composition, degree of decomposition, ash content, group composition of peat organic matter. The composition of humic acids (ha) was analyzed by IR spectroscopy. For determine of the biological activity of humic acids was used plant tissue cultured. The results of the research allowed to distinguish peats by the content of HA: buckbean peat (47.0% of HA), wood peat (50.0% of HA), fern peat (55.0% of HA), grass peat (30.0–45.0% of HA), sedge peat (5.6–58.0% of HA), grass-buckbean peat (43.0–56.5% of HA) and to outline the raw material base for the production of BAS – peatland Turochak. According to the optimal characteristics of HAs, a sample was taken from a depth of 325–375 cm, HA was isolated. The biological activity In humic acid was determined with the use of plant tissue culture. High biological activity are proven of the preparations of HA from the peatland Turochak, which resulted in the acceleration of microclonal propagation of plants in vitro.

Keywords: peat, Gorny Altai, humic acids, biological activity, biologically active substances, peat deposit, Turchak, testing, plant tissue culture

References

1. Tomson A.E., Naumova G.V. *Torfi i produkty yego pererabotki*. [Peat and its processed products]. Minsk, 2009, 328 p. (in Russ.).
2. Popov A.I. *Guminovyye veshchestva – svoystva, stroyeniye, obrazovaniye*. [Humic substances – properties, structure, formation]. St. Petersburg, 2004, 212 p. (in Russ.).
3. Komissarov I.D., Loginov L.F. *Guminovyye preparaty*. [Humic preparations]. Tyumen, 1971, 266 p. (in Russ.).
4. Yakimenko O.S., Terekhova V.A. *Eurasian Soil Science*, 2011, vol. 44, no. 11, pp. 1222–1230. DOI: 10.1134/S1064229311090183.
5. Thorpe T. *Journal of Molecular Microbiology and Biotechnology*, 2007, no. 37, pp. 169–180. DOI: 10.1007/s12033-007-0031-3.
6. Akin-Idowu P.E., Ibitoye D.O., Ademoyegun O.T. *African Journal of Biotechnology*, 2009, no. 8(16), pp. 3782–3788. DOI: 10.4314/ajb.v8i16.62060.
7. Garcia-Gonzales R., Quiroz K., Carrasco B., Caligari P. *Ciencia e investigación agrarian*, 2010, no. 37(3), pp. 5–30. DOI: 10.4067/S0718-16202010000300001.
8. Mohan N., Nikdad S., Singh G. *Biotechnology and Bioengineering*, 2011, no. 1(2), pp. 187–194.
9. Ahmadi A., Azadfar D., Mofidabadi A. *International Journal of Plant Production*, 2010, no. 4(2), pp. 143–147. DOI: 10.22069/ijpp.2012.690.
10. Chung S.M., Manjusha V., Tzfira T. *Trends in Plant Science*, 2006, no. 11(1), pp. 1–4. DOI: 10.1016/j.tplants.2005.11.001.
11. Purkayastha J., Sugla T., Paul A., Maumdar P., Basu A., Solleti S.K., Mohommad A., Ahmed Z., Sahoo L. *Biologia Plantarum*, 2010, np. 54, pp. 13–20. DOI: 10.1007/s10535-010-0003-5.
12. Khan R.S., Alam S.S., Munir I., Azadi P., Nakamura I., Mii M. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 2011, no. 106, pp. 11–20. DOI: 10.1007/s11240-010-9888-0.
13. Shalaka D.K., Sandhya P. *Pharma magazine*, 2009, no. 5, pp. 539–563. DOI: 10.4103/0973-1296.58567.
14. Umamaheswari A., Lalitha V. *Journal of Plant Sciences*, 2007, no. 2, pp. 545–551. DOI: 10.3923/jps.2007.545.551.
15. Tyagi R.K., Agrawal A., Mahalakshmi C., Hussain Z., Tyagi H. *In Vitro Cellular & Developmental Biology – Plant*, 2007, no. 43, pp. 51–58. DOI: 10.1007/s11627-006-9000-y.
16. Harding K. *Aspac Journal of Molecular and Biotechnology*, 2010, no. 18(1), pp. 151–154.
17. Gostischeva M.V., Inisheva L.I. *Natural and Nanomaterials in Medicine and Biomedical Technologies: First International Conference of Humics-based Innovative Technologies*, Moscow, 2010, pp. 16.
18. Golubkina N.A., Zamana S.P., Tareyeva M.M., Mukhortov V.YU., Pivovarov V.F. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya*, 2010, no. 2, pp. 41–45. (in Russ.).
19. Inisheva L.I., Vinogradov V. YU., Golubina O. A., Larina G. V., Porokhina Ye.V., Shinkeyeva N.A., Shurova M.V. *Bolotnyye statsionary Tomskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta*. [Swamp hospitals of Tomsk State Pedagogical University]. Tomsk, 2010, 147 p. (in Russ.).
20. GOST 28245.2-89. *Metody opredeleniya botanicheskogo sostava i stepeni razlozheniya*. [State standard 28245.2-89. Methods for determining the botanical composition and degree of decomposition]. Moscow, 1989, 5 p. (in Russ.).
21. GOST 11306-83. *Torfi i produkty yego pererabotki*. [State standard 11306-83. Peat and its products]. Moscow, 1995, 8 p. (in Russ.).
22. Bazin Ye.T., Kopenkin V.D., Kosov V.I., Korchukov S.S., Petrovich V.M. *Tekhnicheskii analiz torfa*. [Technical analysis of peat]. Moscow, 1992, 431 p. (in Russ.).

* Corresponding author.

23. Rozhanskaya O.A., Korolev K.G., Yudina N.V., Lomovskiy O.I. *Doklady Rossel'khozakademii*, 2008, no. 3, pp. 16–19. (in Russ.).
24. Rozhanskaya O.A., Inisheva L.I., Stroyeva N.S., Shilova T.V. *Vestnik TGPU*, 2010, no. 3, pp. 128–130. (in Russ.).
25. Gamborg O.L., Miller R.A., Ojima K. *Experimental Cell Research*, 1968, no. 50, pp. 151–158.
26. Sorokin O.D. *Prikladnaya statistika na komp'yutere*. [Applied statistics on the computer]. Krasnoobsk, 2009, 222 p. (in Russ.).
27. Gostishcheva M.V., Belousov M.V., Yusubov M.S., Ismatova R.R., Dmitruk S.Ye. *Khimiko-farmatsevticheskiy zhurnal*, 2009, vol. 43, no. 7, pp. 44–47. (in Russ.).
28. Inisheva L.I., Shaydak L. *Sibirskiy vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki*, 2015, no. 2, pp. 5–12. (in Russ.).
29. Orlov D.S. *Gumusovyye kisloty pochv i obshchaya teoriya gumifikatsii*. [Soil humic acids and the general theory of humification]. Moscow, 1990, 332 p. (in Russ.).

Received February 4, 2019

Revised February 22, 2019

Accepted February 23, 2019

For citing: Inisheva L.I., Rozhanskaya O.A., Larina G.V. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2019, no. 3, pp. 261–268. (in Russ.).
DOI: 10.14258/jcprm.2019035132.