

ISSN 2221-9927

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ
ОТДЕЛЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ НАУК
ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ
«НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ
НАУК БЕЛАРУСИ ПО БИОРЕСУРСАМ»
ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «ИНСТИТУТ
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ БОТАНИКИ ИМЕНИ В.Ф.КУПРЕВИЧА НАН
БЕЛАРУСИ»
ОБЩЕСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ «БЕЛОРУССКОЕ БОТАНИЧЕСКОЕ
ОБЩЕСТВО»
БЕЛОРУССКОЕ ОБЩЕСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ ФИЗИОЛОГОВ
РАСТЕНИЙ

БОТАНИКА

(ИССЛЕДОВАНИЯ)

Выпуск 44

Минск
2015

Ботаника (исследования): Сборник научных трудов. Выпуск 44 / Ин-т эксперимент. бот. НАН Беларуси – Минск: Институт радиологии, 2015. – 372 с.
ISSN 2221 – 9927

В сборнике представлены оригинальные научные статьи белорусских ученых из ведущих научно-исследовательских учреждений Национальной академии наук и ВУЗов Беларуси, содержащие результаты экспериментальных исследований, теоретических и практических разработок в широком спектре направлений ботанической науки, физиологии и экологии растений.

Публикуемые в сборнике научные статьи рецензируются ведущими специалистами в области ботаники, экологии, физиологии и биохимии растений.

Редакционная коллегия:

акад. НАН Беларуси, проф. Н. А. Ламан
акад. НАН Беларуси, проф. В. И. Парфенов
д.б.н., проф. Н. Г. Аверина
к.б.н. Д. Г. Груммо
д.б.н., проф. В. В. Карпук
к.б.н. Н. А. Копылова
д.б.н. Г. Ф. Рыковский
д.б.н. В. Н. Прохоров
к.б.н. А. В. Пугачевский
д.б.н. В. В. Сарнацкий
член-корр. НАН Беларуси, проф. Е. А. Сидорович
д.б.н., проф. А. Т. Федорук

Научные редакторы:

акад. НАН Беларуси, проф. Н. А. Ламан
акад. НАН Беларуси, проф. В. И. Парфенов

Ответственный секретарь

к.б.н. Т. А. Будкевич

ISSN 2221 - 9927

© ГНУ «Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича», 2015

О. Л. КАНДЕЛИНСКАЯ¹, Е. Р. ГРИЩЕНКО¹, И. П. СЫСОЙ¹,
Н. А. ШУКАНОВА², Т. В. ШМАН³, В. И. РАЗЛУЦКИЙ⁴, П. Н. БЕЛЫЙ⁵
**ЛЕКТИНЫ МАКРОФИТОВ: УЧАСТИЕ В МЕХАНИЗМАХ
АДАПТАЦИИ И ВОЗМОЖНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ**

¹ ГНУ «Институт экспериментальной ботаники
им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси», Минск

² ГНУ «Институт биофизики и клеточной инженерии
НАН Беларуси», Минск

³ Республиканский научно-практический центр детской онкологии, гематологии и иммунологии, Минск, Беларусь

⁴ Научно-практический центр по биоресурсам НАН Беларуси

⁵ Центральный ботанический сад НАН Беларуси

Введение. Макрофиты являются важнейшим компонентом водных экосистем и мощным средообразующим фактором благодаря участию в формировании гидрологического режима поверхностных и грунтовых вод и почвообразовательных процессах, в регулировании состава атмосферы и климата. Макрофитная растительность имеет водоохранное, санитарно-гигиеническое и хозяйственно-экономическое значение. Весьма перспективным направлением использования макрофитов является выявление видов-биоиндикаторов для мониторинга экологического состояния водоемов. Многие представители макрофитной флоры используются в качестве промышленного сырья и корма для сельскохозяйственных животных. Кроме того, макрофиты являются ценным источником биологически активных веществ – витаминов, минеральных веществ, жиров, углеводов, белков и др. [1–4]. Все это открывает широкие возможности применения высших водных растений в сельском хозяйстве и различных отраслях промышленности, медицине, ветеринарии и фармакологии, фитоиндикации и фитомелиорации, декоративном озеленении и ландшафтном дизайне.

Однако для сохранения и приумножения биологического разнообразия макрофитной растительности необходимо решение ряда взаимосвязанных проблем, в частности, изучение динамики биологических запасов макрофитов, исследование механизмов их адаптации к возрастающим антропогенным нагрузкам, выявление новых источников фармакологически ценного сырья, детальный анализ спектра биологически активных веществ.

В подобном контексте недостаточно изученным является вопрос о присутствии в составе белкового комплекса макрофитов гликопротеинов семейства лектинов, которые, как полагают, принимают участие в адаптационных процессах у растений, характеризуются иммуностимулирующим и противоопухолевым действием. Лектины обладают специфическими сайтами связывания с углеводными детерминантами на поверхности клеточных мембран, что определяет способность данных белков модулировать иммунный ответ

и избирательно взаимодействовать с рецепторами различных клеток, в том числе при онкотрансформации. Указанные свойства позволяют использовать некоторые лектины в качестве митогенов в иммунологии и возможных маркеров опухолевого процесса при ранней диагностике последнего [5, 6].

В связи с вышеизложенным, целью данной работы являлось исследование возможности участия лектинов в процессах адаптации макрофитов и оценка возможности их использования для медицины.

Объекты и методы исследования. Объектами исследования служили вегетативные органы отдельных представителей макрофитов из семейств Частуховые (*Alismataceae* Vent.), Ароидные (*Araceae*), Бурачниковые (*Boraginaceae*), Осоковые (*Cyperaceae*), Злаки (*Gramineae* Juss.), Касатиковые (*Iridaceae* Juss.), Ситниковые (*Juncaceae* Juss.), Розоцветные (*Rosaceae* Juss.), Ежеголовниковые (*Sparganiaceae* Rudolphi), Рогозовые (*Typhaceae* Juss.). Растения отбирались в окрестностях озера Межугол Докшицкого района Витебской области, а также в районе озера Белое, являющегося эвтрофным водоемом-охладителем Березовской ГРЭС. Время сбора растений – май–август.

Подготовка экстрактов для скрининга растений на присутствие лектинов осуществлялась посредством гомогенизации растительного сырья в 0,15М растворе NaCl в соотношении 1:6-10 и последующей экстракции в течение суток. Осадок отделяли фильтрованием через капроновую ткань и центрифугировали в течение 15 мин при 5000 об/мин. Получение частично очищенного препарата маннозоспецифичного лектина из корневищ айра обыкновенного – *Acorus calamus* L. (ACA, *Acorus calamus* agglutinin), осуществляли сочетанием методов Sattangi и Vains, предусматривающих осаждение белков из растительного экстракта 40% ацетоном, хроматографические методы, лиофильную сушку [7, 8].

Идентификацию гемагглютинирующей активности лектинов осуществляли в иммунологических планшетах с U-образными лунками посредством микротитрования исследуемых белков с последующим добавлением в них 2% суспензии эритроцитов кролика. Гемагглютинирующую активность лектинов выражали в величинах, обратных минимальной концентрации белка, при которой отмечали реакцию гемагглютинации (мкг белка/мл^{-1}), затем переводили данный показатель в пересчете на сырую массу. Конечный результат выражали в ЕД/г сырой массы [5].

Концентрацию белка определяли по методу Bradford [9].

Лектин-индуцированную активацию Т-клеток и естественных киллерных (ЕК) клеток периферической крови человека оценивали по экспрессии маркера CD69 на поверхности этих клеток [10–12]. Для выделения мононуклеарных клеток (МНК) периферическую кровь (ПК) разводили средой RPMI-1640 (Sigma, США) с добавлением смеси антибиотиков (в дальнейшем – RPMI-A) в соотношении 1:1. Наслаивали разведенную ПК на поверхность Histopaque-1077 (Sigma, США), после чего проводили центрифугирование 20 минут при 1800 об/мин при комнатной температуре. Затем с поверхности Histopaque-1077 собирали слой МНК и переносили в пробир-

ку, содержащую RPMI-A с добавлением минимум 1% эмбриональной сыворотки телят (ЭТС) (Sigma, США) и центрифугировали 10 минут при 1200 об/мин при комнатной температуре. Осажденные клетки ресуспендировали средой RPMI-A+1% ЭТС и осаждали 10 минут при 1200 об/мин. К осажденным клеткам добавляли культуральную среду и проводили подсчет выделенных мононуклеарных клеток в камере Горяева. После выделения МНК помещали в питательную среду RPMI-1640 с добавлением 10% ЭТС, 2 mM-глутамина и антибиотиков – 100 Ед/мл пенициллина, 100 мкг/мл стрептомицина (Sigma, США). Исследовали следующие варианты: опытные варианты – клетки с добавлением препарата лектина аира из расчета 5 и 50 мкг/мл среды, соответственно; контрольные варианты – без препарата лектина. Культивирование клеток проводили при 37°C во влажной атмосфере 5% CO₂ в течение 20 часов. По окончании культивирования клетки отмывали в фосфатно-солевом буфере (ФСБ), осаждая центрифугированием (5 мин при 300 g). Затем исследуемые образцы инкубировали со специфическими моноклональными антителами к CD3-FITC, CD69-PE и CD56-PE-Cy5. Образцы инкубировали в темноте при комнатной температуре в течение 20 мин. После инкубации с антителами (производства «BectonDickinson» или «BeckmanCoulter») клетки дважды отмывали в ФСБ, центрифугируя 5 мин при 300g. Исследования выполняли на проточном лазерном цитофлуориметре FACSCan («Becton Dickinson», США) в программе CellQuestPro. Учитывали данные флуоресценции не менее 30 тысяч клеток в каждом образце. Для анализа активации выделяли регион лимфоцитов по показателям прямого и бокового светорассеивания, затем среди лимфоцитов выделяли регион ЕК-клеток по фенотипу CD3-CD56+, Т-клеток – по фенотипу CD3+ и среди них отдельно анализировали популяцию ЕК-подобных Т-клеток с фенотипом CD3+CD56+. Среди каждой популяции клеток учитывали процент активированных CD69+ клеток.

Влияние препарата АСА на клетки рака молочной железы (РМЖ) оценивали по активности в них фермента ацетилхолинэстеразы (АХЭ), являющегося одним из маркеров клеточной дифференцировки [13, 14].

Опухолевые клетки выделяли из образца солидной опухоли, полученного из операционного материала пациенток с верифицированным диагнозом РМЖ различных молекулярно-генетических подтипов. Образец, освобожденный от фрагментов кровеносных сосудов и жировой ткани, гомогенизировали в стеклянном гомогенизаторе в 6 мл культуральной среды RPMI-1640, содержащей 10% эмбриональной телячьей сыворотки, 1% L-глутамина (Sigma, США) и 0,1% гентамицина (Беларусь). Полученный гомогенат фильтровали через капроновый фильтр и разливали по 2 мл в стерильные пенициллиновые флаконы. Первичную культуру РМЖ культивировали в течение 48–72 часов без препаратов (контроль), в присутствии препарата АСА (активность 14,8 Ед/г сырой массы), или противоопухолевых лекарственных средств групп АС (доксорубин + циклофосфан) и CVF (циклофосфан + винорельбин + фторурацил) в дозах, применяемых в онкологической практике.

Активность АХЭ выражали в относительных единицах увеличения оптической плотности суспензии в мин в пересчете на мг белка [14].

Биологический запас аира обыкновенного как ценного лекарственного сырья определяли на учетных площадках в конкретных зарослях и на ключевых участках [15]. Запасы данного вида рассчитывали по разработанному алгоритму кадастровой региональной оценки запасов сырья с помощью компьютерных программ [16].

Результаты и обсуждение. Скрининг лекарственных, ресурсообразующих и кормовых видов макрофитов, принадлежащих к различным семействам, на присутствие лектинов, позволил выявить вариабельность данного показателя как между видами, так и внутри вида, а также в зависимости от локализации лектинов (табл. 1).

Согласно данным таблицы 1, максимальная активность данных белков была характерна в основном для корней и корневищ исследованных растений, минимальная – для листьев и цветов. Диапазон вариабельности показателей активности данных белков составлял: для листьев – от 63,5 (аир обыкновенный) до 8135,6 Ед/мг сырой массы (сабельник болотный); для корней – от 247,1 (окопник лекарственный) до 23703,7 Ед/мг сырой массы (сабельник болотный).

В среднем, наибольшей активностью лектинов в корнях характеризовались представители гигрогелофитов из группы гигрофитов, относящихся к наземным болотным растениям, которые приспособлены к сильно переувлажненным или обводненным местообитаниям; а также некоторые аэрогидрофиты из группы гидрофитов, у которых побеги частично возвышаются над поверхностью воды, остальная часть находится в воде [4].

Для выяснения роли эндогенных лектинов в механизмах устойчивости некоторых представителей макрофитов при антропогенном воздействии, исследовали характер метаболизма данных белков в растениях ежеголовника узколистного – *Sparganium angustifolium*, рогоза узколистного – *Typha angustifolia* и тростника обыкновенного – *Phragmites australis*, собранных в районе озера Белое, которое является водоемом-охладителем Березовской ГРЭС (Брестская область, Беларусь), в градиенте температур 4–6° С в не подогреваемой части озера и в местах сброса теплых вод (рис. 1).

Таблица 1. Активность эндогенных лектинов у представителей различных экологических групп макрофитов [4]

Наименование растения	Локализация	Активность лектинов, Ед/г сырой массы
ГИГРОФИТЫ		
Гигрогелофиты средне- и высокорослые (высота побегов 20-100 см и 100-250 см)		
Семейство Ароидные (<i>Araceae</i> Juss.)		
Аир обыкновенный (<i>Acorus calamus</i> L.)	корневища	6421,1 ± 100,7
	листья	63,5 ± 8,1
	цветы	1684,2 ± 89,2
Семейство Розоцветные (<i>Rosaceae</i> Juss.)		
Сабельник болотный (<i>Comarum palustre</i> L.)	корни	23703,7 ± 820,7
	листья	8135,6 ± 120,5
Эуигрофиты средне- и высокорослые (высота побегов 20-100 см и 100-250 см)		
Семейство Бурачниковые – <i>Boraginaceae</i> Juss.		
Окопник лекарственный (<i>Symphytum officinale</i> L.)	корни	247,1 ± 25,3
	листья	592,6 ± 13,8
Семейство Касатиковые (<i>Iridaceae</i> Juss.)		
Касатик желтый (<i>Iris pseudacorus</i> L.)	корни	4383,5 ± 220,9
	листья	1230,8 ± 87,9
Семейство Ситниковые (<i>Juncaceae</i> Juss.)		
Ситник развесистый (<i>Juncus effusus</i> L.)	корни	5885,0 ± 190,3
ГИДРОФИТЫ		
Эуигрофиты		
Семейство Ежеголовниковые (<i>Sparganiaceae</i> Rudolphi)		
Ежеголовник узколистный (<i>Sparganium angustifolium</i> Michx.)	корни	895,4 ± 79,0
Аэрогидрофиты средне- и высокорослые (высота побегов 20-100 и 100-250 см)		
Семейство Частуховые (<i>Alismataceae</i> Vent.)		
Частуха подорожниковая (<i>Alisma plantago-aquatica</i> L.)	корни	4025,2 ± 370,8
	листья	1706,7 ± 50,0
Стрелолист обыкновенный (<i>Sagittaria sagittifolia</i> L.)	листья	3683,5 ± 175,3
Семейство Осоковые (<i>Cyperaceae</i> Juss.)		
Осока острая (<i>Carex acuta</i> L.)	листья	1325,7 ± 105,3
Осока заячья (<i>Carex ovalis</i> Good.)	листья	280,7 ± 15,7
Болотница болотная (<i>Eleocharis palustris</i> (L.) Roem. et Schult.)	листья	2191,7 ± 37,6
Схеноплектус озерный (<i>Schoenoplectus lacustris</i> (L.) Palla)	корни	6564,1 ± 350,0
Семейство Злаки (<i>Gramineae</i> Juss.)		
Манник большой <i>Glyceria maxima</i> (C.Hartm.) Holmb.	листья	602,3 ± 23,7
Тростник обыкновенный (<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin.ex Steud.)	корни	893,5 ± 107,6
Семейство Погозовые (<i>Typhaceae</i> Juss.)		
Рогоз узколистный (<i>Typha angustifolia</i> L.)	корни	4609,0 ± 318,3
Рогоз широколистный (<i>Typha latifolia</i> L.)	корни	4605,0 ± 263,0

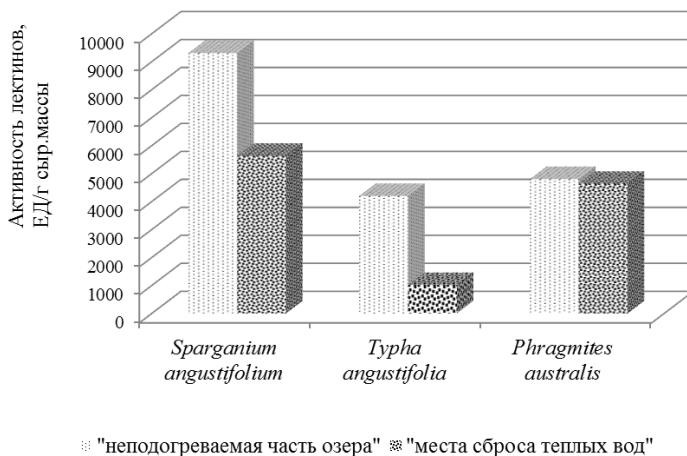


Рис. 1. Активность лектинов водных растений в градиенте температуры воды озера Белое, являющегося водоемом-охладителем Березовской ГРЭС.

Ответная реакция представителей макрофитов разных систематических групп на изменение температуры окружающей среды была видоспецифичной, но, вместе с тем, имела и общие черты (рис. 1). Так, у рогоза узколистного, произраставшего в местах сброса теплых вод, показатель активности лектинов был ниже, чем у растений, собранных в не подогреваемой части озера (разность d между вариантами существенна при 5% уровне значимости; $d > НСР_{0,05}$, равное 1657,8 Ед/г сырой массы). Аналогичные температурозависимые сдвиги активности лектинов, но в виде тенденции, наблюдались и у растений ежеголовника узколистного: в местах сброса теплых вод данный показатель составлял $5628,2 \pm 804,0$ Ед/г сырой массы, тогда как в не подогреваемой части озера – $9303,0 \pm 1860$, Ед/г сырой массы. В этих же условиях показатель активности лектинов у тростника обыкновенного почти не изменялся.

Можно полагать, что наблюдаемые аутоэкологические особенности метаболизма лектинов исследованных видов макрофитов при тепловом воздействии отражают специфику физиолого-биохимических процессов в тканях растений и обусловлены различным диапазоном их толерантности и экологической пластичности [17, 18].

Не исключено, что лектины указанных макрофитов вовлечены в процессы их адаптации к тепловому стрессу, и могут быть использованы в качестве маркеров неспецифической устойчивости водных растений к антропогенным воздействиям.

С целью выяснения возможности практического использования лектинов водных растений для медицины, исследовали в экспериментах *in vitro* влия-

ние препарата манозоспецифичного лектина из корневищ аира обыкновенного, которые зарегистрированы в Государственной фармакопее Республики Беларусь [19], на функциональный статус различных популяций лимфоцитов (рис. 2) и метаболическую активность клеток рака молочной железы человека (табл. 2).

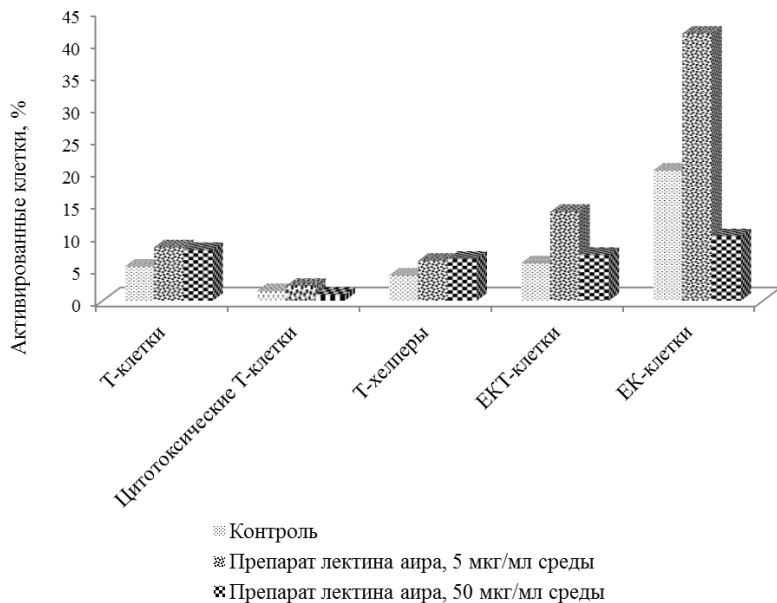


Рис. 2. Влияние препарата лектина из корневищ аира на активность иммунокомпетентных клеток человека

Согласно данным рисунка 2, в указанных условиях проведения эксперимента наблюдалось стимулирующее действие препарата лектина из аира на ЕК-клетки, но незначительная лектин-индуцированная активация различных популяций Т-лимфоцитов. Причем, при его высокой концентрации стимулирующий эффект на ЕК-клетки был значительно ниже, чем при низкой.

Полученный результат позволяет предполагать в целом относительно слабое иммуностимулирующее действие препарата АСА на различные популяции лимфоцитов человека. Вместе с тем, отмечено его ингибирующее действие на активность АХЭ в клетках РМЖ, различающихся по молекулярно-генетическому подтипу (табл. 2).

Следует отметить, что активность фермента АХЭ является информативным показателем степени злокачественности клеток солидных опухолей [14]. Известно, что основная функция АХЭ в возбудимых тканях – осуществление

холинэргической нейротрансмиссии. Однако имеется большой экспериментальный материал, свидетельствующий о том, что АХЭ экспрессируется во многих типах невозбудимых тканей и играет существенную роль в пролиферации, дифференцировке и миграции клеток [21]. Показана важная роль холинэстераз в неопластической трансформации клеток. Например, гены холинэстераз амплифицируются в клетках карциномы яичников [21]. В неопластических образованиях (в клетках менингиомы и глиомы) активность АХЭ в несколько раз выше, чем в клетках соседней здоровой ткани [22]. АХЭ проявляет аномальные свойства в карциномах мочевого пузыря и злокачественных новообразованиях молочной железы [23, 24].

Таблица 2. Влияние препарата маннозоспецифичного лектина АСА на активность АХЭ клеток РМЖ различных молекулярно-генетических подтипов (люминального Б, Нег-позитивного, трижды-негативного)

Вариант опыта	Активность АХЭ, отн.ед. /мг белка·мин		
	Люминальный Б	Нег-позитивный	Трижды-негативный
Контроль	2,28 ± 0,20	0,51 ± 0,05	4,26 ± 0,43
АСА	0,45 ± 0,04	0,35 ± 0,04	1,54 ± 0,16
АС	0,61 ± 0,05	0,30 ± 0,03	1,63 ± 0,13
CVF	0,74 ± 0,04	0,22 ± 0,02	2,67 ± 0,21

Согласно данным таблицы 2, в клетках РМЖ люминального Б подтипа препарат АСА ингибировал активность АХЭ на 80%, цитостатики группы АС – на 73% и цитостатики группы CVF – на 68%. В злокачественно трансформированных клетках молочной железы Нег-позитивного подтипа препарат АСА ингибировали активность АХЭ на 31%, цитостатики группы АС – на 41% и цитостатики группы CVF – на 57%. В клетках наиболее агрессивного трижды-негативного подтипа опухоли препарат АСА ингибировал активность АХЭ на 64%, цитостатики группы АС – на 62% и цитостатики группы CVF – на 34%.

Величина показателя активности АХЭ зависит, по-видимому, и от молекулярно-генетического подтипа злокачественных опухолей, в частности, молочной железы, обусловленного резким увеличением на поверхности трансформированных клеток количества рецепторов эстрогенов и прогестерона, а также фактора HER-2/neu. В этой связи выделяют следующие молекулярно-генетические подтипы: люминальный А с частотой встречаемости 30–45%, обладающий иммуногистохимическими (ИГХ) маркерами {ER(+)/и/или PR(+)/Нег-2/neu(-)}, высокой степенью дифференцировки, низким пролиферативным индексом и, вследствие этого, менее агрессивным; люминальный Б с частотой встречаемости 14–18%, обладающий ИГХ маркерами {ER(+)/и/или PR(+)/Нег-2/neu(+)}, низкой степенью дифференцировки, высоким пролиферативным индексом, агрессивностью и выраженной экспрессией антиапоптотического белка Bcl2 [25]; Нег-позитивный с частотой встречаемо-

сти 8-15%, не обладающий маркерами {ER(-)/PR(-)}, содержащий фактор Her-2/neu(+), высоким пролиферативным индексом, низкой дифференцировкой; трижды-негативный с частотой встречаемости 27-39%, не обладающий ИГХ маркерами {ER(-)/PR(-)/Her-2/neu(-)}, низкой дифференцировкой, высоким пролиферативным индексом и очень высокой агрессивностью [26].

Анализ полученных выше результатов позволяет предполагать, что ингибирующее действие препарата маннозоспецифичного лектина АСА на клетки РМЖ исследованных молекулярно-генетических подтипов обусловлено различным уровнем экспрессии к данному лектину углеводных детерминант в составе рецепторов опухолевых клеток вследствие нарушения характера гликозилирования гликоконъюгатов, что может быть представлено в следующей последовательности: Люм Б > Тр-н > Her+. Не исключено, что преимущественное взаимодействие препарата маннозоспецифичного АСА с клетками РМЖ люминального Б подтипа может быть связано с увеличением в составе их рецепторов количества функциональных групп α -D-маннозы, по сравнению с трижды-негативным и Her-позитивным подтипами [27–31].

Полученные результаты позволяют рассматривать препарат маннозоспецифичного лектина из айра в качестве потенциально перспективного средства для комплексной диагностики опухолей молочной железы человека.

Таблица 3. Запасы и рекомендуемые объемы заготовки *Acorus calamus* на территории Республики Беларусь

Область	Биологический запас, кг	Эксплуатационный запас, кг	Рекомендуемый объем ежегодных заготовок, кг
Брестская	442175	221088	31584
Витебская	361300	180650	25807
Гомельская	384225	159990	22856
Гродненская	294135	147068	21010
Минская	353845	176922	25275
Могилевская	233915	103346	14764
Итого по республике	2069595	989064	141296

По результатам ресурсной оценки были определены запасы айра обыкновенного как лекарственного сырья и рекомендуемые объемы его ежегодных заготовок в Республике Беларусь. Согласно данным таблицы 3, биологический запас лекарственного сырья айра обыкновенного составляет 2070 т, эксплуатационный запас – 989 т, а рекомендуемые объемы ежегодных заготовок сырья – 141 т. Наибольшие запасы данного макрофита сконцентрированы на территории Брестской области, а наименьшие запасы отмечены в Могилевской области.

Изучение пространственного распределения биологического запаса *Acorus calamus* позволило выявить центры концентрации на территории республики Беларусь (рис. 3).

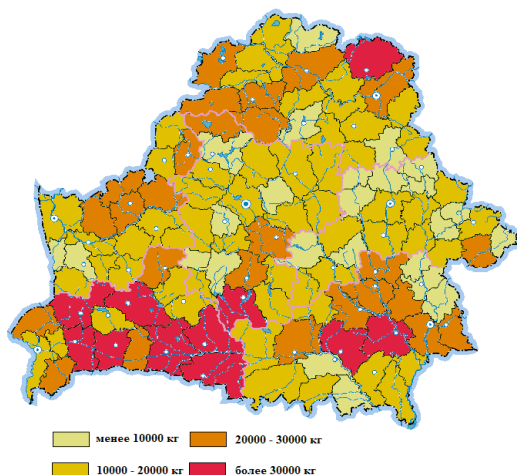


Рис. 3. Пространственное распределение биологического запаса аира обыкновенного.

Перспективными районами для заготовки сырья данного вида (более 30000 кг) являются: Дрогичинский (47355 кг), Кобринский (39680 кг), Пружанский (38660 кг), Пинский (38090 кг), Ивацевичский (35510 кг), Столинский (33130 кг) и Лунинецкий (30625 кг) районы Брестской области; Городокский район (32430 кг) Витебской области; Речицкий (39265 кг) и Калинковичский (35330 кг) районы Гомельской области; Солигорский район (38225 кг) Минской области.

Заклучение. Представители макрофитной растительности содержат в своем составе физиологически активные белки лектины. Показано, что лектины вовлекаются в процессы адаптации гидро- и гиgroфитов к условиям существования в прибрежно-водных биоценозах, в том числе, к перепаду температур в акватории озера Белое, являющегося водоемом-охладителем Березовской ГРЭС, что позволяет рассматривать данные белки в качестве молекулярных маркеров устойчивости водных растений. Установлено, что препарат маннозо-специфичного лектина из корневищ *Acorus calamus* обладает умеренным иммуностимулирующим действием в отношении различных популяций лимфоцитов. Предполагается, что препарат АСА характеризуется способностью выявлять гетерогенность углеводных детерминант поверхности клеток РМЖ человека в зависимости от их молекулярно-генетического подтипа.

Показано, что в Республике Беларусь имеется достаточная сырьевая база для региональных заготовок аира обыкновенного и производства лекарственных препаратов на его основе. Результаты проведенного эколого-биохимического исследования макрофитов свидетельствуют о перспективности создания заготовительных баз сырья аира обыкновенного и использования его в лекарственных целях.

Литература

1. Садчиков А. П., Кудряшов М. А. Экология прибрежно-водной растительности Москва: НИА-Природа, РЭФИА, 2004. 220 с.
2. Сборник нормативных документов по вопросам охраны окружающей среды / Сост. Войтов И. В., Кожевников Р. К. Минск, ОДО «Лоранж-2», 2001. Вып. 31. 172 с.
3. Власов Б. П., Гигевич Г. С. Использование высших водных растений для оценки и контроля за состоянием водной среды: Методические рекомендации. Минск: БГУ, 2002. 84 с.
4. Гигевич Г. С., Власов Б. П., Вынаев Г. В. Высшие водные растения Беларуси. Минск: БГЦ, 2001. 231 с.
5. Луцки М. Д., Панасюк Е. Н., Луцки А. Д. Лектины. Львов: Вища школа, 1981. 155 с.
6. Шакирова Ф. М., Безрукова М. В. // Журнал общей биологии. 2007. Т.68. № 2. С.100–125.
7. Sattsangi P. P., Sattsangi S. // Prep. Biochem. 1984/1985. V.14. № 5. P. 471–483.
8. Bains J.S., Dhuna V., Singh J., Kamboj S.S. et al. // Int. Immunopharmacol. 2005. V. 5. Iss.9. P.1470–1478.
9. Bradford M.M. // Anal.Biochem. 1976. V. 72. № 1–2. P. 248–254.
10. Caruso A, Licenziati S, Corulli M, Canaris AD, De Francesco MA, Fiorentini S, Peroni L, Fallacara F, Dima F, Balsari A, Turano A. // Cytometry. 1997. V. 27. № 1. P. 71–76.
11. Mardiney M, Brown MR, Fleisher TA. // Cytometry. 1996. V. 26. P. 305–310.
12. Clausen J, et al. // Immunobiology. 2003. V. 207. N 2. P. 85–93.
13. Ruiz-Espejo F., Cabezas-Herrera J., Illana J. // Breast cancer research and treatment. 2002 V.72 P. 11–22.
14. Шуканова Н. А. Способ определения у больного чувствительности клеток рака молочной железы к химиопрепарату или к группе химиопрепаратов. Патент Республики Беларусь, № 17447 от 07.05.2013.
15. Методика определения запасов лекарственных растений. М., 1986. 2 с.
16. Мاستибротская И. П., Масловский О. М., Родионов П. А. // Проблемы лесоведения и лесоводства: Сборник научных трудов Института леса НАН Беларуси. Гомель, 2010. Вып. 70. С. 76–88.
17. Капитонова О. А., Платунова Г. Р., Капитонов В. И. Рогозы Вятско-Камского края. Ижевск: Удмуртский университет, 2012. 190 с.
18. Абрамова К. И. Аутоэкологические особенности альгицидной и санирующей активности рогоза узколистного (*Typha angustifolia* L.) в условиях нагрузки по нитратному азоту // Дисс. ... канд.биол.наук. Нижний Новгород, 2009. 207 с.
19. Государственная фармакопея Республики Беларусь. Т.2. Общие и частные фармакопейные статьи. Минск, 2007. С.301.
20. Barbosa M. // Surg. Neurol. 2001. V. 55. N 2. P. 106–112.
21. Zakut H. // J. Clin. Invest. 1990. V. 86. P. 900–908.
22. Mack A., Robitzki A. // Prog. Neurobiol. 2000. V. 60. P. 607–628.
23. Zakut H. // Cancer. 1988. V. 61. N 4. P.727–737.
24. Soreq H., Lapidot-Lifson Y., Zakut H. // Cancer Cells. 1991. V. 3. P. 511–516.
25. Онкомаркеры [Электронный ресурс]. – Режим доступа: laboratory.rusmedserv.com/files/25_oncomarkery.pdf. – Дата доступа: 09.01.2014.
26. O'Brien K. M. // Clin. Cancer Res. 2010. № 16. P. 6100–6110.
27. Галич И. П., Евтушенко Н. В. // Онкология. 2003. Т. 5. № 1. С.4–9.
28. Пащенко, С. Н. // Онкология. 2002. Т.4. С.21–24.
29. Furmanski P. // Cancer Res. 1984. N 41. P. 4087–4092.
30. Macartney J. C. // J.Pathol. 1986. V.150. P.135–144.
31. Луцки, М. М. // Цитология и генетика. 2011. № 2. С. 3–9.

О. Л. КАНДЕЛИНСКАЯ, Е. Р. ГРИЩЕНКО, И. П. СЫСОЙ, Н. А. ШУКАНОВА,
Т. В. ШМАН, В. И. РАЗЛУЦКИЙ
**ЛЕКТИНЫ МАКРОФИТОВ: УЧАСТИЕ В МЕХАНИЗМАХ АДАПТАЦИИ
И ВОЗМОЖНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ**

Резюме

Установлено, что представители макрофитной растительности содержат в своем составе физиологически активные белки лектины. Показано, что лектины вовлекаются в процессы адаптации представителей гидро- и гигрофитов к условиям существования в определенных прибрежно-водных биоценозах, в том числе, к перепаду температур в акватории озера Белое, являющегося водоемом-охладителем Березовской ГРЭС, что позволяет рассматривать данные белки в качестве молекулярных маркеров устойчивости водных растений. Установлено, что препарат маннозоспецифичного лектина из корневищ *Acorus calamus* обладает умеренным иммуностимулирующим действием в отношении различных популяций лимфоцитов. Предполагается, что препарат АСА характеризуется способностью выявлять гетерогенность углеводных детерминант поверхности клеток РМЖ человека в зависимости от их молекулярно-генетического подтипа. Результаты эколого-биохимического исследования представителей макрофитной растительности свидетельствуют о перспективности создания в Республике Беларусь региональных заготовительных баз растительного сырья аира обыкновенного для использования его в медицинских целях.

O. L. KANDELINSKAYA, E. R. GRISCHENKO, I. P. SISOI, N. A. SHUKANOVA,
T. V. SHNAM, T. B. SHMAN, V. I. RAZLUTSKY
**LECTINS OF SOME MACROPHYTE PLANTS: PARTICIPATION IN THE
ADAPTATION AND THE POSSIBILITY OF USING**

Summary

It is found that members of macrophyte plants contain in their composition such the physiologically active proteins as lectins. It is shown that lectins are involved in the processes of adaptation of representatives of hydro- and hygrophytes to living conditions in certain coastal aquatic biological communities including temperature difference in the waters of Beloe Lake, which is a cooling pond of Berezovskaya GRES which allows us to consider these proteins as molecular resistance markers of aquatic plants. It has been established that the preparation mannose-binding lectin of *Acorus calamus* rhizomes (ACA) has mild immunostimulatory effect for different populations of lymphocytes. It is assumed that ACA characterized by the ability to detect the heterogeneity of cell surface carbohydrate determinants of human breast cancer based on their molecular genetic subtypes. It is shown that in Belarus there is a sufficient resource base of *Acorus calamus* for regional procurement and production of drugs based on it.

Поступила в редакцию 01.10.2015 г.