

20. Унифицированные методы исследования качества вод. Ч. 3. Методы биологического анализа вод. – М.: Изд-во СЭВ, 1977. – 175 с.

21. Баринаева С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. – Тель-Авив, 2006. – 498 с.

Поступила в редакцию 28.03.2014

УДК 582.663:633.11:577.3

Радиомодифицирующее действие лиофилизата щирницы запрокинутой (*Amaranthus retroflexus* L.) на физиологические и биохимические характеристики проростков пшеницы

А.Н. Журавская, И.В.Воронов, Е.Р. Поскачина, И.В. Слепцов

Проведены исследования по выявлению радиомодифицирующего действия разных концентраций лиофилизата щирницы запрокинутой (*A. retroflexus* L.) на физиологические и биохимические характеристики проростков трех сортов пшеницы. Установлено, что пострадиационное замачивание лиофилизатом *A. retroflexus* L. зерновок исследованных сортов пшеницы вызвало, как радиопротекторное, так и радиосенсибилизирующее действие по показателям массы и общей антиоксидантной защиты клеток проростков. Предположено, что амарантин, входящий в состав лиофилизата *A. retroflexus* L., являясь эффективным антиоксидантом, принимает прямое участие в инактивации свободных радикалов, что приводит к снижению скорости свободно-радикальных реакций, токсичные продукты которых поражают критические структуры клетки и нарушают естественный ход ее метаболизма.

Ключевые слова: гамма-облучение, радиомодификация, лиофилизат, щирница запрокинутая, амарантин, антиоксиданты.

Research on identification of radio modifying action of different concentrations of A. retroflexus L. lyophilizate on physiological and biochemical characteristics of three sprouts grades of wheat are conducted. It is established that post-radiation soaking by A. retroflexus L. lyophilizate of seeds of the studied grades of wheat caused, both radio tire-tread, and radio sensitizing action on indexes of weight and common antioxidative protection of sprouts. It is assumed that amarantin, a part of A. retroflexus L. lyophilizate, being an efficient antioxidant takes a direct part in the inactivation of free radicals that leads to decrease in speed of free-radical reactions which toxic products strike critical structures of a cell and break a natural course of its metabolism.

Key words: γ -radiation, radio modification, lyophilizate, *Amaranthus retroflexus* L., amarantin, antioxidants.

Изучение радиомодифицирующего действия различных биологически активных веществ (БАВ), получаемых из растений, является одной из приоритетных задач радиобиологических исследований. Радиомодификация – искусственное ослабление или усиление радиочувствительности биологических объектов. Ослабление радиочувствительности организма, т.е. усиление его радиорезистентности, особенно важно при разработке средств противолучевой защиты

в чрезвычайных условиях (например, при авариях на АЭС), а также при лучевой терапии злокачественных опухолей. Для управления радиочувствительностью используют различные радиомодифицирующие агенты [1]. В настоящее время ведется широкий поиск средств, позволяющих изменить повреждающие эффекты ионизирующего излучения в опухолях и нормальных тканях, т.е. способов максимального разрушения опухоли без нарушения репаративных свойств нормальных тканей, играющих большую роль в заживлении послеоперационных ран. К этим средствам относятся радиомодификаторы, т.е. различные физические и химические факторы, способные изменять (ослаблять или усиливать) радиочувствительность клеток тканей и организма [2].

ЖУРАВСКАЯ Алла Николаевна – д.б.н., проф., г.н.с. ИБПК СО РАН, jan43@mail.ru; ВОРОНОВ Иван Васильевич – к.б.н., н.с. ИБПК СО РАН, viv_2002@mail.ru; ПОСКАЧИНА Елена Рудольфовна – ст. лаборант ИБПК СО РАН, poskachinalena@yandex.ru; СЛЕПЦОВ Игорь Витальевич – студент биолого-географического факультета СВФУ, negroxasg@mail.ru.

РАДИОМОДИФИЦИРУЮЩЕЕ ДЕЙСТВИЕ ЛИОФИЛИЗАТА ЩИРИЦЫ ЗАПРОКИНУТОЙ

Малоизученной в этом отношении является щирица запрокинутая (*Amaranthus retroflexus* L.), широко распространенное дикорастущее растение Центральной Якутии, имеющее большой потенциал для использования в разных областях медицинского, пищевого и сельскохозяйственного направлений [3]. Щирица богата белками, углеводами, имеет высокую семенную продуктивность. В биомассе щирицы содержится вещество амарантин ($C_{29}H_{31}O_{19}$), относящийся к алкалоидам – беталаинам, который является природным водорастворимым антиоксидантом. Растение содержит флавоноиды, такие как рутин, кверцетин и др. В листьях *A. retroflexus* отмечено высокое содержание биогенного хорошо усвояемого кальция (до 5,3% в пересчете на сухую массу). Семена *A. retroflexus* L. в большом количестве содержат сквален, обладающий выраженным противоопухолевым и ранозаживляющим действием [4]. Использование экстрактов из вегетативных частей *A. retroflexus* L., содержащих БАВ антиоксидантного действия, могут модифицировать лучевую реакцию при действии острого γ -облучения на животный и растительный организмы.

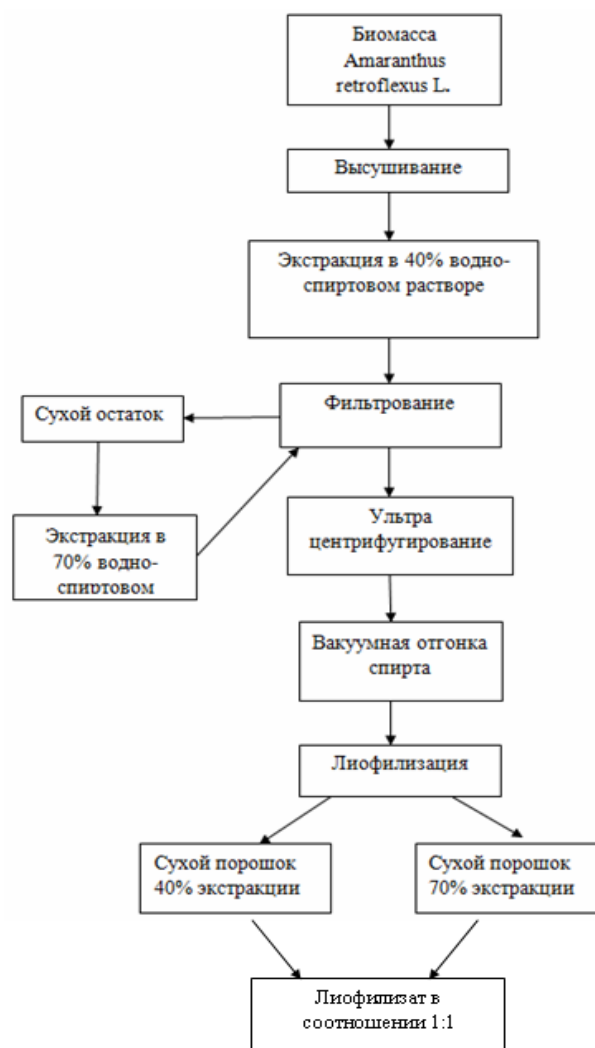
Целью данной работы являлось изучение радиомодифицирующего действия лиофилизатов щирицы запрокинутой на физиологические и биохимические характеристики проростков трех сортов пшеницы, выросших из γ -облученных зерновок.

Материал и методы

В работе были использованы семена пшеницы сортов «Якутянка–224», «Туймаада» и «Приленская–19», районированных и произрастающих в условиях криолитозоны. Все сорта имеют короткий вегетационный период (70–85 дней), засухоустойчивы, устойчивы к осыпанию, к полеганию, болезням, экстремальным условиям возделывания и имеют хорошее качество зерна [5]. Воздушно-сухие зерновки были облучены γ -квантами ^{60}Co с мощностью экспозиционной дозы облучения 7 рад/с на установке типа «Исследователь» в диапазоне доз от 10 до 600 Гр. Контролем служили не облученные и не прошедшие предпосевную обработку лиофилизатом зерновки.

БАВ последовательно экстрагировали из вегетативных частей (сухое сырье) 40 и 70% водно-спиртовыми растворами в соотношении 1:10 по технологической схеме, представленной ниже.

Зерновки пшеницы замачивали в течение 24 ч в водных растворах смеси лиофилизата, содержащего амарантин и другие БАВ, в концентрациях – 1, 2 и 4%. Проращивание проводили в чаш-



Технологическая схема получения лиофилизата из *A. Retroflexus* L.

ках Петри на ватно-марлевой подкладке при комнатной температуре, в 4 повторностях по 25 зерновок в каждой. Критериями оценки физиологического статуса проростков были: всхожесть зерновок на седьмой день (%) и средняя масса сухого проростка (мг). Биохимические показатели оценивали по активности ферментов пероксидазы (АП) и супероксиддисмутазы (СОД) [6,7], суммарному содержанию низкомолекулярных антиоксидантов (НМАО) [8], перекисное окисление липидов (ПОЛ) – по содержанию малонового диальдегида (МДА) [9]. Определение кверцетина и рутина проводили с использованием метода ВЭЖХ [10] на микроколоночном хроматографе Милихром А–02 фирмы «ЭкоНова» (Россия) с последующей компьютерной обработкой результатов исследования, используя программу «МультиХром для «Windows», общее содержание флавоноидов и амарантина – по спектрофотометрической методике [11].

Все измерения выполнены в четырех биологических и аналитических повторностях. Результаты экспериментов представлены среднеарифметическими значениями. При определении биохимических и физиологических параметров статистический разброс устанавливали путем закладки 1,0 и 10,0% ошибки на метод, соответственно [12].

Результаты и обсуждение

В табл. 1 представлены результаты определения состава БАВ лиофилизатов, полученных по разработанной нами технологической схеме. Установлено, что условия экстрагирования биоматериала статистически достоверно не повлияли на содержание кверцетина и рутина в лиофилизатах. Экстракция 70% водно-спиртовым раствором привела к увеличению в 7,3 раза выхода амарантина и в 2,7 раза суммарного содержания НМАО.

Ранее было показано, что при использовании разных концентраций экстрагента наибольший эффект наблюдался (на примере зерновок пшеницы) при 70% водно-этанольной экстракции [13].

В данном эксперименте была использована смесь №3, так как после экстракции наблюдалось обогащение этой смеси НМАО, в отличие от вариантов №1 и №2, на фоне уменьшения суммарного содержания амарантина и суммы флавоноидов. Следует отметить, что большинство флавоноидов, рутин и кверцетин – мало- или нерастворимы в воде. Поэтому их влияние на модификацию лучевой реакции незначительно или отсутствует совсем, когда как амарантин имеет высокую растворимость в воде. Амарантин растворим в воде, состоит из агликона бетанидина и углеводной части, имеет красно-фиолетовый цвет и может использоваться также как пищевой краситель [11].

Вначале был поставлен эксперимент по выявлению действия разных концентраций лио-

филизата №3 (1, 2 и 4%) на физиологические и биохимические характеристики зерновок и проростков трех сортов пшеницы относительно контроля. Установлено, что лиофилизат №3 в 1 и 2% концентрациях статистически достоверно не повлиял на всхожесть зерновок и среднюю массу проростков у исследуемых сортов пшеницы. Следует отметить действие 4% водного раствора, при котором статистически достоверно снижались всхожесть зерновок на 30 и 40% и масса проростков на 60 и 70% у сортов «Якутянка–224» и «Туймаада», соответственно (рис. 1).

В табл. 2 представлены данные активности пероксидазы, СОД, суммарного содержания

Таблица 1

Содержание некоторых биологически активных веществ в лиофилизате щирцы запрокинутой

Лиофилизат, Т	Амарантин, мг/Г _{лиоф}	Сумма НМАО, мкг-ЭКВ _{кверц} /Г _{лиоф}	Флавоноиды, мг/Г _{лиоф}		
			сумма флавоноидов	рутин	кверцетин
№1 (40%)	0,3±0,003	0,5±0,005	1,9±0,019	0,9±0,009	0,05±0,005
№2 (70%)	2,2±0,022	0,2±0,002	5,1±0,051	0,4±0,004	0,06±0,006
№3 (смесь)	1,3±0,013	0,4±0,004	3,5±0,035	0,7±0,007	0,06±0,006

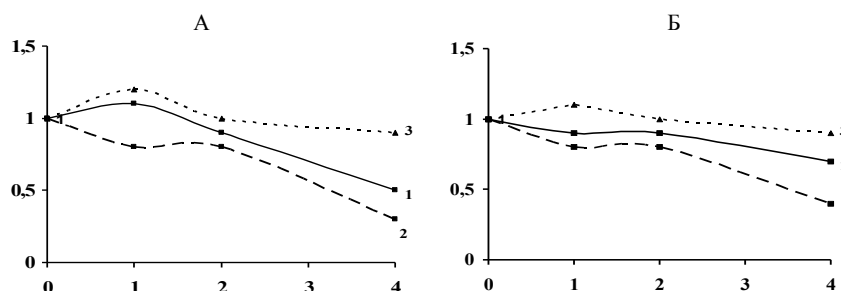


Рис.1. Всхожесть зерновок пшеницы и средняя масса сухого проростка в зависимости от концентрации лиофилизата: по оси абсцисс – концентрация лиофилизата, %; по оси ординат – всхожесть зерновок (А) и средняя масса сухого проростка (Б), нормировано относительно контроля. 1 – «Якутянка–224»; 2 – «Туймаада»; 3 – «Приленская–19»

Таблица 2

Активность пероксидазы, СОД, суммарное содержание НМАО и концентрация МДА в клетках разных сортов пшеницы в зависимости от концентрации лиофилизата (p<0,01)

Конц. лиофилизата, %	Пероксидаза, мкмоль/ (Г _{тк} ·мин)	СОД, мкмоль/ (Г _{тк} ·мин)	НМАО, мкг-ЭКВ _{кверц} /Г _{тк}	МДА, мкмоль/Г _{тк}
«Якутянка–224»				
0	5,8	0,1	0,1	0,05
1	10,4	0,1	0,2	0,05
2	4,0	0,1	0,1	0,03
4	20,1	0,1	0,1	0,06
«Туймаада»				
0	46,7	0,5	0,4	0,06
1	18,7	0,6	0,5	0,08
2	14,0	0,5	0,4	0,07
4	23,4	0,6	0,3	0,05
«Приленская–19»				
0	46,9	0,8	0,2	0,04
1	18,8	1,0	0,1	0,02
2	23,5	4,2	0,2	0,03
4	23,5	5,0	0,1	0,03

НМАО и концентрации МДА в клетках разных сортов пшеницы в зависимости от концентрации лиофилизата.

Повышение концентрации лиофилизата привело к уменьшению активности фермента пероксидазы в клетках проростков у всех сортов на 60–70%, за исключением сорта «Якутянка–224», у которого пероксидазная активность возросла в 3,5 раза по сравнению с контролем.

Активность СОД оставалась на одном уровне с контролем у проростков «Якутянка–224» и «Туймаада», а у «Приленская–19» увеличивалась в 1,3–6,3 раза. Суммарное содержание НМАО при увеличении концентрации лиофилизата снижалось на 20–40%, за исключением сорта «Якутянка–224», у которой данный показатель был выше контрольного значения в 1,4–1,5.

На рис. 2 представлено изменение суммарной антиоксидантной защиты клеток проростков пшеницы в зависимости от концентрации лиофилизата. Суммарная антиоксидантная защита вычислялась из нормированных к контрольному значению слагаемых по следующей формуле:

$$\text{коаз} = (\text{пероксидаза} + \text{СОД} + \text{НМАО}) / 3.$$

Показано, что у каждого из сортов пшеницы антиоксидантная защита специфически реагировала на действие комплекса лиофилизата в различных концентрациях. У сорта «Якутянка–224» антиоксидантная защита усилилась за счет увеличения активности пероксидазы (варианты 1 и 4%), у «Приленская–19» за счет увеличения активности супероксиддисмутазы (варианты 2 и 4%). В клетках проростков сорта «Туймаада» при всех вариантах концентраций был снижен уровень антиоксидантной защиты.

Известно, что в отсутствии экстремальных эндо- или экзогенных факторов процесс перекисного окисления липидов (по накоплению МДА) протекает в клетках сбалансировано. Концентрация продуктов ПОЛ поддерживается

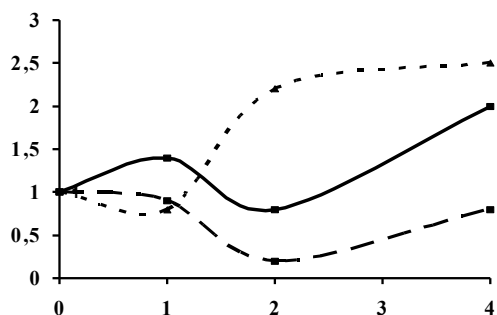


Рис. 2. Суммарная антиоксидантная защита проростков в зависимости от концентрации лиофилизата: по оси абсцисс — концентрация лиофилизата, %; по оси ординат — суммарная антиоксидантная защита проростков (коаз), нормировано относительно контроля. 1 — «Якутянка–224»; 2 — «Туймаада»; 3 — «Приленская–19»

на постоянном низком уровне. Перекиси липидов могут выступать в роли факторов, активируя или ингибируя деятельность некоторых ферментов. Предполагается, что ПОЛ в клетках принимает участие в регуляции транспорта веществ через мембрану. Стационарность скорости реакций ПОЛ поддерживается антиоксидантными системами. В условиях стресса происходит нарушение равновесия про- и антиоксидантов в клетке [9]. Уровень перекисного окисления липидов, оцениваемый по количеству накопления МДА в мембранах клеток, оставался практически на одном уровне с контролем у сортов «Якутянка–224» и «Туймаада» и снижался на 30–40% в мембранах проростков сорта «Приленская–19» с увеличением концентраций лиофилизата.

Таким образом, воздействие лиофилизата в концентрациях 1 и 2% не оказало выраженного негативного воздействия на физиологические и биохимические характеристики проростков при предпосевном замачивании зерновок изученных сортов пшеницы. Замачивание зерновок пшеницы в 4% растворе вызвало значительное снижение их всхожести и средней массы сухого проростка. Лيوфилизат, использованный в концентрации 4%, действовал сортоспецифично, поскольку при этой концентрации происходила значительная активация системы антиоксидантной защиты у только у двух сортов — «Якутянка–224» и «Приленская–19».

Второй частью работы было выявление действия острого γ -облучения на физиологические и биохимические характеристики проростков этих же сортов пшеницы. На рис. 3 показаны всхожесть зерновок пшеницы и средняя масса сухого проростка в зависимости от дозы облучения

Установлено, что полученные дозы острого γ -облучения статистически достоверно не повлияли на всхожесть зерновок трех сортов пшеницы. Можно выделить наличие небольшой стимуляции по этому критерию у сорта «Якутянка–224» в диапазоне доз от 10 до 200 Гр. Масса проростка у всех сортов значительно снижалась по мере нарастания дозы γ -облучения (рис. 3, А и Б).

В табл. 3 представлены результаты измерений активности пероксидазы, СОД, суммарного содержания НМАО и концентрации МДА в клетках разных сортов пшеницы в зависимости от дозы γ -облучения, полученной зерновками перед их посевом.

Установлено, что тоже проявляется ответная сортоспецифичность на биохимическом уровне на действие острого γ -облучения. Следует выделить сорт «Якутянка–224», в клетках проростков которого значительно активировались пероксидаза (в 13,4 раза) и СОД (в 2,0 раза) по мере воз-

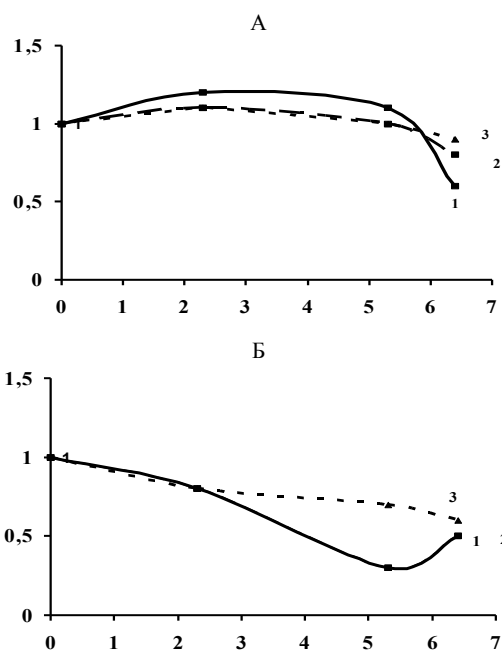


Рис.3. Всхожесть зерновок пшеницы и средняя масса сухого проростка в зависимости от дозы облучения: по оси абсцисс – ln дозы γ-облучения; по оси ординат – всхожесть зерновок (А) и средняя масса сухого проростка (Б), нормировано относительно контроля. 1 – «Якутянка–224»; 2 – «Туймаада»; 3 – «Приленская–19»

растения дозы облучения. За счет этого суммарная антиоксидантная защита клеток проростков возросла в 6,1 раза (рис.4). Острое γ-облучение привело к снижению уровня ПОЛ в мембранах клеток проростков у «Якутянка–224». Повысились активность пероксидазы и количество НМАО у проростков сорта «Туймаада» на фоне нелинейного снижения уровня ПОЛ. Действие острого облучения на проростки сорта «Приленская–19» отразилось на снижении антиоксидантных показателей, и как следствие, на повышении ПОЛ (табл.3).

Третьим этапом исследования было выявление пострадиационного модифицирующего действия лиофилизата щиряцы запрокинутой на физиологические и биохимические характеристики зерновок и проростков изученных сортов пшеницы. В табл. 4 показаны значения факторов изменения дозы (ФИД) при действии разных концентраций лиофилизата на примере средней массы и коэффициента общей антиоксидантной защиты клеток проростков.

Количественной характеристикой любого радиомодифицирующего эффекта является ФИД, который рассчитывают как отношение равноэффективных доз облучения в присутствии и отсутствии радиомодифицирующего агента:

$$ФИД = \frac{\text{Доза с препаратом (опыт)}}{\text{Доза без препарата (контроль)}}$$

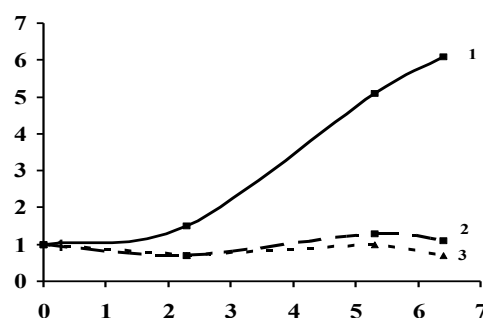


Рис.4. Суммарная антиоксидантная защита проростков в зависимости от дозы γ-облучения: по оси абсцисс – ln дозы γ-облучения; по оси ординат – значения антиоксидантной защиты (коаз), нормировано относительно контроля. 1 – «Якутянка–224»; 2 – «Туймаада»; 3 – «Приленская–19»

Т а б л и ц а 3

Активность пероксидазы, СОД, суммарное содержание НМАО и концентрация МДА в клетках разных сортов пшеницы в зависимости от дозы γ-облучения (p<0,01)

Доза, Г	Пероксидаза, мкмоль/(Г _{ГК} ·мин)	СОД, мкмоль/(Г _{ГК} ·мин)	НМАО, мкг·ЭКВ _{кверц} /Г _{ГК}	МДА, мкмоль/Г _{ГК}
«Якутянка–224»				
0	5,8	0,1	0,1	0,05
10	10,8	0,1	0,2	0,03
200	63,9	0,2	0,3	0,04
600	77,9	0,3	0,3	0,02
«Туймаада»				
0	46,7	0,5	0,4	0,06
10	56,7	0,2	0,2	0,03
200	77,3	0,3	0,2	0,05
600	88,2	0,2	0,5	0,05
«Приленская–19»				
0	46,9	0,8	0,2	0,04
10	27,6	0,6	0,2	0,03
200	30,9	0,2	0,2	0,04
600	43,5	0,5	0,2	0,05

При этом независимо от направления модифицирующего воздействия (т.е. усиления или ослабления лучевого эффекта) берется отношение большей дозы к меньшей [14].

Из данных табл. 4 следует, что пострадиационное замачивание зерновок исследованных сортов пшеницы оказало, как радиопротекторное, так и радиосенсибилизирующее действие по показателям массы и общей антиоксидантной защиты клеток проростков. Сочетания предпосевного острого γ-облучения и последующего замачивания зерновок у сортов «Якутянка–224» и «Туймаада» в лиофилизате разных концентраций (варианты: 10Гр+1%; 10 Гр+2% и 10 Гр+4%; 200 Гр+ 1%; 200 Гр+2% и 200 Гр+4%) привели к радиозащитному эффекту (по массе проростка и коаз). ФИД изменялся от уровня контроля до 2,5. То есть примененные нами концентрации лиофилизата щиряцы запрокинутой, содержаще-

Т а б л и ц а 4

Значения ФИД при действии разных концентраций лиофилизата на примере средней массы (m) и коэффициента общей антиоксидантной защиты клеток проростков (коаз)

Доза, г	m	коаз	m	коаз	m	коаз
«Якутянка–224»						
	1%		2%		4%	
10	1,5	2,5	1,4	2,1	1,1	1,1
200	1,3	1,3	2,0	1,3	1,3	1,3
600	0,8	0,7	0,7	0,9	1,0	1,9
«Туймаада»						
	1%		2%		4%	
10	1,1	1,3	1,5	1,7	1,5	1,0
200	1,6	1,3	1,0	1,1	1,0	1,1
600	0,7	8,9	0,7	10,4	1,2	14,2
«Приленская–19»						
	1%		2%		4%	
10	1,3	0,5	1,3	0,5	1,3	1,0
200	0,8	1,9	0,7	1,1	0,7	3,0
600	0,5	1,1	0,6	2,0	0,6	2,0

го амарантин, выступили в качестве радиопротекторов, достаточно эффективно снимающих пострadiационное поражение, как на физиологическом, так и на биохимическом уровнях.

Варианты с облучением 600 Гр+1%, 600 Гр+2% и 600 Гр+4% снизили среднюю массу проростков у всех сортов пшеницы на 20÷50%. Исключением являются варианты 600 Гр+4% («Якутянка–224»), где масса проростка статистически достоверно не отличалась от контроля и вариант 600 Гр+4% («Туймаада»), где наблюдалось увеличение массы проростка на 20%. Таким образом, сочетания острого γ -облучения в дозе 600 Гр и последующего замачивания зерновок 4% концентрацией лиофилизата дает радиосенсибилизирующий эффект по показателю «средний вес проростка». Следует отметить значения ФИД у сорта «Приленская–19», где не была зафиксирована однозначная реакция на все примененные нами варианты с облучением и замачиванием в разных концентрациях зерновок.

Заключение

Таким образом, в результате проведенного исследования установлено, что лиофилизат в 1 и 2% концентрациях не оказал выраженного негативного воздействия на среднюю массу проростков сортов «Якутянка–224» и «Приленская–19», но значительно активировал систему антиоксидантной защиты их клеток. 4% раствор лиофилизата значительно снизил всхожесть зерновок и среднюю массу сухого проростка. То есть лиофилизат в концентрации 4% действовал сортоспецифично. Также сортоспецифичность проявилась при действии острого γ -облучения

на биохимическом уровне, или за счет активации ферментов пероксидазы и СОД, или увеличения суммарного содержания низкомолекулярных антиоксидантов и повышения (или понижения) ПОЛ у исследуемых сортов.

Установлено, что пострадиационное замачивание лиофилизатом ширицы запрокинутой зерновок исследованных сортов пшеницы вызвало, как радиопротекторное, так и радиосенсибилизирующее действие по показателям массы и общей антиоксидантной защиты клеток проростков. Варианты: 10 Гр+1%; 10 Гр+2% и 10 Гр+4%; 200 Гр+1%; 200 Гр+2% и 200 Гр+4% привели к радиозащитному эффекту у сортов «Якутянка–224» и «Туймаада». Фактор изменения дозы варьировал от 1,0 до 2,5. Из этого следует, что лиофилизат ширицы запрокинутой, содержащий амарантин, в использованных нами концентрациях обладает радиопротекторным действием, т.е. достаточно эффективно снимающим пострадиационное поражение, как на физиологическом, так и на биохимическом уровнях.

Согласно современным представлениям, возможные механизмы радиопротекторного действия в клетках проростков связаны со снижением скорости свободно-радикальных реакций, токсичные продукты которых (например, активные формы кислорода) поражают критические структуры клетки и нарушают естественный ход ее метаболизма [14]. Амарантин, входящий в состав лиофилизата ширицы запрокинутой, являясь эффективным антиоксидантом, вероятно, принимает прямое участие в инактивации свободных радикалов, восстановлении возбужденных и ионизированных биомолекул, стимуляции антиоксидантной системы организма.

Литература

1. Владимиров В.Г., Красильников И.И., Арапов О.В. Радиопротекторы: структура и функция. – Киев: Наукова думка, 1989. – 264 с.
2. Васин М.В. Противолучевые лекарственные средства. – М., 2010. – 180 с.
3. Васильченко А.И. *Amaranthus retroflexus* L. Ширица запрокинутая // Флора СССР. – М.;Л.: Изд-во АН СССР, 1936. – Т. VI. – С. 362–363.
4. Кислова Н.М. Полезные свойства сорняков. – М.: АСТ-ПРЕСС, 2009. – 288 с.
5. Каталог районированных (включенных в Госреестр) сортов сельскохозяйственных культур, созданных учеными Сибири в 1929–1995 г. – Новосибирск, 1997. – 350 с.
6. Ермаков А.И. Методы биохимического исследования растений. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 430 с.
7. Giannopolitis C.N., Ries S.K. Superoxide Dismutases: I. Occurrence in higher plants // Plant Physiol. – 1977. – V.59, №2. – P. 309–314.

8. Асатиани В.С. Ферментные методы анализа. – М.: Наука, 1969. – 740 с.
9. Владимиров Ю.А., Арчаков А.И. Перекисное окисление липидов в биологических мембранах. – М.: Наука, 1972. – 252 с.
10. Veek T.A. Chemical analysis of Ginkgo biloba leaves and extracts // Journ. of chromatography A. – 2002. – № 967. – P. 21–35.
11. Гинс М.С. Биологически активные вещества амаранта. Амарантин: свойства, механизмы действия и практическое использование. – М.: РУДН, 2002. – 183 с.
12. Лакин Г.Ф. Биометрия. – М.: Высш. школа, 1980. – 293 с.
13. Журавская А.Н., Воронов И.В., Поскачина Е.Р. Радиомодифицирующее действие лиофилизата *Amarantus retroflexus* // Междунар. междисцип. научн. конф. Биологически активные вещества: фундаментальные и прикладные вопросы получения и применения. – 2013. – Новый Свет, Крым, Украина. – Т. 1. – С.247.
14. Гребенюк А.Н., Легеза В.И., Назаров В.Б., Тимошевский А.А. Медицинские средства профилактики и терапии радиационных поражений: учебное пособие. – СПб.: ООО «Издательство ФОЛИАНТ», 2011. – 92 с.

Поступила в редакцию 23.07.2013

УДК 595.75(571.56)

Горная цикада *Cicadetta montana* (Scopoli, 1772) – новый вид в фауне цикадовых (Cicadinea) Якутии

Н.Н. Винокуров, Ю.В. Ермакова

Описана вторая находка горной цикады *Cicadetta montana* (Scopoli, 1772) в зоне многолетней мерзлоты в Восточной Сибири. Горная цикада распространена на юге и средних широтах Европы, в Средней Азии, Казахстане, Кавказе, на юге Сибири и Дальнего Востока, занесена в Красные книги ряда субъектов Российской Федерации. Ареал горной цикады охватывает районы широколиственных лесов и лесостепи. Первая находка горной цикады в среднетаежной подзоне Восточной Сибири отмечена на правом берегу р. Енисей в окр. п. Бахта [1]. В Юго-Западной Якутии одна самка была добыта в долине р. Лена вблизи г. Олекминска. Проникновение видов из одних природных зон в другие по долинам крупных рек объясняется тепляющим эффектом больших водных масс, благодаря которому теплолюбивые виды насекомых из юга Восточной Сибири проникают далеко на север. Продолжительность цикла развития горной цикады в европейской части России составляет от 4 до 6 лет. Климатические особенности Олекминского участка долины Лены позволяют горной цикаде успешно завершать развитие личиночной фазы, что свидетельствует об успешной адаптации личинок певчих цикад к обитанию в условиях низких отрицательных температур криолитозоны Восточной Сибири.

Ключевые слова: фауна, цикадовые, Homoptera, Cicadinea, Восточная Сибирь, Якутия.

In the paper the second find of mountain cicada *Cicadetta montana* (Scopoli, 1772) in the permafrost zone of Eastern Siberia is described. The mountain cicada is widely distributed in the southern and middle latitudes of Europe, Middle Asia, Kazakhstan, the Caucasus, south of Siberia and Far East. It has been entered into some local Red Data Books of the Russian Federation as a rear and threatened species. Duration of the development cycle of mountain cicada in the European part of Russia lasts 4 to 6 years. The first record of mountain cicada in the middle taiga subzone of Eastern Siberia was made on the right bank of the Yenisei River in the vicinity of the Bakhta settlement [1]. In South-Western Yakutia one female of this species was collected in the Lena River valley near Olyekminsk town. Warming effect of the large Siberian river water masses promote distribution of insects like cicadas from the south far towards the north. The mountain cicada successfully adapted to climatic features of the Olyekminsk section of the Lena River valley and survive under conditions of low temperature of the permafrost zone of Eastern Siberia.

Key words: fauna, Homoptera, Cicadinea, Yakutia.

Певчие цикады (Cicadidae) многочисленны в южных широтах, в северной Евразии отмечен

только один вид – горная цикада *Cicadetta montana* (Scopoli, 1772). По литературным данным [2–4], она распространена на юге и средних широтах Европы, в Средней Азии, Казахстане, Кавказе, на юге Сибири и Дальнего Востока. Во многих регионах сокращение мест обитания привело к значительному снижению численно-

ВИНОКУРОВ Николай Николаевич – д.б.н., с.н.с. ИБПК СО РАН, vinok@ibpc.ysn.ru; ЕРМАКОВА Юлия Владимировна – м.н.с. ИБПК СО РАН, yermakova68@mail.ru.