

© Коллектив авторов, 2017

К. В. Безматерных¹, Т. И. Ширшова², И. В. Бешлей², Н. В. Матистов²,
Г. В. Смирнова¹, О. Н. Октябрьский^{1, 3}, В. В. Володин²

ОЦЕНКА АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТИ ЭКСТРАКТОВ *ALLIUM SCHOENOPRASUM* L. С ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО ПОВЫШЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ СЕЛЕНА

¹ ФГБУН Институт экологии и генетики микроорганизмов Уральского отделения РАН, Россия, 614081, Пермь.

² ФГБУН Институт биологии Коми Научного центра Уральского отделения РАН, Россия, 167982, Сыктывкар.

³ Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Россия, 614990, Пермь.

Изучено влияние подкормки селеном растения *A. schoenoprasum* на антиоксидантную активность его экстрактов. Показано, что обработка семян селенатом натрия приводила к незначительному увеличению уровня полифенолов в экстрактах и экспрессии антиоксидантного гена *katG*, не влияла существенно на радикал-связывающую (РСА) и хелатирующую (ХА) активности экстрактов и не способствовала повышению их антиоксидантной активности в микробной тест-системе. Селенат, искусственно введенный в экстракты, статистически достоверно снижал такие показатели, как концентрация полифенолов, РСА, ХА, а также в небольшой степени антиоксидантную активность в микробной тест-системе, и не влиял на способность экстрактов стимулировать экспрессию гена *katG*.

Ключевые слова: селен; полифенолы; антиоксидантная активность.

Многолетние луки, которые издавна используются населением как пищевые и лекарственные средства, в последнее десятилетие привлекают внимание исследователей, так как являются продуцентами-накопителями многих полезных веществ, в том числе селена — важного микроэлемента для человека, пониженное содержание которого в организме связывают с повышением риска различных заболеваний. Являясь природным антиоксидантом (в составе антиокислительного фермента глутатионпероксидазы), селен участвует в защите организма от возникновения и развития кардиологических и некоторых онкологических заболеваний, метаболизме тиреоидных гормонов, репродукции, выведении тяжелых металлов, устойчивости к вирусным заболеваниям [1]. Шнитт-лук (*Allium schoenoprasum* L.) является аккумулятором селена, который с недавнего времени считается важным элементом в питании человека [2]. В литературе неоднократно отмечались высокие антиоксидантные свойства его экстрактов, обусловленные наличием особых органических форм селена и высокими концентрациями витамина С и флавоноидов [3, 4]. Нами получены новые данные об антиоксидантных свойствах спиртовых экстрактов луковиц *A. schoenoprasum*, изучено их действие на живые бактерии в условиях окислительного стресса, обнаружена повышенная антиоксидантная активность (АОА), достаточная для защиты бактерий от окислительного стресса [5]. Наблюдалась тенденция к ингибированию роста подкожно перевиваемой карциномы Эрлиха у мышей-самцов BDF на стадии ее ин-

тенсивного развития водно-спиртовыми экстрактами листьев шнитт-лука [6], а также ингибирующее действие его экстрактов, содержащих стероидные гликозиды, на рост опухолей и продолжительность жизни мышей с перевиваемой метастазирующей карциномой легких Льюиса [7].

В большинстве овощных культур селен накапливается в очень малых или даже следовых количествах. Одним из путей повышения пищевой и фармакологической ценности растений является искусственное повышение их селенового статуса. Полученные нами данные об антиоксидантном и противоопухолевом действии экстрактов шнитт-лука позволяют в этом случае ожидать усиление их активности.

Целью работы является комплексная оценка АОА экстрактов растений *A. schoenoprasum* с искусственно повышенным содержанием селена с использованием химических методов и микробных тест-систем.

Экспериментальная химическая часть

Объектом исследований стали экстракты листьев шнитт-лука второго года жизни, выращенных из семян, прошедших намачивание в 0,001 и 0,005 % растворах селената натрия. Намачивание семян в растворах селената или селенита натрия является одним из эффективных методов повышения селенового статуса растений [1, 2]. Предварительно высушенные листья лука измельчали и экстрагировали 70 % этанолом (табл. 1). С целью получения экстрактов, искусственно обогащенных неорганическим селеном, раститель-

ное сырье экстрагировали 70 % этанолом, содержащим 0,001 и 0,005 % селената натрия. Пробы, содержащие экстракты, высушивали и хранили для последующих анализов в виде порошка. Содержание селена в растительном сырье и экстрактах определяли в лаборатории «Экоаналит» Института биологии Коми НЦ УрО РАН на атомно-эмиссионном спектрометре с индуктивно-связанной плазмой Spectro Ciros^{CCD} (Spectro Analytical Instrument GmbH, Германия).

Экспериментальная биологическая часть

Радикал-связывающую активность (РСА) с 2,2-дифенил-1-пикрилгидразилом (ДФПГ) определяли спектрофотометрическим методом [8]. РСА рассчитывали по формуле:

$$\text{РСА (\%)} = \left(1 - \frac{\text{поглощение образца}}{\text{поглощение контроля}} \right) \cdot 100.$$

IC_{50} — концентрация субстрата (мг/г), при которой 50 % радикалов связывается с тестируемым образцом. Для расчета IC_{50} выбирали отрезок между 2 точками на прямолинейном участке графика “доза — эффект”.

Способность экстрактов к хелатированию (Fe^{2+}) определяли спектрофотометрическим методом [9]. Хелатирующую способность (ХС) рассчитывали по формуле:

$$\text{ХС (\%)} = \left(1 - \frac{\text{поглощение образца}}{\text{поглощение контроля}} \right) \cdot 100,$$

где EC_{50} — концентрация субстрата (мг/г), при которой ионы Fe^{2+} хелатируются на 50 %, рассчитывалась, как указано выше для IC_{50} .

Определение суммарного содержания фенольных соединений проводили спектрофотометрическим методом с использованием реактива Фолина – Чокальтеу [10]. Результат определения выражали в мг-эквивалентах галловой кислоты (ГАЕ)/мл экстракта.

Определение АОА с применением микробных тест-систем. Генно-инженерный штамм *Escherichia coli* NM3021, использованный в работе, сконструирован нами трансформацией бактерий дикого типа BW25113 (штамм получен из CGSC *E. coli* Genetic Stock Center, USA) плазмидами *pKT1033* (*katG::lacZ*) (получена от проф. К. Тао, Kyoto University, Japan). Плазмида несет слияние промотора гена *katG* со структурным геном β -галактозидазы, что позволяет судить о степени экспрессии этого гена по уровню активности β -галактозидазы.

Бактерии культивировали на минимальной среде М9 [11] с глюкозой (0,15 %), казаминовыми кислотами (0,2 %) и тиаминном (10 мкг/мл). Ночную культуру выращивали в термостате при 37 °С. Клетки ночной культуры центрифугировали и переносили в колбы объемом 250 мл, содержащие 100 мл среды М9, до начальной $OD_{600} = 0,1$ и выращивали на качалках при скорости вращения 140 об/мин и температуре 37 °С до $OD_{600} = 0,6$. Далее культуру центрифугировали и повторно суспендировали в 8 мл среды М9. В каждую

ячейку 96-луночного иммунологического планшета добавляли 5 мкл исследуемых экстрактов [50 мг/мл в диметилсульфоксиде (ДМСО)], 5 мкл концентрированных клеток (до конечной $OD_{600} = 0,1$) и среду М9 до общего объема 200 мкл. Предварительные исследования показали, что ДМСО в применяемой нами концентрации не оказывал заметного действия на рост и выживаемость бактерий. OD_{600} измеряли до и после добавления клеток, чтобы учесть цветность экстракта. Планшеты культивировали на микропланшетном шейкере ST-3L (Elmi, Германия) (140 об/мин, температура 37 °С) 20 мин, оптическую плотность измеряли при $\lambda = 600$ нм (OD_{600}) и в опытные ячейки вносили H_2O_2 до концентрации 0,1 мМ и 2,5 мМ. Культивирование продолжали в течение 30 мин, после чего вновь измеряли OD_{600} . Все измерения оптической плотности производили на микропланшетном спектрофотометре xMark (BioRad, США). Полученные значения использовали для подсчета удельной скорости роста (μ): $\mu = \Delta \ln OD_{600} / \Delta t$, где t — время, ч. АОА определяли как способность экстракта защищать клетки от действия H_2O_2 и количественно выражали как отношение μ в присутствии экстракта к значению μ без экстракта.

Уровень экспрессии антиоксидантного гена *katG* определяли путем измерения активности β -галактозидазы в штамме *E. coli* NM3021, несущем генное слияние *katG::lacZ* [12], модифицированного нами для измерения на иммунологических планшетах с использованием спектрофотометра xMark. По 30 мкл культуры из каждой ячейки первого планшета (для определения АОА) переносили на второй планшет с 90 мкл восстановительного буфера в каждой ячейке, добавляли 1 мкл толуола и 1 мкл дезоксихолата. Инкубировали 30 мин при 37 °С и 140 об/мин. Затем добавляли 30 мкл 2-нитрофенил β -D-галактопиранозиды (ОНФГ), инкубировали 1 ч, реакцию останавливали добавлением 30 мкл K_2CO_3 и измеряли OD_{420} и OD_{550} . Каждое измерение дублировали контролем без ОНФГ (вместо ОНФГ добавляли 30 мкл восстановительного буфера). Активность β -галактозидазы (АГ) выражали в единицах Миллера, рассчитанных по формуле:

$$\text{АГ} = (OD_{420} - 1,75 \times OD_{550} / OD_{600}) \times 100,$$

где OD_{420} и OD_{550} — оптическая плотность образцов; OD_{600} — оптическая плотность бактериальной культуры; 100 — коэффициент, учитывающий продолжительность экспозиции с ОНФГ и разведение исходной культуры.

Экспериментальные данные обрабатывали, вычисляя стандартную ошибку и доверительный интервал. Каждый результат показан как среднее значение из не менее чем 3 независимых экспериментов $\pm \Delta$ стандартная ошибка среднего. Достоверность различий оценивали согласно t -критерию Стьюдента, различия считались значимыми при $p < 0,05$.

Экстракты листьев лука *Allium schoenoprasum*, исследуемые на антиоксидантную активность

Номер образца	Содержание селена в		Примечание
	сухой массе растения, мг/кг	экстракте, мг/кг	
1	0,10 ± 0,05	0,10 ± 0,05	Контроль
2	0,35 ± 0,18	0,13 ± 0,06	Растения, выращенные из семян, прошедших намачивание в 0,001 % водном растворе Na ₂ SeO ₄
3	0,18 ± 0,09	0,10 ± 0,05	Растения, выращенные из семян, прошедших намачивание в 0,005 % водном растворе Na ₂ SeO ₄
4	0,10 ± 0,05	2,0 ± 1,0	При экстракции использован 70 % этанол, содержащий 0,001 % Na ₂ SeO ₄
5	0,10 ± 0,05	23,0 ± 12,0	При экстракции использован 70 % этанол, содержащий 0,005 % Na ₂ SeO ₄

Результаты и их обсуждение

Обработка семян лука *A. schoenoprasum* 0,001 и 0,005 % водным раствором Na₂SeO₄ приводила к статистически достоверному повышению содержания селена в растительной массе, но не в экстрактах растений, выращенных из этих семян (образец 2, 3, табл. 1). Как известно, доминирующей формой присутствия селена в растениях является аминокислота селенометионин (Se-Met). Показано, что Se-Met, являющийся органической формой селена, легче усваивается организмом человека, чем его неорганическая форма (селенит) [13]. Антиканцерогенное действие Se-Met предположительно обусловлено его способностью к ферментативному расщеплению при помощи фермента метиониназы до метилселенола (CH₃SeH), который играет чрезвычайно важную роль в противодействии раку [14, 15]. Наиболее значительными источниками селена луковых культур является Se-Met, селеноцистеин, обладающие высокой антиоксидантной [16, 17] и антиканцерогенной активностью [18]. При этом известно, что из всего многообразия луковых культур высокой селен-аккумулирующей способностью обладают только многолетние луки [19]. По-видимому, при экстракции водно-спиртовой смесью селенопротеины неполностью извлекаются из биомассы лука, что отражается на заниженном по сравнению с растением содержании селена в экстракте.

Содержание полифенолов (ПФ) является одним из маркеров антиоксидантной активности растительных субстанций. В наших условиях концентрация ПФ в исследуемых образцах варьировала от 5,0 до 9,4 мг/г сухого экстракта (табл. 2). Наибольшее количество полифенолов по сравнению с контролем содержали экстракты листьев *A. schoenoprasum*, выращенного из семян, обработанных 0,001 и 0,005 % водным раствором Na₂SeO₄ (образец 2, 3; $p < 0,05$).

Концентрация селената натрия при намачивании семян не влияла на уровень накопления полифенолов растением. Подобный эффект повышения содержания фенольных соединений после предпосевной обработки семян раствором селенита натрия наблюдался у донника лекарственного *Melilotus officinalis* L., являющегося концентратом селена [20]. Исходя из того, что полифенолы в растении участвуют в формирова-

нии устойчивости к факторам окружающей среды, авторы предполагают, что через регуляцию синтеза этой группы веществ происходит повышение селензависимой устойчивости растений. В экстрактах, искусственно обогащенных неорганическим селеном, количество полифенолов было значительно меньше по сравнению с контролем (в 1,6 и 1,7 раза для образцов 4 и 5 соответственно). Возможно, селенат натрия, присутствующий в этаноле, ингибирует экстракцию полифенолов из растительного сырья.

Предобработка семян 0,001 и 0,005 % водным раствором Na₂SeO₄ не влияла существенно на радикал-связывающую активность (РСА) экстрактов листьев *A. schoenoprasum* в тесте с ДФПГ (образец 2, 3, табл. 2). В то же время искусственное обогащение экстрактов селенатом снижало РСА примерно в 2 раза (образец 4, 5, табл. 2). Корреляционный анализ выявил сильную прямую связь между концентрацией фенольных соединений и РСА ($r^2 = 0,97$, $p < 0,01$).

Тест на ХА показал, что предпосевная обработка селенатом семян шнитт-лука не вызывала статистически достоверного изменения ХА экстрактов листьев по сравнению с контролем (образец 2, 3, табл. 2). Искусственное обогащение селенатом экстрактов снижало их хелатирующую активность в 2 раза (образец 4, 5, табл. 2). Между ХА и содержанием полифенолов обнаружена прямая корреляция ($r^2 = 0,99$, $P < 0,001$). Следует иметь в виду, что хелатирование ионов железа ингибирует реакцию Фентона, источник высокотоксичных гидроксильных радикалов, и поэтому тест на ХА также характеризует антиоксидантную активность экстрактов. В совокупности, данные по 3 тестам (ПФ,

Таблица 2
Содержание полифенолов, радикал-связывающая (по ДФПГ) и хелатирующая активность экстрактов *Allium schoenoprasum*

Номер образца	Полифенолы, мг/г сухого экстракта	Радикалсвязывающая активность, IC ₅₀ , мг	Хелатирующая активность, EC ₅₀ , мг
1	8,5 ± 0,2	5,42 ± 0,1	2,33 ± 0,21
2	9,3 ± 0,15	5,72 ± 0,06	2,05 ± 0,18
3	9,4 ± 0,06	5,21 ± 0,23	1,97 ± 0,21
4	5,3 ± 0,05	10,8 ± 0,46	4,61 ± 0,18
5	5,0 ± 0,12	11,38 ± 0,14	4,90 ± 0,30

РСА и ХА) указывают на важную роль полифенолов в АОА исследуемых субстанций.

АОА экстрактов в микробной тест-системе оценивали по их способности поддерживать аэробный рост бактерий *E. coli* NM3021 в условиях окислительного стресса, вызванного добавлением в среду культивирования 2,5 мМ H₂O₂. В отсутствие экстрактов такая обработка снижала удельную скорость роста *E. coli* NM3021 в 6,3 раза. В то же время предобработка бактерий экстрактами за 20 мин до воздействия H₂O₂ значительно повышала устойчивость *E. coli* к последующему воздействию оксиданта во всех вариантах (образец 1–5, табл. 3). Наибольший антиоксидантный эффект проявил экстракт, не содержащий селената и полученный из растений, выращенных из семян, не обработанных селенатом, а также экстракт, полученный из растений, выращенных из семян, обработанных 0,001 % раствором селената (образец 1 и 2, табл. 3). Наименьший эффект проявили экстракты, искусственно обогащенные селенатом (образец 4–5, табл. 3).

Во всех случаях обработка бактерий экстрактами в отсутствие оксиданта вызывала заметное снижение скорости роста на 15–30 % (табл. 3). Отмечена положительная корреляция между способностью экстрактов к ингибированию роста бактерий с одной стороны и РСА и ХА, с другой стороны ($r^2 = 0,91$ и $0,88$, соответственно, $p < 0,05$). Примечательно, что экстракты, искусственно обогащенные селенатом, оказывали наименьший ингибирующий эффект на рост бактерий и одновременно наименьший показатель антиоксидантного действия. Таким образом, искусственное обогащение экстрактов селенатом натрия не приводило к увеличению антиоксидантного действия экстрактов, что подтверждает мнение некоторых авторов о низкой активности селена в неорганической форме по сравнению с органической [1, 13].

Для оценки антиоксидантной активности экстрактов использовали также слежение за экспрессией гена *katG*. Этот ген кодирует каталазу НР1, которая индуцируется в ответ на повышение концентрации H₂O₂ и является основным деструктором H₂O₂ в растущих *E. coli*. Уровень экспрессии *katG* служит одним из ос-

новных маркеров окислительного стресса. В отсутствие окислительного стресса добавление экстрактов к растущим бактериям статистически значимо повышало экспрессию слияния *katG::lacZ* (табл. 3). Как и следовало ожидать, обработка бактерий H₂O₂ увеличивала экспрессию слияния примерно вдвое. При совместном действии экстрактов и H₂O₂ происходило еще большее увеличение экспрессии *katG::lacZ* как по отношению к своему контролю, так и к значениям в культурах, не обработанных оксидантом. В обоих случаях наименьший эффект оказывали экстракты, искусственно обогащенные селенатом. Как и другие микроэлементы, селен оказывает положительное влияние на живые организмы, действуя в узком диапазоне низких концентраций, выше которых он становится высоко токсичным. Выявлена положительная корреляция между экспрессией гена *katG* при обработке экстрактами в отсутствие H₂O₂ и значением ХА ($r^2 = 0,77$, $p = 0,05$).

Ранее было показано, что антиоксидантное действие растительных полифенолов в культурах бактерий может быть связано с их прооксидантными свойствами, которые, в свою очередь, являются следствием способности полифенолов аутоокисляться с образованием небольших количеств H₂O₂ [21, 22]. Этих количеств оксиданта достаточно, чтобы активировать регулон ОхуR, координирующий адаптацию бактерий к пероксидному стрессу [23]. Среди других генов под контролем транскрипционного фактора ОхуR находится ген *katG*. Повышение экспрессии *katG* и, соответственно активности каталазы НР1, способствует повышению устойчивости бактерий к последующей обработке высокими дозами H₂O₂.

В совокупности полученные данные показывают, что обработка семян селенатом натрия приводила к небольшому увеличению уровня полифенолов в экстрактах и к экспрессии антиоксидантного гена *katG*. В то же время эта обработка не влияла существенно на радикал-связывающую и хелатирующую активности экстрактов и не способствовала повышению их АОА в микробной тест-системе. Хотя растения, выращенные из семян, обработанных селенатом, содержали в 2–3 раза больше селена, чем растения из контрольной группы, достоверного увеличения селена в экстрактах

Таблица 3
АОА экстрактов листьев селенобогатых растений *Allium schoenoprasum* в тестах на культурах бактерий *Escherichia coli*

Номер образца	Удельная скорость роста (μ) бактерий, предобработанных экстрактами, ч ⁻¹		Экспрессия генных слияний <i>katG::lacZ</i> в культурах, предобработанных экстрактами	
	в отсутствие H ₂ O ₂	в присутствии 2,5 мМ H ₂ O ₂	в отсутствие H ₂ O ₂	в присутствии 2,5 мМ H ₂ O ₂
Контроль	0,95 ± 0,012 (1,0)	0,15 ± 0,007 (1,0)	53 ± 0,9 (1,0)	102 ± 3,4 (1,0)
1	0,72 ± 0,018 (0,76)	0,86 ± 0,039 (5,73)	96 ± 2,1 (1,81)	171 ± 6,5 (1,68)
2	0,71 ± 0,016 (0,75)	0,81 ± 0,044 (5,4)	109 ± 3,7 (2,06)	195 ± 9,5 (1,91)
3	0,64 ± 0,025 (0,67)	0,68 ± 0,024 (4,53)	107 ± 3,2 (2,02)	181 ± 5,1 (1,77)
4	0,76 ± 0,017 (0,80)	0,65 ± 0,029 (4,33)	86 ± 2,2 (1,62)	161 ± 6,5 (1,58)
5	0,81 ± 0,02 (0,85)	0,64 ± 0,042 (4,27)	91 ± 2,5 (1,72)	176 ± 4,8 (1,72)

Примечание. В скобках — отношение удельной скорости роста и экспрессии *katG::lacZ* к своему контролю.

не обнаружено. Это объясняет слабый эффект экстрактов растений, выращенных из семян, обработанных селенатом, на исследуемые виды активности.

Селенат, искусственно введенный в экстракты, статистически достоверно снижал такие показатели, как концентрация полифенолов, РСА, ХА, а также в небольшой степени АОА в микробной тест-системе, и не влиял на способность экстрактов стимулировать экспрессию *katG*. В целом, добавление селената в экстракты снижало их антиоксидантные свойства. Следует отметить, что согласно результатам 3 химических тестов введение селената в экстракты приводило к снижению показателей примерно в 2 раза, тогда как в микробной тест-системе оба показателя (АОА и экспрессия гена *katG*) изменялись незначительно. Эти факты укладываются в современные представления о пониженной активности неорганических форм селена по сравнению с органическими.

ЛИТЕРАТУРА

1. Н. А. Голубкина, Т. Т. Папазян, *Селен в питании. Растения, животные, человек*, Печатный город, Москва, (2006).
2. Т. И. Ширшова, Н. А. Голубкина, И. В. Бешлей и др., *Изв. Коми НЦ УрО РАН*, № 3, 48 – 54 (2011).
3. D. Šteiner, V. M. Popović, D. Čalic-Dragosavač, et al., *Phytoter. Res.*, **25**(11), 1618 – 1622 (2011).
4. L. C. Clark, G. F. Combs, B. W. Turnbull, et al., *J. Am Med. Assoc.*, **276**, 1957 – 1985 (1996).
5. К. В. Безматерных, Т. И. Ширшова, И. В. Бешлей и др., *Хим.-фарм. журн.*, **48**(2), 36 – 40 (2014); *Pharm. Chem. J.*, **48**(2), 116 – 120 (2014).
6. Т. И. Ширшова, И. В. Бешлей, В. П. Дерягина и др., *Хим.-фарм. журн.*, **46**(11), 40 – 43 (2012); *Pharm. Chem. J.*, **46**(11), 672 – 675 (2013).
7. Т. И. Ширшова, И. В. Бешлей, В. П. Дерягина и др., *Хим.-фарм. журн.*, **48**(5), 28 – 31 (2014); *Pharm. Chem. J.*, **48**(5), 328 – 331 (2014).
8. L.-F. Shyur, J.-H. Tsung, J.-H. Chen, et al., *Int. J. Appl. Sci. Eng. Technol.*, **3**(3), 195 – 202 (2005).
9. H.-J. Kim, F. Chen, X. Wang, et al., *J. Agric. Food Chem.*, **53**, 7691 – 7695 (2005).
10. L.-C. Wu, H.-W. Hsu, Y.-C. Chen, et al., *Food Chem.*, **95**(2), 319 – 327 (2006).
11. Дж. Миллер, *Эксперименты в молекулярной генетике*, Мир, Москва (1976).
12. J. H. Miller, *Experiments in molecular genetics*, New York (1972), pp. 352 – 355.
13. C. A. Swanson, B. H. Patterson, O. A. Levander, C. Vellon, *Biofactors*, **10**, 257 – 262 (1991).
14. H. Zeng, M. Wu, J. H. Botnen, *J. Nutrition*, **139**(9), 1613 – 1618 (2009).
15. H. Zeng, M. Briske-Anderson, M. Wu, M. P. Moyer, *Nutrit. Cancer*, **64**, 128 – 135 (2012).
16. S. J. Kim, G. H. Kim, *Food Sci. Biotech.*, **15**, 39 – 43 (2006).
17. A. M. Nuutila, R. Puupponen-Pimiä, M. Aarni, et al., *Food Chem.*, **81**, 485 – 493 (2003).
18. L. C. Clark, G. F. Combs, B. W. Turnbull, et al., *J. Am. Med. Assoc.*, **276**, 1957 – 1985 (1996).
19. Ф. В. Голубев, Н. А. Голубкина, Ю. Н. Горбунов, *Приклад. биохим. и микробиол.*, **39**(5), 602 – 606 (2003).
20. И. Ф. Головацкая, Н. В. Шипицына, *Фундаментальные науки и практика. Сб. научн. тр.*, Н. Н. Ильинских (ред.), Т. 1, № 2, Томск (2010), сс. 89 – 91.
21. A. H. Smith, J. A. Imlay, R. I. Mackie, *Appl. Environ. Microbiol.*, **69**, 3406 – 3411 (2003).
22. G. V. Smirnova, Z. Y. Samoylova, N. G. Muzyka, et al., *Free Radical Biol. Med.*, **46**(6), 759 – 768 (2009).
23. G. Storz, J. A. Imlay, *Cur. Opin. Microbiol.*, **2**, 188 – 194 (1999).

Поступила 18.06.15

ANTIOXIDANT ACTIVITY OF THE EXTRACT OF *ALLIUM SCHOENOPRASUM* L. WITH ARTIFICIALLY INCREASED SELENIUM CONTENT

K. V. Bezmaternykh¹, T. I. Shirshova², I. V. Beshlei², N. V. Matistov², G. V. Smirnova¹, O. N. Oktyabr'skii¹, and V. V. Volodin³

¹ Institute of Ecology and Genetics of Microorganisms, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Perm, 614081 Russia

² Institute of Biology, Komi Scientific Center, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar, Komi Republic, 167982 Russia

³ Perm State Polytechnic University, Perm, 614990 Russia

The effect selenium topdressing of *Allium schoenoprasum* L. plant on the antioxidant activity of its extracts has been studied. It is established that pretreatment of *A. schoenoprasum* seeds by sodium selenate leads to a rather insignificant increase in the level of polyphenols and antioxidant gene (*katG*) expression in extracts, did not essentially influence the radical-connecting activity (RCA) and chelating activity (CA) of extracts, and did not enhance their antioxidant activity in a microbial test system. Sodium selenate artificially introduced into extracts statistically significantly decreased parameters such as the concentration of polyphenols, RCA, CA, slightly reduced the antioxidant activity in the microbial test system, and did not influence the ability of extracts to stimulate *katG* gene expression.

Keywords: *Allium schoenoprasum*; extract; polyphenols; selenium; topdressing; antioxidant activity.