



УДК 547.819[633.11+635.92]:581.5

НОВЫЕ СЕЛЕНООРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ КАК БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ СТРЕСС-УСТОЙЧИВОСТИ ЗЕРНОВЫХ И ЦВЕТОЧНЫХ КУЛЬТУР К ТЯЖЕЛЫМ МЕТАЛЛАМ



О. В. Федотова¹, Е. И. Линькова², В. А. Назаров²,
Ю. Г. Леонтьев², Н. Н. Гусакова²

¹Саратовский государственный университет
E-mail: inchem@infosgu.ru

²Саратовский государственный аграрный университет
E-mail: sintetik@sgau.ru

По оригинальной методике описано получение селенохрома и перхлората селенохромия и исследование их строения методами ГХ/МС и ЯМР¹H спектроскопии. Приведены результаты испытания этих соединений в качестве биологически активных веществ для предпосевной обработки семян мягкой яровой пшеницы 3-х сортов (Саратовская 42, Беянка, Прохоровка) и цветочных культур (бархатцев (*Tagetes erecta* L.) «Улыбка» (*Tagetes patula* L.), «Красная вишня», «Паскаль») на территории ООО «Свобода» и ЗАО «Новые Бурасы». Установлены существенное увеличение продуктивности, а также декоративные качества и повышение стресс-устойчивости зерновых и цветочных культур к тяжелым металлам.

Ключевые слова: селеноорганические соединения, продуктивность, стресс-устойчивость, яровая пшеница, бархатцы.

Novel Selenium-Organic Compounds as Biologically Active Substances for Enhancing the Stress Stability of Grain and Flower Cultures to Heavy Metals

O. V. Fedotova, E. I. Lin'kova, V. A. Nazarov,
Yu. G. Leontiev, N. N. Gusakova

Selenochromen and selenochromium perchlorate were obtained according to an original technique, and their structure was studied by means of GC/MS and NMR¹H spectroscopy. These compounds were tested as biologically active substances for preliminary seed treatment of soft spring wheat of three sorts, namely, Saratovskaya 42, Belianka, and Prokhorovka, and some flower cultures (*Tagetes erecta* L. «Ulybka» and *Tagetes patula* L. «Krasnaya vishnya», «Pascal») on the territory of Svoboda Corp. and Novye Burasy Corp. A significant increase in the productivity and decorative properties and an enhancement of the stress stability of these grain and flower cultures to heavy metals were found.

Key words: selenium-organic compounds, productivity, stress stability, spring wheat, marigolds.

По распространенности, биологической опасности и способности включаться в трофические цепи в агроэкосистемах одно из приоритетных мест среди загрязнителей занимают тяжелые металлы. Возрастающая в настоящее время биологическая, механическая и химическая нагрузка на агроэкосистемы приводит к недостаточному механизму естественной саморегуляции. В ре-

зультате отмечается прогрессирующее снижение плодородия почв, значительные потери урожая сельскохозяйственных культур и ухудшение качества продукции [1].

В связи с этим актуально исследование влияния тяжелых металлов на рост, развитие, продуктивность и качество зерновых культур. В литературе показано, что для активации и поддержания интенсивности жизненных процессов в растениях необходимо использовать регуляторы роста растений, которые не только стимулируют рост, корнеобразование и регулируют жизненные процессы в клетках растений, но и способствуют адаптации их к неблагоприятным условиям внешней среды, к которым относятся окислительный, высокотемпературный, минеральный и другой стрессы, в том числе вызванные действием ионов тяжелых металлов [2].

Анализируя литературные данные за 30-летний период, мы можем выделить перспективные регуляторы роста зерновых и цветочных культур, использование которых для предпосевной обработки семян повышает адаптивный потенциал культур в стрессовых ситуациях, в том числе при возделывании на антропогенно-депрессивных территориях. К таким в наибольшей степени могут быть отнесены территории городского ландшафтного дизайна и поля сельхозугодий, расположенные вблизи автомагистралей с интенсивным движением. К регуляторам роста относятся: препарат «Циркон», действующими веществами которого являются гидроксикоричные кислоты, предложенный как иммуномодулятор и адаптоген для декоративных, лекарственных, плодовых, хвойных культур и ряда зерновых [2,3]; препарат «Мивал-агро», изготовленный на основе 1-хлорметилсилатрана, который повышает устойчивость к перепадам температур, переувлажнению почвы, увеличивает продуктивность зерновых и цветочных культур [4]; препарат «Крезацин», действующее вещество которого – триэтаноламинная соль

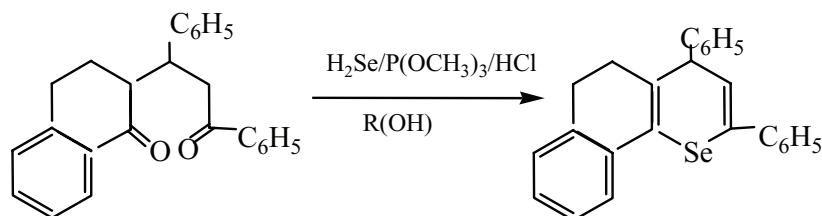


о-крезолуксусной кислоты, – оказывает многофункциональное действие на прорастание семян, продуктивность зерновых и цветочных культур [3,5]; препарат «6-БАП», в состав которого входит 6-бензиламинопурин и индолилуксусная кислота. Он интенсивно стимулирует рост, корнеобразование, цветение цветочных и других культур [4]; препараты «Гумат-натрия», «Гумат железа», «Гумат-август» и др. в этой группе стимулируют посевные качества семян зерновых и цветочных культур, продуктивность, урожайность, декоративные качества [6]; препараты селената и селенита натрия увеличивают продуктивный потенциал и адаптивные возможности яровой пшеницы, ячменя и козлятника [7]. В [8] сделано предположение, что максимальная реализация продуктивного и адапционного потенциала культуры возможна

при использовании для предпосевной обработки органических соединений селена.

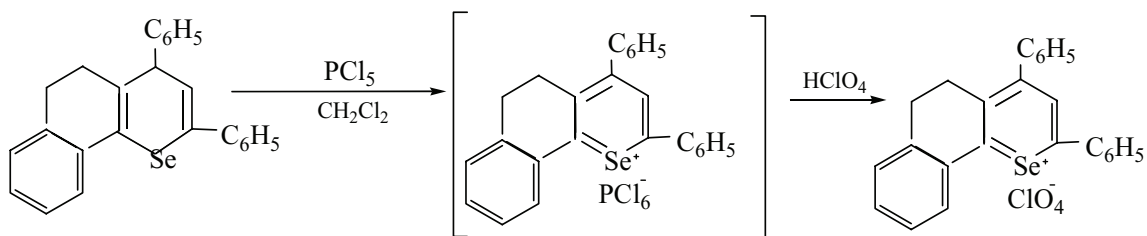
Целью настоящей работы явилось изучение новых селенсодержащих биологически активных веществ (БАВ) – селенохромена (СХ) и перхлората селенохромилия (ПСХ) в качестве регуляторов роста и антистрессовых адаптогенов по отношению к некоторым тяжелым металлам при эффективном возделывании зерновых и цветочных культур.

2,4-дифенил-7,8-бензо-5,6-дигидро-4Н-селенохромен (СХ) был получен нами по оригинальной методике в реакции 2-(1,3-дифенилпропан-1-он-3-ил) тетрагидронафталинона с селеноводородом, генерируемым из селенида цинка *in situ* в присутствии хлористого водорода и триметоксифосфина с выходом 67%.



Каскадным анионообменным путем из селенохромена при последовательном действии пентахлорида фосфора и хлорной кислоты синтезирован перхлорат 2,4-дифенил-7,8-бензо-5,6-дигидроселено-хромилия (ПСХ), выход которого

составил 89%. Вероятно, в выбранных условиях (малополярный растворитель) пентахлорид фосфора в пентавалентной форме акцептирует гидрид ион (H^+ , $2e$), уходящий из положения C_4 бензодигидроселенохромена (СХ).



Состав и строение полученных соединений установлены методами ГХ/МС, ЯМР 1H спектроскопии. В спектре СХ содержатся сигналы ароматических протонов в виде мультиплета в области 6.89–7.54 м.д., дублет винильного протона – в области 6.22 м.д. с КССВ 5.40 Гц, дублет протона при C_4 гетерокольца при 4.29 м.д. с КССВ 5.45 Гц и два мультиплета при 2.91 и 2.38 м.д. метиленовых протонов алицикла. В ЯМР 1H спектре перхлората селенохромилия отмечен характеристичный сигнал протона гетероароматического катиона в виде синглета в области 8.29 м.д.

В качестве биологических объектов исследования выбраны 3 сорта мягкой яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.): Саратовская 42, Белянка и Прохоровка, а также широко используемые в ландшафтном дизайне городской среды бархат-

цы 3-х сортов: бархатцы прямостоячие (*Tagetes erecta* L.) сорта «Улыбка» и отклоненные (*Tagetes patula* L.) сортов «Красная вишня» и «Паскаль».

Полевые исследования проведены в 2008–2011 гг. на территории ООО «Свобода» Базарно-Карабулакского района и в хозяйстве ЗАО «Новые Бурасы» Новобурасского района Саратовской области. Согласно ландшафтному районированию Саратовской области этот район относится к лесостепной зоне Приволжской возвышенности, биоклиматический потенциал составляет 1.9 при среднем климатическом индексе продуктивности. Почва – чернозем обыкновенный, среднемощный, тяжелосуглинистый, содержание гумуса в слое 0–49 см составляет 5.8–7.7%, обеспеченность почвы доступными растениям формами фосфора высокая, азота – средняя, обеспеченность



калием – высокая, реакция почвенной среды в пахотном слое – нейтральная (рН 6.9–7.2). Опыты закладывали в четырехкратной повторности на делянках размером 61.6 м² (5.6 x 11.0 м), размещение вариантов рендомизированное. Схема опытов включала несколько факторов: фактор А – сорта мягкой яровой пшеницы – Саратовская 42, Белянка, Прохоровка, сорта бархатцев – «Улыбка», «Паскаль», «Красная вишня»; фактор Б – биологически активные вещества (БАВ) для предпосевной обработки семян. Градиент фактора Б – иммуноцитопит (ИМ), индолилуксусная кислота (ИУК), перхлорат селенохромилия (ПСХ), селенохромен (СХ). Два первых препарата широко используются при возделывании зерновых и цветочных культур. Предпосевную обработку семян яровой пшеницы и бархатцев производили водными растворами БАВ при концентрации 10⁻⁴ % за 2 ч до посева из расчета 1 г препарата на 10 л воды на 1 т семян. Моделирование стресса под влиянием тяжелых

металлов осуществляли на примере ионов свинца (+2), использовали растворы нитрата свинца в диапазоне концентраций 10⁻³ – 10⁻⁶ %. Семена обрабатывали водными растворами токсиканта в течение 8 ч, затем обсушивали и проводили предпосевную обработку семян водными растворами селеносодержащих БАВ.

В полевых условиях нами исследовано влияние предпосевной обработки семян яровой пшеницы и цветочных культур растворами БАВ, ионами свинца (+2) и их сочетаниями на элементы структуры урожайности, для зерновых культур нами изучены: длина колоса, масса зерна с колоса, число зерен в колосе, масса 1 тыс. зерен и урожайность; для бархатцев исследованы количество и диаметр соцветий, количество и масса семян в одной коробочке.

Экспериментальные данные, обработаны методами математической статистики по Доспехову [9], представлены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Влияние БАВ на элементы продуктивности яровой пшеницы сорта «Прохоровка»

Культура	БАВ	[Pb ⁺²], %	Число зерен в колосе, шт.	Масса зерна с колоса, г	Длина колоса, см	Урожайность, т/га
Фактор А	Фактор Б	Фактор С				
Яровая пшеница «Прохоровка»	H ₂ O	Без Pb ⁺² контроль	29.5	1.0	8.7	1.36
		10 ⁻³	27.6	0.8	8.1	1.20
		10 ⁻⁴	28.5	0.8	8.3	1.23
		10 ⁻⁵	28.8	0.9	8.5	1.32
		10 ⁻⁶	30.3	1.0	8.7	1.36
	ИМ	Без Pb ⁺	30.2	0.9	8.9	1.42
		10 ⁻³	27.6	0.9	8.1	1.24
		10 ⁻⁴	27.9	1.0	8.4	1.31
		10 ⁻⁵	28.5	1.0	8.7	1.36
		10 ⁻⁶	29.5	1.0	8.8	1.41
	ИУК	Без Pb ⁺	30.4	0.9	9.0	1.47
		10 ⁻³	29.0	0.9	8.1	1.28
		10 ⁻⁴	29.3	1.0	8.3	1.32
		10 ⁻⁵	29.4	1.0	8.7	1.38
		10 ⁻⁶	30.4	1.1	8.8	1.43
	ПСХ	Без Pb ⁺	30.7	1.0	9.0	1.52
		10 ⁻³	29.5	0.9	8.5	1.37
		10 ⁻⁴	29.9	0.9	8.6	1.40
		10 ⁻⁵	30.5	1.0	8.8	1.44
		10 ⁻⁶	32.3	1.1	8.9	1.53
	СХ	Без Pb ⁺	31.2	1.1	9.1	1.54
		10 ⁻³	30.0	1.1	8.7	1.37
		10 ⁻⁴	31.4	1.1	8.8	1.41
		10 ⁻⁵	31.6	1.1	9.0	1.45
		10 ⁻⁶	32.5	1.2	9.1	1.55
		НСР _{0,5}	0.6	0.1	0.1	0.02

Анализ полученных экспериментальных данных показал, что тенденции влияния БАВ, их антистрессовые свойства проявились на всех 3-х сортах яровой пшеницы практически одинаково, наиболее отзывчивым оказался сорт «Прохоров-

ка». В качестве примера в табл. 1 представлены результаты, полученные для яровой пшеницы сорта «Прохоровка»: длина колоса в контрольном варианте составила 8.7 см, обработка семенного материала растворами БАВ способствовала не-



большому увеличению длины колоса на 2.3% (ИМ), 3,4% (ИУК), 3.4% (ПСХ), 4,6% (СХ). Под влиянием стресса, вызванного ионами свинца (+2), длина колоса уменьшилась от 8.1 см, т. е. на 6,9% (при $C_{Pb^{+2}}=10^{-3}\%$), до 8.5 см на 2,3 % (при $C_{Pb^{+2}}=10^{-5}\%$). Растворы нитрата свинца в концентрации $10^{-6}\%$ не оказали стрессового воздействия, длина колоса в среднем наблюдалась на уровне контроля. Предпосевная обработка ИМ и ИУК не оказала антистрессового воздействия, длина колоса также снизилась на 3.4–6.9%, полностью удалось нивелировать стрессовое воздействие нитрата свинца при $C_{Pb^{+2}}=10^{-6}\%$. Селеносодержащие БАВ, особенно СХ, нивелировали стрессовое воздействие ионов свинца (+2) в изучаемом диапазоне концентраций и способствовали увеличению длины колоса на 2.3–4.6% по отношению к контролю.

С длиной колоса тесно связаны такие показатели, как число и масса зерна с колоса. Полевой эксперимент показал, что в вариантах с длинным колосом было наибольшее число зерен в колосе и оно было более выполненным. При предпосевной обработке водой (контроль) число зерен в колосе составило 29.5 при массе зерна 1.0 г. При использовании растворов БАВ мы получили 30,2–31,2 зерновку с колоса при общей массе 0.9–1.1 г, что больше контрольных значений на 2.3–4.6% и 10% соответственно.

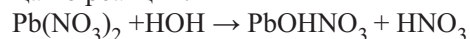
В условиях стресса, вызванного растворами нитрата свинца, зерно получилось мелким и щуплым, число зерен в колосе уменьшилось от 28.8 до 27.6 шт. (на 2.4–6.4%), масса зерен с колоса снизилась на 10%, только при $C_{Pb^{+2}}=10^{-6}\%$ показатели вышли на уровень контроля. Предпосевная обработка растворами ИМ и ИУК не снимала токсического действия ионов свинца, длина колоса уменьшалась на 3.4–6.9%, масса зерна с колоса – до 10%. Анализ результатов предпосевной обработки селеносодержащими БАВ показал, что по числу зерен и массе с колоса препарат СХ проявил адаптогенные свойства, он нивелировал токсическое действие ионов свинца даже в высоких концентрациях ($C_{Pb^{+2}}=10^{-3}\%$), препарат ПСХ проявил антистрессовые свойства несколько слабее, не удалось нивелировать действие высоких концентраций ионов свинца (см. табл. 1).

Нами изучено влияние предпосевной обработки селенохроменом и перхлоратом селенохромилия на урожайность яровой пшеницы, в контроле она составила в среднем за годы исследований 1.36 т/га. Предпосевная обработка растворами БАВ приводила к увеличению урожайности на 4.4 (ИМ) – 13.2% (СХ). Ионы свинца (+2) в диапазоне концентраций 10^{-3} – $10^{-5}\%$ оказали стрессовое воздействие и снизили урожайность на 2.9–11.8%.

Только при $C_{Pb^{+2}}=10^{-6}\%$ не наблюдалось токсического воздействия и урожайность была на уровне контроля. Применение ИМ и ИУК практически не снимало стрессового воздействия, урожайность снижалась на 2.9–8.8% ($10^{-3}\% < C_{Pb^{+2}} > 10^{-4}\%$), только при $C_{Pb^{+2}}=10^{-6}\%$ показатель на 3.7–5.5% превышал уровень контроля.

Селеносодержащие БАВ в агроприеме предпосевной обработки семян проявили адаптогенные свойства во всем изучаемом интервале концентраций токсиканта и не только нивелировали его влияние, но и превысили урожайность на 2.9–13.8%. Полевой эксперимент показал, что антистрессовые свойства более ярко выражены у препарата селенохромен.

Анализ полученных результатов позволяет предположить наиболее вероятный механизм действия селеноорганических соединений рассматриваемых рядов, способных к гидролизу в выбранных условиях, которому способствует одновременно протекающий гидролиз нитрата свинца по реакции:



В указанных условиях происходит деструкция гетерофрагмента и лабильной С–Se связи и образование труднорастворимого селенида свинца, выводящего из среды токсикант, в том числе, вероятно, и за счет агрегирующего действия селена. При этом последний может также нивелировать окислительный стресс за счет своих антиоксидантных свойств (см. табл. 1)

Нельзя исключить и возможности комплексообразования и роли селеноорганических соединений как активных лигандов при их дециклизации в условиях кислотного гидролиза. Полученные результаты коррелируют с данными [10] по нивелированию тяжести отравлений тяжелыми металлами, в том числе свинцом, полученными нами в опытах на беспородных белых мышах.

Влияние предпосевной обработки семян цветочных культур 3-х сортов бархатцев растворами синтетических БАВ привело к одинаковым результатам, которые представлены в табл. 2. на примере сорта «Паскаль».

Исходя из табл. 2, видно, что данные БАВ способствовали увеличению декоративных качеств – диаметра соцветий на 9.3%(ГА); 28% (ПСХ); 24.52% (СХ). Стрессовые условия, вызываемые действием ионов свинца (+2), привели к деформации соцветий и уменьшению диаметра соцветий на 17.82–21.3%, лишь $C_{Pb^{+2}}=10^{-6}\%$ оказала положительное влияние на диаметр соцветий, увеличив его на 4,41% по отношению к контролю. Исследования показали, что селеносодержащие препараты (ПСХ), (СХ) проявили нивелирующее действие по отношению к стрессовому воздей-



Таблица 2

Влияние БАВ на элементы продуктивности и декоративные качества бархатцев отклоненных сорта «Паскаль» (*Tagetes patula* L.) (среднее за 3 года)

Культура	БАВ	[Pb ²⁺] в %	Количество семян в коробочке, шт.	Масса семян в коробочке, г	Кол-во соцветий на одном растении, шт.	Диаметр соцветий, см
Фактор А	Фактор В	Фактор С				
«Паскаль»	H ₂ O	Без Pb ²⁺ (контроль)	43.04	0.1200	40.53	4.26
		10 ⁻³	39.31	0.1016	33.57	3.35
		10 ⁻⁴	40.18	0.1122	33.92	3.50
		10 ⁻⁵	43.05	0.1233	40.61	4.27
		10 ⁻⁶	45.09	0.1304	42.72	4.45
	ГА	Без Pb ²⁺	44.62	0.1302	42.68	4.66
		10 ⁻³	42.59	0.1231	40.32	4.13
		10 ⁻⁴	44.17	0.1272	41.28	4.38
		10 ⁻⁵	44.63	0.1302	42.60	4.64
		10 ⁻⁶	45.20	0.1306	43.16	4.70
	ПХСХ	Без Pb ²⁺	47.75	0.1425	45.61	5.45
		10 ⁻³	44.89	0.1354	43.51	4.83
		10 ⁻⁴	45.75	0.1354	44.04	4.98
		10 ⁻⁵	46.62	0.1388	44.58	5.13
		10 ⁻⁶	47.51	0.1406	45.11	5.28
	СХ	Без Pb ²⁺	47.01	0.1406	45.03	5.30
		10 ⁻³	45.29	0.1364	44.04	5.04
		10 ⁻⁴	46.24	0.1378	44.57	5.19
		10 ⁻⁵	47.09	0.1406	45.11	5.34
		10 ⁻⁶	48.89	0.1425	45.64	5.49
НСР _{0,5}		2.25	0.0182	2.14	0.14	

ствию Pb(+2) на показателе диаметра соцветий. Наибольший протекторный эффект проявил препарат СХ, предпосевная обработка семян бархатцев привела к увеличению диаметра соцветий на 18.35–28.79%.

Нами изучено влияние предпосевной обработки семян на количество соцветий на одном растении. Показано, что при использовании селенсодержащих препаратов увеличивалось количество соцветий на 5.31% (ГА); 12.53%(ПСХ); 11.11% (СХ). Ионы свинца (+2) (10⁻³%–10⁻⁴%), оказывая стрессовое воздействие на показатель, снижали количество соцветий на одном растении на 16–17%. Низкая концентрация С_{Pb²⁺} – 10⁻⁶% не проявляла негативного действия и оказывала небольшой стимулирующий эффект, увеличивая показатель на 5.4%. Селенсодержащие БАВ проявили адаптогенные свойства во всем диапазоне концентраций свинца (+2), превышая показатель на 7.35–11.31% (ПСХ); 8.65–12.61%(СХ). При этом препарат СХ проявлял антистрессовое воздействие по отношению к токсиканту в большей степени. «Гумат-август» не проявил протекторного свойства.

Одним из важных элементов продуктивности цветочных культур-бархатцев являются количество и масса семян в одной коробочке. Анализируя влияние предпосевной обработки растворами

БАВ, свинца (+2) и их сочетаний на данные показатели, получили следующие результаты. В контрольном варианте масса и количество семян составили 0.1200г и 43.04 шт. соответственно. Предпосевная обработка растворами БАВ позитивно влияла на показатели, увеличивая их на 5.52% (ГА); 15.52% (ПСХ); 14.01% (СХ) и 3.66% (ГА); 10.91% (ПСХ); 9.2% (СХ) по отношению к контролю. Масса и количество семян в одной коробочке, полученные при предпосевной обработке раствором нитрата свинца(II) в концентрациях 10⁻³–10⁻⁴% уменьшились на 9.03–17.61% и 8.69–6.67% соответственно. При С_{Pb²⁺} – 10⁻⁶% свинец проявил себя как микроэлемент, стимулируя показатели массы и количества семян на 5.7% и 4.75% относительно контроля. Препараты (ПСХ) и (СХ) нивелировали стрессовое воздействие токсиканта. Наилучшие антистрессовые свойства проявил препарат СХ, увеличивая массу и количество семян в одной коробочке на 10.8–15.52% и 5.2–13.54%. «Гумат-август» не снял токсического действия свинца (+2).

Выводы. На основании проведенного исследования нами показано существенное увеличение элементов продуктивности и урожайности, декоративных качеств при использовании для предпосевной обработки семян мягкой яровой пшеницы и семян однолетних цветочных культур, новых



селенсодержащих препаратов – селенохромена и перхлората селенохромилия. Выявлены антистрессовые свойства этих препаратов по отношению к ионам тяжелых металлов, что открывает перспективность применения их для повышения урожайности культуры и усиления декоративно-эстетических функций цветочных культур на антропогенно-депрессивных территориях.

Список литературы

1. Ульяненко Л. Н., Круглов С. В. Влияния загрязнения почв кадмием на его накопление растениями ячменя в онтогенезе //Агрохимия. 2010. № 3. С. 70–74.
2. Серегин И. И., Чурсина Е. В. Влияние препарата циркона на продуктивность яровой пшеницы и содержание тяжелых металлов в продукции при загрязнении почвы цинком, кадмием, свинцом // Агрохимия. 2010. № 9. С. 66–71.
3. Прусакова Л. Д., Кефели В. И. Роль фенольных соединений в растениях //Агрохимия. 2008. № 7. С. 86–89.
4. Запрометов М. Н. Фенольные соединения : распространение, метаболизм и функции в растениях. М., 1993. 272 с.
5. Мельников Н. Н. Важнейшие современные направления химизации растениеводства // Агрохимия. 1999. № 9. С. 5–11.
6. Горвая А. И., Орлов Д. С. Гуминовые вещества. Киев, 1995. С. 249–269.
7. Вихрева В. А., Хрянин В.Н. Адаптогенная роль селена в высших растениях // Вестн. Башкирского ун-та. 2001. № 2 (II). С. 65–66.
8. Ильина Г. В., Ильин Д. Ю., Блинохватов А. Ф. Селен в биосфере. Пенза, 2001. С. 56–95.
9. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М., 1985. 423 с.
10. Пат. 2325155 Российская Федерация. Средство для лечения и профилактики отравлений соединениями тяжелых металлов / Федотова О. В., Древо Я. Б., Бородулин В. Б., Фомин Н. Ю., Мальченкова А. Н. ; опубл. БИ. 2008. № 15.

УДК 582.28:57.083

РОСТОВЫЕ И МЕТАБОЛИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ КСЕНОБИОТИЧЕСКОЙ ОРГАНИЧЕСКОЙ ФОРМЫ СЕЛЕНА В КУЛЬТУРЕ БАЗИДИОМИЦЕТА *LENTINULA EDODES*



А. Н. Панкратов¹, Е. А. Лощина², О. М. Цивилева²,
М. М. Бурашникова¹, И. А. Казаринов¹,
Н. Н. Былинкина¹, В. Е. Никитина¹

¹Саратовский государственный университет

E-mail: PankratovAN@info.sgu.ru

E-mail: KazarinovIA@info.sgu.ru

²Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов РАН, Саратов

E-mail: tsivileva@ibppm.sgu.ru

Впервые выявлена интенсивно красная пигментация мицелия, обусловленная накоплением элементного селена в результате трансформации селеноорганического соединения высшим грибом *Lentinula edodes* (шиитаке). Исследовано влияние 1,5-дифенил-3-селенпентандиона-1,5 (дицетофенонилселенид, препарат ДАФС-25) на рост съедобного гриба *Lentinula edodes* в условиях жидкофазного и твердофазного культивирования. Обнаруженное явление стимуляции роста мицелия предположительно связано с антиоксидантными свойствами селена, благодаря которым нивелируются негативные последствия истощения питательных компонентов среды. Концентрации ДАФС-25, превышавшие $5 \cdot 10^{-3}$ моль/л, значительно ингибировали рост мицелия. При начальной концентрации ДАФС-25 в синтетической среде не ниже 10^{-5} – 10^{-4} моль/л наблюдали красную пигментацию мицелия *L. edodes*, интенсивность и период возникновения которой зависели от концентрации добавки. Полуколичественная информация о сравнительном содержании селена в образцах мицелия позволила судить о способности глубинной культуры шиитаке к сорбции и/или деструкции ксенобиотика селеноорганической природы. Предстоит количественная характеристика

системы метаболитов – селенсодержащих биологически активных соединений гриба, культивируемого в присутствии ДАФС-25.

Ключевые слова: метод рентгеновской флуоресценции, рентгенофазовый анализ, элементный селен, селенит натрия, селенат натрия, 1,5-ди(4-Р-фенил)-3-селенпентандион-1,5, гриб шиитаке.

Effects of Xenobiotic Organoselenium Compound on the Growth and Metabolism of Basidiomycete *Lentinula edodes* Culture

A. N. Pankratov, E. A. Loshchinina, O. M. Tsivileva,
M. M. Burashnikova, I. A. Kazarinov,
N. N. Bylinkina, V. E. Nikitina

For the first time, the intensive red pigmentation of mycelium caused by the elemental selenium accumulation resulted from the organoselenium compound destruction by the mushroom *Lentinula edodes* (shiitake) has been revealed. The effect of 1,5-diphenyl-3-selenopentanedione-1,5 (diacetophenonyl selenide, preparation DAPS-25) on the growth of edible mushroom *Lentinula edodes* under the