

УДК 631.524.82:631.811.98

ВЛИЯНИЕ ФУРАНОКУМАРИНОВ ПРЕПАРАТА «АММИФУРИН»
И ВОДНОГО ЭКСТРАКТА ИЗ ОПАДА РАСТЕНИЙ БОРЩЕВИКА
СОСНОВСКОГО (*HERACLEUM SOSNOWSKYI* MANDEN) НА РОСТ
И РАЗВИТИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ

М. Н. Кондратьев, С. Н. Бударин, Ю. С. Ларикова

THE EFFECT OF FURANOCOUMARINS OF "AMMIFURIN" PREPARATION
AND AQUEOUS EXTRACT FROM THE STEMS AND FRUITS OF COW PARSNIP
SOSNOWSKI (*HERACLEUM SOSNOWSKYI* MANDEN) ON GROWTH
AND DEVELOPMENT OF CROPS

M. N. Kondratiev, S. N. Budarin, Yu. S. Larikova

В синузиях борщевика Сосновского старше трёх лет с высокой плотностью стеблестоя, поверхность почвы покрыта слоем опада (отмершие листья, цветоносы, кусочки коры стебля, плоды) и отсутствуют представители других видов травянистых растений. Авторы предполагают, что это может быть связано с воздействием на прорастающие семена фуранокумаринов, содержащихся во всех органах вегетирующих растений борщевика. Выявлено, что водный экстракт из осенне-зимнего опада с растений борщевика Сосновского не обладал ингибирующим действием на рост и развитие растений редиса и овса. С другой стороны, фуранокумарины водного раствора «Аммифурина» усиливали аттрагирующую способность корнеплода редиса и метёлки овса, что сопровождалось накоплением сухой массы этих органов. Кроме этого, фуранокумарины «Аммифурина» увеличивали количество зёрен в метёлке овса, что сопровождалось уменьшением массы 1000 зёрен. Высказывается мысль, что компоненты опада с растений борщевика не содержат фуранокумаринов, которые могли бы препятствовать росту других растений в синузиях этого вида. Однако эффект фуранокумаринов на проростки зависит от вида тест-культуры, концентрации фуранокумаринов в опытном растворе, физиологического состояния проростков и длительности воздействия на корневые системы. Другими словами, нельзя утверждать, что фуранокумарины обладают исключительно ингибиторным действием.

борщевик Сосновского, овёс, редис, фуранокумарины, водные растворы

In the synusiae of the hogweed Sosnowski over three years, a high density of the crop soil surface covered with a layer of litter (dead leaves, stalks, pieces of bark of the stem, fruit) and there are no representatives of other species of herbaceous plants. The authors suggest that this may be due to the impact on germinating seeds furanocoumarins contained in all the organs of vegetative plants hogweed. It has been revealed that the aqueous extract of the autumn-winter litter from plants hogweed Sosnowski did not have an inhibitory effect on the growth and development of plants radish and oats. On the other hand, an aqueous solution furanocoumarins "Ammifurin" strengthened attractive the abil-

ity of root-crops radish and oats panicle that was accumulation of dry weight by these organs. In addition, furanokuma-widths "Ammifurin" increases the amount of grain in a panicle of oats that were accompanied, waited a decrease in mass of 1000 seeds. It has been suggested that the components of the litter with hogweed plants did not contain furanocoumarins, which could hinder the growth of other plants in synusia this species. On the other hand, the effect on seedlings furanocoumarins depends on the type of test-culture of furanocoumarins concentration in the test solution, physiological condition of the seedlings and the duration of exposure to the root system. In other words, it is impossible to claim that extremely furanocoumarins have inhibitory effect.

cow parsnip sosnowski, oats, radish, furanocoumarins, aqueous solutions

ВВЕДЕНИЕ

Растения образуют широкий и разнообразный спектр органических соединений, большинство из которых, по всей видимости, не принимает непосредственного участия в процессах роста и развития. Эти вещества, называемые вторичными метаболитами, чаще всего характерны в царстве растений для видов определённых таксономических групп. Их функции остаются мало изученными даже к настоящему времени. В связи со сложностью химической структуры и путей биосинтеза этих природных продуктов, слабой изученностью их функций сложилось мнение об их незначительной роли в жизнедеятельности растительного организма. Тем не менее, благодаря сформировавшейся возможности химического синтеза ряда таких соединений, был создан прецедент использования многих из них в защите растений и медицине. Выявление биологических свойств множества натуральных продуктов в настоящее время определило особое внимание к поиску новых регуляторов роста, антибиотиков, инсектицидов и гербицидов на их основе. Важно отметить, что это связано с весьма разнообразными биологическими эффектами, оказываемыми означенными веществами на другие организмы. Данное обстоятельство предопределило переоценку их возможных функций в самих растениях, особенно в контексте экологических взаимодействий.

Растения возникли в водной среде. Их успешное эволюционное приспособление к суше было достигнуто в основном за счет образования большого количества разнообразных фенольных соединений «фенол образующими растениями». Хотя большая часть этих веществ, предположительно, находится в клеточной стенке, выполняя структурную роль; некоторое число синтезированных неструктурных компонентов выполняют защитную функцию от насекомых, патогенных микроорганизмов, вирусов, принимают участие в конкурентных отношениях в пределах растительного сообщества [1]. Ученые пришли к более полному пониманию их значения за последние несколько десятилетий.

Кумарины обнаружены у 800 видов сосудистых растений в виде метаболитов, получивших название бензопиранонов. Фуранокумарины содержат ядро фурана, сконденсированное с кумарином в 6,7 или 7,8 – положениях. Наиболее распространёнными и изученными соединениями класса фуранокумаринов являются псорален, ксантотоксин, изопимпинеллин, бергаптен, ангелицин [2]. Они обнаруживаются в семенной кожуре, плодах, цветках, корнях, листьях, стеблях, но в наибольшем количестве в сочных плодах и цветках. Их роль в растениях, учиты-

вая антимикробное, антифидантное действие, УФ-восприимчивость и ингибирующее прорастание семян свойство, связана в основном с защитой [3, 4].

Среди более чем четырёхсот родов семейства *Ariaceae* (сельдерейные) наибольшим содержанием фуранокумаринов характеризуются роды секции *Pibescens* Manden – *Heracleum* (борщевик) и *Ammi* (амми). На основе экстракта из плодов *Ammi majus* (Амми большая) создан препарат «Аммифурин» (используется в медицинских целях), содержащий три фуранокумарина – изопимпинеллин, бергаптен, ксантотоксин. Аналогичные и другие представители класса фуранокумаринов присутствуют в соке вегетативных органов и плодах борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden) [5-7]. Ранее нами при изучении механизмов инвазивности борщевика Сосновского, позволяющих ему успешно занимать дичающие агроэкосистемы и внедряться в разреженные лесные экосистемы, был выявлен ингибирующий эффект водных растворов клеточного сока его листьев на прорастание семян и рост проростков целого ряда культурных и лекарственных растений [8-10]. Тем не менее остаётся невыясненным, какие именно компоненты клеточного сока, которых, по данным ряда авторов [11,12], насчитывается от 20 до 40 (в зависимости от способов экстракции и методов идентификации), оказывают ингибирующее действие на рост других растений и сохраняется ли их действие в опаде вегетативных органов, образующемся в синузиях борщевика Сосновского.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В синузиях борщевика с плотным стеблестоем поверхность почвы практически полностью лишена растительного покрова (рис. 1). Это можно объяснить или отсутствием достаточного для других растений светового потока (световое довольствие (СД) < 10%) даже в полуденные часы солнечных дней, или наличием веществ ингибиторной природы, которые могут содержаться в обильном опаде (засохшие листья, цветоносы, элементы цветков, плоды) с растений в осенне-весенний период. Исследование проводилось посредством сравнения эффекта водных вытяжек из опада растений борщевика Сосновского и раствора аммифурина на растения редиса (сорт Сакса) и овса (сорт Конкур).



Рис. 1. Поверхность почвы в синузии борщевика Сосновского
Fig. 1. The soil surface in sinuzia of the hogweed Sosnowski

Тест-растения выращивались в лаборатории искусственного климата на субстрате «Агробалт-С» (рН – 5,5-6,6; N_{общ} – 150 мг/л; Р – 33 мг/л; К – 104 мг/л; Mg – 30 мг/л; Са – 120 мг/л) при освещении натриевыми лампами высокого давления (ДНаТ-150). Световой период день/ночь - 18/6, температура на уровне растений, соответственно, – 25/18 °С. Посев осуществлялся наклюнувшимися семенами в сосуды ёмкостью 1 кг, по три семени на сосуд. Повторность в эксперименте – 10-кратная. Водная вытяжка из опада получалась экстрагированием 20 г сухой навески 500 мл воды в течение 12 ч (при встряхивании). Рабочий раствор «Аммифурина» готовили растворением 100 мг препарата также в 500 мл дистиллированной воды. Обработку тест-растений проводили по истечении семи дней от начала прорастания до 30-дневного возраста (всего 14 раз) для редиса и до 76-дневного возраста (47 поливов) для овса. Статистическую обработку полученных данных проводили методом Фишера-Стьюдента [13].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В условиях северной части Московской области, где проходила полевая часть наших эколого-физиологических исследований, поверхность почвы в синузиях борщевика становится подверженной интенсивному промыванию атмосферными осадками в конце октября. В весенний период опад подвергается воздействию талых вод и весенними атмосферными осадками. С мая месяца следующего года поверхность почвы плотно закрывается порослью молодых растений борщевика и влага в почву почти не попадает, испаряясь с поверхности листьев (рис. 2).

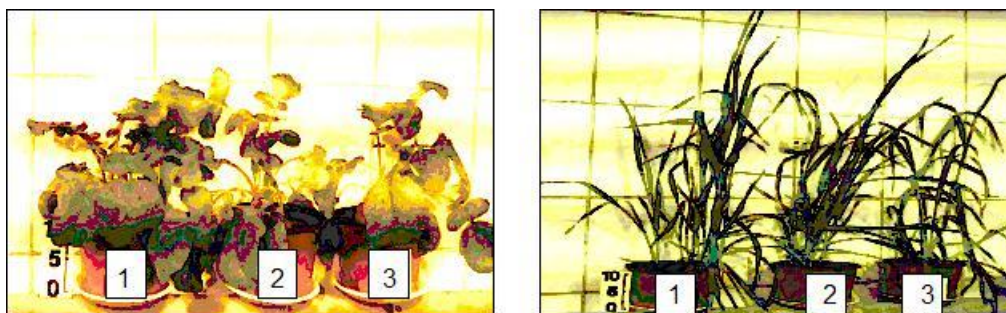


Рис. 2. Весенняя поросль борщевика практически полностью закрывает поверхность почвы в синузии

Fig. 2. Hogweed spring shoots completely covering the surface of the soil in synusia

Всё это приводит к тому, что опад в синузиях *Helianthus sosnowskyi* разлагается медленно, а негативный эффект на прорастание семян и рост проростков других видов может объясняться вымыванием фуранокумаринов атмосферными осадками из опада.

Регулярный полив сосудов водной вытяжкой из опада борщевика Сосновского и раствором препарата «Аммифурин» практически не отразился на внешнем облике растений редиса и несколько угнетал рост растений овса (рис. 3).



30-дневные растения редиса (сорт Сакса) 40-дневные растения овса (сорт Конкур)

Рис. 3. Внешний вид растений редиса и овса после обработки водной вытяжкой из опада растений борщевика (2) или водным раствором препарата «Амминофурин» (3)

Fig. 3. Habit of the radish and oats plants after treatment with aqueous extract from plant litter hogweed (2) or an aqueous solution of the "Amminofurin" preparation(3)

Однако растения редиса обоих опытных вариантов, при относительно равном количестве листьев, имели большую площадь ассимиляционной поверхности по сравнению с растениями, которые поливались водой (таблица). При этом положительная ответная реакция растений редиса была более выражена на полив экстрактом из опада борщевика (116%) и в меньшей степени при поливе водным раствором «Аммифурина» (107%).

Таблица. Биометрические показатели растений редиса сорта Сакса
Table. Biometrics of the radish plant

Варианты	Высота надземных органов, см	Число листьев, шт.	Площадь листьев, мм ²
Контроль (H ₂ O)	23,9 ± 0,7	7,1 ± 0,2	368,8 ± 29,1
Экстракт опада борщевика	25,8 ± 1,2	7,6 ± 0,4	429,8 ± 41,1
Раствор «Аммифурина»	24,0 ± 1,1	6,8 ± 0,3	393,8 ± 36,1

Более существенные отличия в реакции редиса на обработку экстрактом из опада борщевика и раствором препарата «Аммифурина» отмечались в накоплении растениями сухой массы (рис. 4). Расчёт наименьшей существенной разности с 95%-ным уровнем достоверности [13] позволил выявить положительный эффект водного раствора «Аммифурина» на накопление сухой массы корнеплодом редиса.

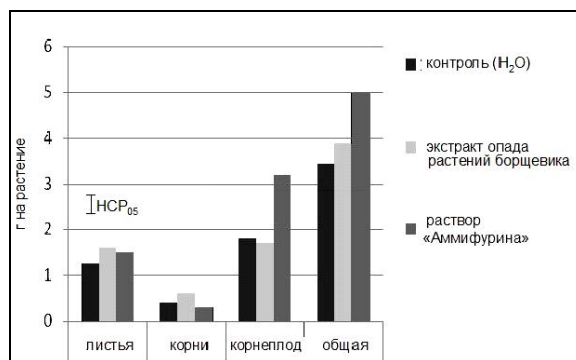


Рис. 4. Сухая масса 30-дневных растений редиса
 Fig. 4. The dry weight of the 30-day radish plants

Так как сухая масса листьев растений этого варианта практически равнялась таковой у растений контроля, можно предположить, что фуранокумарины способствовали оттоку фотоассимилятов из листьев в корнеплод, по видимому, за счёт усиления его аттрагирующей способности.

Полив растений овса водным раствором «Аммифурина» не влиял на содержание сухого вещества в стеблях, листьях и корнях, но увеличивал его содержание в метёлке (рис. 5). Водный экстракт из опада растений борщевика не оказывал эффекта на содержание сухого вещества ни в одном из исследованных органов растений овса.

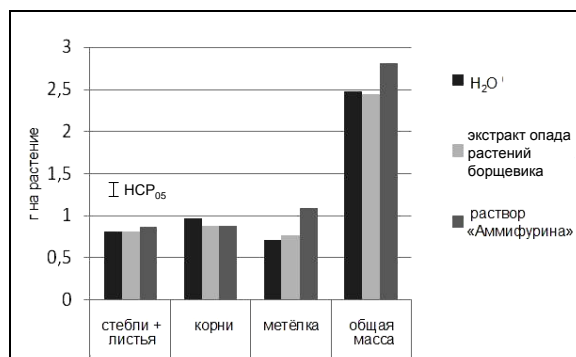


Рис. 5. Содержание сухого вещества в органах 76-дневных растений овса
 Fig. 5. The dry matter content in the organs of 76-day-old oats plants

Помимо этого, экстракт из опада борщевика не влиял как на количество зёрен в метёлке, так и на массу 1000 зёрен. С другой стороны, фуранокумарины препарата «Аммифурина» увеличивали озернёность метёлки на 51%, в то время как масса 1000 зёрен уменьшалась на 16% по сравнению с контролем.

ВЫВОДЫ

На основании проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

1. Водная вытяжка из опада (отмершие листья, цветоносы, кусочки коры стебля, плоды), образующегося в синузиях борщевика Сосновского в осенне-зимний период, не оказывала ингибирующего или стимулирующего эффекта на рост и развитие тест-растений, что может косвенно свидетельствовать об отсутствии (низкой концентрации) в опаде фуранокумаринов.

2. Водный раствор препарата «Аммифурин», содержащий фуранокумарины (изопимпинеллин, бергаптен, ксантотоксин), оказывал преимущественно стимулирующее действие на накопление сухой массы корнеплодом редиса и метёлкой овса.

3. Растения овса, регулярно поливаемые раствором «Аммифурина», имели большую озернённость метёлки, но существенно меньшую массу 1000 зёрен.

4. Отсутствие представителей других травянистых видов в сложившихся синузиях *Heracleum sosnowskyi* не связано с присутствием ингибиторов в опаде растений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кондратьев, М. Н. Взаимосвязи и взаимоотношения в растительных сообществах [Interrelations in plant communities]: моногр. / М. Н. Кондратьев, Г. А. Карпова, Ю. С. Ларинова. – Москва: РГАУ-МСХА, 2014. – 300 с.

2. Zobel A. M., Brown S. A. Coumarins in the interactions between the plant and its environment // *Allelopathy Journal*. 1995. - V. 2. – N 1. - P. 9-20.

3. Ojala T. Biological Screening of Plant Coumarins [Division of Pharmacognosy Department of Pharmacy Faculty of Science University of Helsinki], *Yliopistopaino, Helsinki*, 2001. - 53 p.

4. Poli F., Tirillini B., Tosi B., Sacchetti B., Bruni A. Histological Localization of Coumarins in Different Organs of *Smyrniun perfoliatum* (Apiaceae) // *Phyton* (Horn, Austria), 1995, V. 35, Fasc. 2, P. 209-207.

5. Юрлова, Р. Ю. Фуранокумарины *Heracleum sosnowskyi* и *Heracleum moellendorffii* [Furokumariny *Heracleum sosnowskyi* and *Heracleum moellendorffii*] / Р. Ю. Юрлова, Д. М. Черняк, О. О. Кутовая // *Тихоокеанский медицинский журнал* [Pacific Medical Journal]. – 2013. – №2 (52). – С. 91-93.

6. Kuljanabhagavad T., Sriubolmas N., Ruangrunsi N. Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil from *Heracleum siamicum* // *J. Health Res.* 2010, V. 24. N 2.- P. 55-60.

7. Karuppusary S., Muthuraja G. Radical scavenging activities of *Heracleum aquilegifolium* Wight (Apiaceae) fruit oils in vitro // *Z. Naturforsch.* 2010, V. 65c, P. 653-659.

8. Бударин, С. Н. Распространение борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden) в Московской области и эколого-физиологические аспекты его инвазии в агроэкосистемы [The spread of hogweed *Sosnowski* (*Heracleum sosnowskyi* Manden) in the Moscow region and eco-physiological aspects of its invasion in agro-ecosystems] / С. Н. Бударин [и др.] // Всероссийская научно-практич. конф. с междунар. участием «Биоэкологическое краеведение: мировые, российские и региональные проблемы» [All-Russian scientific-practical. conf. with int. participation

"Bioecological local history: world, Russian and regional problems"] (14.10.2013): материалы [proceedings]. – Самара, 2013. – С. 51-58.

9. Кондратьев, М. Н. Роль инвазивности растительных видов при внедрении в естественные и агрофитоценозы [The role of plant species invasiveness when implemented into natural and agrophytocenosis] / М. Н. Кондратьев [и др.] // Всероссийская научно-практич. конф. с междунар. участием «Тобольск научный – 2013» [All-Russian scientific-practical. conf. with int. participation "Scientific Tobolsk - 2013"]. (25-26.10.2013): материалы [proceedings]. – Тобольск, 2013. - С. 128-132.

10. Кондратьев, М. Н. Аллелопатический эффект *Heracleum sosnowskyi* Manden, сорных и лекарственных растений на культурные виды [Allelopathic effect of *Heracleum sosnowskyi* Manden, weed and medicinal plants on cultivated species] / М. Н. Кондратьев [и др.] // Годичное собрание Общества физиологов растений России «Физиология растений – теоретическая основа инновационных агро- и фитобиотехнологий»: материалы (ч. II) [Annual Meeting of the Russian Society of Plant Physiologists "Plant physiology - the theoretical basis of innovative agricultural and fitobiotechnology": proceedings (Part II)]. – Калининград: ФГБОУ ВПО «Калининградский государственный технический университет», 2014. – С. 234.

11. Хаджиматов, М. О кумаринах из плодов *Heracleum lehmannianum* Bange [On coumarin out of the fruits of *Heracleum lehmannianum* Bange] / М. Хаджиматов, Г. Наврузшоева // Доклады Академии наук республики Таджикистан [Reports of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan]. – 2008. – Т. 51, №7. – С. 549-552.

12. Jakubská-Busse I. A., Śliwiński M., Kobyłka M. Identification of bioactive components of essential oils in *Heracleum sosnowskyi* and *Heracleum mantegazzianum* (Apiaceae). Arch. Biol. Sci., Belgrade. 2013, V. 65. N 3. – P. 877-883.

13. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) [Method of field study (with the basics of statistical analysis of the research results)] / Б. А. Доспехов. – изд-е 5-е [5th edition]. – Москва: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

REFERENCES

1. Kondrat'ev M.N., Karpova G.A., Larikova Yu.S. *Vzaimosvyazi i vzaimotnosheniya v rastitel'nykh soobshchestvakh* [Interrelations in plant communities]. Moscow, RGAU-MSKhA, 2014, 300 p.

2. Zobel A.M., Brown S.A. Coumarins in the interactions between the plant and its environment. Allelopathy Journal. 1995, vol. 2, no. 1, pp. 9-20.

3. Ojala T. Biological Screening of Plant Coumarins [Division of Pharmacognosy Department of Pharmacy Faculty of Science University of Helsinki], Yliopistopaino, Helsinki, 2001, 53 p.

4. Poli F., Tirillini B., Tosi B., Sacchetti B., Bruni A. Histological Localization of Coumarins in Different Organs of *Smyrnum perfoliatum* (Apiaceae). Phytom (Horn, Austria), 1995, vol. 35, fasc. 2, pp. 209-207.

5. Yurlova R.Yu., Chernyak D.M., Kutovaya O.O. Furokumariny *Heracleum sosnowskyi* i *Heracleum moellendorffii* [Furokumariny *Heracleum sosnowskyi* and *Heracleum moellendorffii*]. *Tikhookeanskiy meditsinskiy zhurnal* [Pacific Medical Journal]. 2013, no. 2 (52), pp. 91-93.

6. Kuljanabagavad T., Sriubolmas N., Ruangrunsi N. Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil from *Heracleum siamicum*. *J. Health Res.* 2010, vol. 24, no. 2, pp. 55-60.

7. Karuppusary S., Muthuraja G. Radical scavenging activities of *Heracleum aquilegifolium* Wight (Apiaceae) fruit oils in vitro. *Z. Naturforsch.* 2010, vol. 65 c, pp. 653-659.

8. Budarin S.N., Larikova Yu.S., Zvereva V.A., Pashtanova E.S., Kondrat'ev M.N. Rasprostranenie borshchevika Sosnovskogo (*Heracleum sosnowskyi* Manden) v Moskovskoy oblasti i ekologo-fiziologicheskie aspekty ego invazii v agroekosistemy [The spread of hogweed *Sosnowski* (*Heracleum sosnowskyi* Manden) in the Moscow region and eco-physiological aspects of its invasion in agro-ecosystems]. *Materialy Vserossiyskoy nauchno-praktich. konf. s mezhdunar. uchastiem "Bioekologicheskoe kraevedenie: mirovye, rossiyskie i regional'nye problemy", 14 oktyabrya 2013 g.* [Proceedings of the All-Russian scientific-practical. conf. with int. participation "Bioecological local history: world, Russian and regional problems", October 14, 2013]. Samara, 2013, pp. 51-58.

9. Kondrat'ev M.N., Larikova Yu.S., Budarin S.N., Zvereva V.A. Rol' invazivnosti rastitel'nykh vidov pri vnedrenii v estestvennye i agrofitotsenozy [The role of plant species invasiveness when implemented into natural and agrophytocenosis]. *Materialy Vserossiyskoy nauchno-praktich. konf. s mezhdunar. uchastiem "Tobol'sk nauchnyu-2013", 25-26 oktyabrya 2013 g.* [Proceedings of the All-Russian scientific-practical. conf. with int. participation "Scientific Tobolsk-2013", October 25-26, 2013]. Tobol'sk, 2013, pp. 128-132.

10. Kondrat'ev M.N., Larikova Yu.S., Budarin S.N., Klechkovskaya Yu.B., Pashtanova E.S. *Allelopaticheskiy effekt Heracleum sosnowskyi Manden, sornykh i lekarstvennykh rasteniy na kul'turnye vidy* [Allelopathic effect of *Heracleum sosnowskyi* Manden, weed and medicinal plants on cultivated species]. *Godichnoe sobranie Obshchestva fiziologov rasteniy Rossii "Fiziologiya rasteniy – teoreticheskaya osnova innovatsionnykh agro- i fitobiotekhnologiy": materialy (ch. II)* [Annual Meeting of the Russian Society of Plant Physiologists "Plant physiology - the theoretical basis of innovative agricultural and fitobiotekhnology": proceedings (Part II)]. Kaliningrad, FGBOU VPO "Kaliningradskiy gosudarstvennyy tekhnicheskiy universitet", 2014, pp. 234.

11. Khadzhimatov M., Navruzshoeva G. O kumarinakh iz plodov *Heracleum lehmannianum* Bange [On coumarin out of the fruits of *Heracleum lehmannianum* Bange]. *Doklady Akademii nauk respubliki Tadjikistan* [Reports of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan]. 2008, vol. 51, no. 7, pp. 549-552.

12. Jakubska-Buszel A., Śliwiński M., Kobyłka M. Identification of bioactive components of essential oils in *Heracleum sosnowskyi* and *Heracleum mantegazzianum* (Apiaceae). *Arch. Biol. Sci., Belgrade.* 2013, vol. 65, no. 3, pp. 877-883.

13. Dospekhov B.A. *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy)* [Method of field study (with the basics of statistical analysis of the research results)]. Izdanie 5-oe [5th edition]. Moscow, Agropromizdat, 1985, 351 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Кондратьев Михаил Николаевич – ФГБОУ ВПО «Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К. А. Тимирязева», доктор биологических наук, профессор кафедры физиологии растений; E-mail: tel06ck@rambler.ru

Kondratiev Mikhail Nikolaevich – Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev, Doctor of Biological Sciences, professor of the department of plant physiology; E-mail: tel06ck@rambler.ru

Бударин Сергей Николаевич – ФГБОУ ВПО «Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К. А. Тимирязева», аспирант кафедры физиологии растений; E-mail: snegin20000@yandex.ru

Budarin Sergey Nikolaevich – Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev, PhD student of the department of plant Physiology; E-mail: snegin20000@yandex.ru

Ларикова Юлия Сергеевна – ФГБОУ ВПО «Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К. А. Тимирязева», доцент кафедры физиологии растений; E-mail: snegin20000@yandex.ru

Larikova Yulia Sergeevna – Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev, PhD in Agriculture, associate professor of the department of plant physiology; E-mail: yulialarikova@rambler.ru