

ИЗМЕНЕНИЕ УРОВНЯ АНТИОКСИДАНТОВ В ЛИСТЬЯХ ШИПОВНИКА МАЙСКОГО (*ROSA MAJALIS*) И ЗЕМЛЯНИКИ ЗЕЛЕННОЙ (*FRAGARIA VIRIDIS*) ПОСЛЕ АКАРИЦИДНОЙ ОБРАБОТКИ ЛЕСА ДЕЛЬТАМЕТРИНОМ

Е.А. Чигринский

к.б.н., Омский государственный медицинский университет (г. Омск);
ORCID: 0000-0002-0844-4090
E-mail: chigrinski@list.ru

Л.К. Герунова

д.в.н., профессор, Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина (г. Омск);
ORCID: 0000-0003-0835-9352
E-mail: gerliud@mail.ru

В.Д. Конвай

д.м.н., профессор, Омский государственный медицинский университет» (г. Омск);
ORCID: 0000-0002-9082-3507
E-mail: vdconway@bk.ru

Н.В. Шорин

к.с.-х.н., доцент, Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина (г. Омск)
E-mail: nv_shorin@mail.ru

П.П. Золин

к.м.н., доцент, Омский государственный медицинский университет (г. Омск);
ORCID: 0000-0003-1900-7117
E-mail: zolin_petr@mail.ru

Актуальность. Фитотоксические эффекты пестицидов характеризуются снижением биомассы, замедлением роста надземной части растений или их корневой системы, а также изменением биохимических процессов, протекающих в клетках. Влияние синтетических пиретроидов на растения семейства Rosaceae, включающего лекарственные растения, глубоко не изучено, в связи с чем представляет интерес определение уровня накопления антиоксидантов и других биологически активных веществ в различных частях растений этого семейства при воздействии пестицидов.

Цель работы. Выявить влияние синтетического пиретроида дельтаметрина на уровень антиоксидантов в листьях шиповника майского (*Rosa majalis*) и земляники зеленой (*Fragaria viridis*) при акарицидной обработке леса.

Материал и методы. Объектом исследования служили *R. majalis* и *F. viridis*. Пробы для исследования собирали с опытной площадки леса площадью 1 га спустя 7, 30 и 60 сут после акарицидной обработки территории с использованием дельтаметрина. Параллельно проводили сбор проб на фоновой площадке. В листьях *R. majalis* и *F. viridis*, собранных с обеих площадок, в лабораторных условиях определяли содержание аскорбиновой кислоты, токоферола, глутатиона, а также активность каталазы, супероксиддисмутазы и глутатионредуктазы.

Результаты. Дельтаметрин вызывает снижение уровня неферментативных антиоксидантов и активацию ферментов антиоксидантной защиты у *R. majalis* на ранних сроках после акарицидной обработки территории. В поздние сроки наблюдения все изучаемые показатели, за исключением глутатионредуктазной активности, достигали уровня фоновых. На ранних сроках воздействия дельтаметрина на *F. viridis* наблюдалось снижение содержания неферментативных антиоксидантов в листьях, а в более поздний период отмечалось угнетение активности антиоксидантных ферментов на фоне сохраняющегося дефицита неферментативных антиоксидантов.

Выводы. Установлено, что акарицидная обработка леса с использованием дельтаметрина вызывает активацию ферментов антиоксидантной защиты и снижает содержание аскорбата, токоферола и глутатиона в листьях *R. majalis* и *F. viridis*. Указанные изменения более выражены у *F. viridis*.

Ключевые слова: антиоксиданты, синтетические пиретроиды, дельтаметрин, шиповник майский, земляника зеленая.

Для цитирования: Чигринский Е.А., Герунова Л.К., Конвай В.Д., Шорин Н.В., Золин П.П. Изменение уровня антиоксидантов в листьях шиповника майского (*Rosa majalis*) и земляники зеленой (*Fragaria viridis*) после акарицидной обработки леса дельтаметрином. Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2020;23(12):46-51. <https://doi.org/10.29296/25877313-2020-12-08>

Синтетические пиретроиды широко используются для защиты сельскохозяйственных культур и лесных биотопов от вредителей и возбудителей болезней [1, 2]. Они относительно быстро разрушаются и не накапливаются в растениях. Однако в научной литературе отмечается фитотоксическое действие препаратов данной группы. В зависимости от культуры, норм расхода, кратности обработки и прочих факторов пиретроиды могут вызывать нежелательные эффекты, такие как снижение биомассы, замедление роста надземной части растения либо его корневой системы. Часто изменения касаются не внешних параметров, а биохимических процессов, протекающих в клетках растений [3–5]. Под действием синтетических пиретроидов отмечается снижение содержания витаминов и антиоксидантов, изменение активности ферментов [3, 4, 6]. Метаболиты пиретроидов, образующиеся в процессе их биотрансформации, тоже обладают фитотоксическим действием [3]. Влияние синтетических пиретроидов на растения семейства Rosaceae глубоко не изучено, в связи с этим заслуживает внимания определение уровня антиоксидантов и других биологически активных веществ в различных частях растений этого семейства, объединяющего большое количество ценных видов, используемых в пищевой и фармацевтической промышленности.

Ц е л ь р а б о т ы – установить изменение уровня антиоксидантов в растениях семейства Rosaceae на примере шиповника майского (*Rosa majalis*) и земляники зеленой (*Fragaria viridis*) при проведении акарицидной обработки леса дельтаметрином.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследование проведено с мая по август 2017 г. в южной лесостепи Западной Сибири. Средняя дневная температура воздуха в этот период достигала 17,8–24 °С. Количество осадков, выпавших с мая по август, – 200 мм при годовой норме 300–350 мм. Маркерными объектами исследования служили шиповник майский (*Rosa majalis* Herrm., 1762) и земляника зеленая (*Fragaria viridis* Weston, 1771). Пробы для исследования собирали с опытной площадки площадью 1 га (ДМ) спустя 7, 30 и 60 сут после акарицидной обработки территории леса с использованием синтетического пиретроида дельтаметрина. Норма расхода дельтаметрина при обработке территории составляла 7,5 г/га (по дей-

ствующему веществу). Параллельно проводился сбор проб на фоновой площадке (Фон), которая не подвергалась химической обработке. Удельный вес изучаемых видов в общем проективном покрытии (без леса) составлял 40%, при этом проективное покрытие *R. majalis* и *F. viridis* было примерно одинаковым. Площадки ДМ и Фон разделялись буферной зоной протяженностью 1 км, что исключало попадание дельтаметрина на фоновую площадку. Фоновая и опытная площадки были идентичны по составу почвы (чернозем среднесуглинистый).

В листьях *R. majalis* и *F. viridis*, собранных с обеих площадок, в лабораторных условиях определяли с трехкратной повторностью содержание аскорбиновой кислоты, токоферола, глутатиона, а также активность каталазы, супероксиддисмутазы и глутатионредуктазы. Содержание аскорбиновой кислоты выявляли при помощи титрования с 2,6-дихлорфенолиндофенолом [7], уровень токоферола – по методу, основанному на восстановлении ионов железа в присутствии токоферола с образованием комплексного соединения с батофенантролином [8]. Концентрацию глутатиона определяли с помощью реакции восстановленного глутатиона с 5,5-дитиобис(2-нитробензойной кислотой). В результате реакции образуется тионитрофенольный анион, под воздействием которого изменяется цвет раствора, приобретая желтый оттенок [9]. Определение активности каталазы основано на способности H_2O_2 образовывать стойкий окрашенный комплекс с солями молибдата [10]. Активность супероксиддисмутазы определяли по ингибированию реакции аутоокисления адреналина в щелочной среде, активность глутатионредуктазы – по скорости восстановления глутатиона в реакционной среде, содержащей окисленный глутатион, и NADPH [11]. Для пересчета некоторых показателей на 1 мг белка также определяли концентрацию общего белка биуретовым методом.

После получения цифровых данных проводили их статистическую обработку при помощи параметрического критерия Стьюдента для независимых выборок. Для расчетов использовали компьютерную программу Statistica 6.0 (StatSoft Inc.).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Воздействие синтетического пиретроида на нецелевые объекты изменяет характер метаболических процессов в растениях (табл. 1 и 2). В листьях

шиповника через 7 сут после обработки леса отмечено снижение концентрации аскорбиновой кислоты на 25,2% по сравнению с аналогичным показателем шиповника с фоновой площадки. Кроме аскорбата отмечалось снижение уровней токоферола и глутатиона соответственно на 24,4 и 26,9% в сравнении с теми же показателями листьев шиповника, собранных на площадке Фон. На фоне снижения содержания аскорбата, токоферола и глутатиона в листьях *R. majalis* отмечалась активация ферментов антиоксидантной защиты (табл. 1). Активность каталазы, супероксиддисмутазы и глутатионредуктазы соответственно увеличилась на 105, 38 и 49% в сравнении с аналогичными фоновыми показателями.

Листья *R. majalis*, собранные на площадке ДМ в более поздние сроки после акарицидной обработки территории, отличались по меньшему количеству показателей от соответствующего фонового объекта. Так, в листьях, собранных через 30 сут, отмечено снижение концентрации аскорбиновой кислоты и глутатиона на фоне повышенной активности изучаемых ферментов (табл. 1). Концентрация токоферола статистически значимо не

отличалась от фона. Через 60 сут после обработки территории в листьях шиповника было обнаружено лишь повышение активности глутатионредуктазы, а остальные показатели были сопоставимы с фоновыми значениями.

Влияние дельтаметрина на *F. viridis* оказалось более выраженным. Было установлено, что акарицидная обработка с использованием дельтаметрина вызывает существенные изменения биохимических процессов в листьях земляники (табл. 2). Через 7 сут после обработки в листьях *F. viridis*, собранных с площадки ДМ, наблюдалось снижение концентрации аскорбиновой кислоты на 23,7% в сравнении с аналогичным показателем листьев, собранных с фоновой площадки леса. Концентрация токоферола и глутатиона снижалась на 18,0 и 21,8% соответственно в сравнении с площадкой Фон. Подобная картина сохранялась по прошествии 30 и 60 сут после акарицидной обработки территории. Активность антиоксидантных ферментов в листьях *F. viridis*, собранных на площадке ДМ спустя 7 и 30 сут, увеличилась в сравнении с фоном, а по истечении 60 сут было отмечено снижение активности этих ферментов (табл. 2).

Таблица 1. Содержание антиоксидантов в *R. majalis* после акарицидной обработки леса с использованием дельтаметрина ($M \pm SD$), $n=20$

Показатель	Площадка сбора	Время после обработки, сут		
		7	30	60
Аскорбат, мг/100 г сырой массы	Фон	48,8±10,6	179±11,0	33,8±10,8
	ДМ	36,5±10,5 $p=0,0007$	162±18,1 $p=0,0014$	31,3±7,79 $p=0,4066$
Токоферол, мг/100 г сырой массы	Фон	11,8±3,04	41,3±11,4	31,0±5,95
	ДМ	8,92±2,72 $p=0,0034$	35,9±5,70 $p=0,0673$	33,1±8,27 $p=0,3717$
Глутатион, нмоль/г сырой массы	Фон	97,4±15,2	182±29,8	153±19,3
	ДМ	71,2±25,4 $p=0,0003$	154±28,0 $p=0,0049$	144±16,1 $p=0,1239$
КАТ, Ед/мг белка	Фон	55,7±7,90	82,7±13,5	66,3±11,8
	ДМ	114±28,4 $p<0,0001$	137±22,5 $p<0,0001$	76,3±22,0 $p=0,0810$
СОД, Ед/мг белка	Фон	128±17,4	261±26,6	91,1±13,0
	ДМ	177±50,8 $p=0,0002$	295±49,1 $p=0,0116$	99,8±24,6 $p=0,1670$
ГР, Ед/мг белка	Фон	166±14,1	189±22,2	105±14,8
	ДМ	248±46,6 $p<0,0001$	258±11,7 $p<0,0001$	134±35,5 $p=0,0019$

Примечание: p – уровень статистической значимости различий по отношению к соответствующему фону, M – среднее арифметическое, SD – стандартное отклонение, КАТ – каталаза, СОД – супероксиддисмутаза, ГР – глутатионредуктаза, n – число проб в группе.

Таблица 2. Содержание антиоксидантов в *F. viridis* после акарицидной обработки леса с использованием дельтаметрина ($M \pm SD$), $n=20$

Показатель	Площадка сбора	Время после обработки, сут		
		7	30	60
Аскорбат, мг/100 г сырой массы	Фон	76,7±11,4	96,0±13,8	65,3±9,94
	ДМ	58,5±11,1 $p < 0,0001$	74,9±24,2 $p = 0,0016$	53,7±16,0 $p = 0,0087$
Токоферол, мг/100 г сырой массы	Фон	28,3±6,19	34,2±6,20	25,9±5,67
	ДМ	23,2±5,61 $p = 0,0098$	27,6±3,60 $p = 0,0002$	20,3±5,51 $p = 0,0030$
Глутатион, нмоль/г сырой массы	Фон	15,6±3,02	24,9±3,67	12,4±3,13
	ДМ	12,2±2,61 $p = 0,0005$	19,6±5,88 $p = 0,0015$	9,40±2,70 $p = 0,0024$
КАТ, Ед/мг белка	Фон	30,7±5,85	44,3±5,52	29,8±5,92
	ДМ	43,8±14,0 $p = 0,0004$	55,6±12,8 $p = 0,0009$	20,8±7,25 $p = 0,0001$
СОД, Ед/мг белка	Фон	71,3±9,21	205±24,5	118±16,7
	ДМ	125±22,5 $p < 0,0001$	237±46,9 $p = 0,0115$	94,6±20,4 $p = 0,0003$
ГР, Ед/мг белка	Фон	41,4±8,25	53,9±4,43	36,6±4,66
	ДМ	54,4±17,4 $p = 0,0044$	64,5±19,8 $p = 0,0251$	30,0±8,97 $p = 0,0061$

Примечание: см. табл. 1.

Изменение изучаемых показателей антиоксидантной системы в листьях *R. majalis* и *F. viridis* свидетельствует о том, что в клетках данных растений, произрастающих в дикой природе и подвергнутых воздействию дельтаметрина, развивается окислительный стресс. Он выражается снижением содержания неферментативных антиоксидантов в связи с активным их участием в инактивации свободных радикалов, образующихся в результате стрессорного действия дельтаметрина. Высокий уровень свободных радикалов подтверждается активацией ферментативного звена антиоксидантной защиты клеток растений.

Механизм фитотоксических эффектов синтетических пиретроидов остается глубоко не раскрытым и зависит от многих условий и факторов: вида растений, времени и кратности обработки, интенсивности солнечной радиации, влажности воздуха, микробиологической характеристики почвы, на которой произрастают растения и др. Одним из возможных механизмов действия дельтаметрина и других синтетических пиретроидов на растения может быть влияние на работу ионных каналов, как отмечают некоторые авторы [12].

ВЫВОДЫ

1. Дельтаметрин вызывает снижение уровня неферментативных антиоксидантов и активацию ферментов антиоксидантной защиты у шиповника майского (*R. majalis*) на ранних сроках после акарицидной обработки территории. В поздние сроки наблюдения все изучаемые показатели за исключением глутатионредуктазной активности достигают уровня фоновых. Влияние дельтаметрина на землянику зеленую (*F. viridis*) оказалось более выраженным. На ранних сроках после воздействия дельтаметрина в листьях данного растения наблюдалось снижение содержания неферментативных антиоксидантов, а в более поздний период отмечалось угнетение активности антиоксидантных ферментов на фоне сохраняющегося дефицита неферментативных антиоксидантов. Это свидетельствует о чрезмерной продукции свободных радикалов в листьях земляники, которые ингибируют экспрессию антиоксидантных ферментов.

2. Таким образом, можно заключить, что земляника зеленая более чувствительна к воздействию дельтаметрина и плохо адаптируется к дозам пиретроидов, используемым при акарицидной обработке леса. Шиповник майский имеет большую емкость антиоксидантной системы и способен адаптироваться к воздействию дельтаметрина в условиях обработки леса от клещей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Быков В.А., Бушковская Л.М., Пушкина Г.П. Защита лекарственных культур от вредителей, болезней и сорняков. М: ВИЛАР, 2006, 110 с.
2. Сидельников Н.И., Бушковская Л.М., Пушкина Г.П. Особенности защиты лекарственных культур от вредных организмов. Защита и карантин растений. 2014; 3: 20–22.
3. Bragança I., Lemos P.C., Barros P. et al. Phytotoxicity of pyrethroid pesticides and its metabolite towards *Cucumis sativus*. Sci. Total Environ. 2018; 619–620: 685–91.
4. Shakir S.K., Irfan S., Akhtar B. et al. Pesticide-induced oxidative stress and antioxidant responses in tomato (*Solanum lycopersicum*) seedlings. Ecotoxicology. 2018; 27: 919–935.
5. Yekeen T.A., Adeboye M.K. Cytogenotoxic effects of cypermethrin, deltamethrin, lambda-cyhalothrin and endosulfan pesticides on *Allium cepa* root cells. Afr. J. Biotechnol. 2013; 12: 6000–6006.
6. Bashir F., Mahmooduzzafar, Siddiqi T.O., Iqbal M. The anti-oxidative response system in *Glycine max* (L.) Merr. exposed to Deltamethrin, a synthetic pyrethroid insecticide. Environ. Pollut. 2007; 147: 94–100.
7. Varley H. Determination of plasma ascorbic acid by 2,6-dichlorophenolindophenol titration method. Practical Clinical Biochemistry, 5th edition. CBS Publisher & Distributors. India. 2002; 927 p.
8. Desai I.D. Vitamin E. Analysis method for animal tissues. Meth. Enzymol. 1984; 105:138–47.
9. Костромитиков Н.А., Суменков Е.А. Определение глутатиона фотоколориметрическим методом исследования, Вестник РАСХН. 2005; 5: 69–70.
10. Королюк М.А., Иванова Л.И., Майорова И.Г. Метод определения активности каталазы. Лабораторное дело. 1988; 1: 16–19.
11. Сирота Т.В. Новый подход в исследовании процесса аутоокисления адреналина и использование его для измерения активности супероксиддисмутазы. Вопросы медицинской химии. 1999; 45(3): 263–272.
12. Юрин В.М., Соколик А.И., Дитченко Т.И., Яковец О.Г., Крытынская Е.Н. Физиологические аспекты первичного избирательного действия пестицидов на растения. Вестник БГУ. Сер. 2: Химия, Биология, география. 2009; 1: 40–47.

Поступила после доработки 8 сентября 2020 г.

CHANGES IN THE LEVEL OF ANTIOXIDANTS IN THE LEAVES OF *ROSA MAJALIS* AND *FRAGARIA VIRIDIS* AFTER ACARICIDAL TREATMENT OF FOREST WITH DELTAMETHRIN

© Authors, 2020

E.A. Chigrinski

Ph.D. (Biol.), Omsk State Medical University (Omsk);
ORCID: 0000-0002-0844-4090
E-mail: chigrinski@list.ru

Gerunova L.K.

Dr.Sc. (Veterinary), Professor, Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin (Omsk);
ORCID: 0000-0003-0835-9352
E-mail: gerliud@mail.ru

V.D. Konvay

Dr.Sc. (Med.), Professor, Omsk State Medical University (Omsk);
ORCID: 0000-0002-9082-3507
E-mail: vdconway@bk.ru

N.V. Shorin

Ph.D. (Agrical.), Associate Professor, Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin (Omsk)
E-mail: nv_shorin@mail.ru

P.P. Zolin

Ph.D. (Med.), Associate Professor, Omsk State Medical University (Omsk);
ORCID: 0000-0003-1900-7117
E-mail: zolin_petr@mail.ru

Relevance. The phytotoxic effects of pesticides are characterized by a decrease in biomass, a slowdown in the growth of the aerial part of plants or their root system, as well as a change in biochemical processes in cells. The effect of synthetic pyrethroids on plants of the *Rosaceae* family, which includes medicinal plants, has not been deeply studied, and therefore it is of great interest to determine the level of both antioxidant accumulation and other biologically active substances in various parts of plants of this family when exposed to pesticides.

Objective. To establish the effect of the synthetic pyrethroid deltamethrin on the level of antioxidants in the leaves of wild rose (*Rosa majalis*) and green strawberry (*Fragaria viridis*) during acaricidal forest treatment.

Material and methods. *R. majalis* and *F. viridis* were the objects for studying. Samples for the study were collected from an experimental forest site with an area of 1 ha at 7, 30 and 60 days after acaricidal treatment of the area with deltamethrin. Alongside, samples were collected at the background site. In the leaves of *R. majalis* and *F. viridis*, collected from both sites, the content of ascorbic acid, tocopherol, glutathione, as well as the activity of catalase, superoxide dismutase, and glutathione reductase were determined under laboratory conditions.

Results. Deltamethrin causes a decrease in the level of non-enzymatic antioxidants and activation of antioxidant defense enzymes in *R. majalis* in the early stages after acaricidal treatment of the area. In the late periods of observation, all the studied parameters, with the exception of glutathione reductase activity, reached the background level. In the early stages of the effect of deltamethrin on *F. viridis*, a decrease in the content of non-enzymatic antioxidants in the leaves was observed, and in a later period, inhibition of the activity of antioxidant enzymes was observed against the background of a persisting deficiency of non-enzymatic antioxidants.

Conclusion. It was found that acaricidal forest treatment with deltamethrin activates antioxidant enzymes and decreases the content of ascorbate, tocopherol and glutathione in the leaves of *R. majalis* and *F. viridis*. These changes are more pronounced in *F. viridis*.

Key words: antioxidants, synthetic pyrethroids, deltamethrin, *Rosa majalis*, *Fragaria viridis*.

For citation: Chigrinski E.A., Gerunova L.K., Konvay V.D., Shorin N.V., Zolin P.P. Changes in the level of antioxidants in the leaves of *Rosa majalis* and *Fragaria viridis* after acaricidal treatment of forest with deltamethrin. Problems of biological, medical and pharmaceutical chemistry. 2020;23(12):46–51. <https://doi.org/10.29296/25877313-2020-12-08>

REFERENCES

1. Bykov V.A., Bushkovskaya L.M., Pushkina G.P. Zashchita lekarstvennykh kul'tur ot vreditel'ej, boleznej i sornjakov. M: VILAR, 2006, 110 s.
2. Sidelnikov N.I., Bushkovskaya L.M., Pushkina G.P. Osobennosti zashchity lekarstvennykh kul'tur ot vrednykh organizmov. Zashchita i karantin rastenij. 2014; 3: 20–22.
3. Bragança I., Lemos P.C., Barros P. et al. Phytotoxicity of pyrethroid pesticides and its metabolite towards *Cucumis sativus*. Sci. Total Environ. 2018; 619–620: 685–91.
4. Shakir S.K., Irfan S., Akhtar B. et al. Pesticide-induced oxidative stress and antioxidant responses in tomato (*Solanum lycopersicum*) seedlings. Ecotoxicology. 2018; 27: 919–935.
5. Yekeen T.A., Adeboye M.K. Cytogenotoxic effects of cypermethrin, deltamethrin, lambda-cyhalothrin and endosulfan pesticides on *Allium cepa* root cells. Afr. J. Biotechnol. 2013; 12: 6000–6006.
6. Bashir F., Mahmooduzzafar, Siddiqi T.O., Iqbal M. The antioxidative response system in *Glycine max* (L.) Merr. exposed to Deltamethrin, a synthetic pyrethroid insecticide. Environ. Pollut. 2007; 147: 94–100.
7. Varley H. Determination of plasma ascorbic acid by 2,6-dichlorophenolindophenol titration method. Practical Clinical Biochemistry, 5th edition. CBS Publisher & Distributors. India. 2002; 927 p.
8. Desai I.D. Vitamin E. Analysis method for animal tissues. Meth. Enzymol. 1984; 105:138–47.
9. Kostromitkov N.A., Sumenkov E.A. Opredelenie glutationa fotokolorimetriceskim metodom issledovaniya, Vestnik RASKHN. 2005; 5: 69–70.
10. Korolyuk M.A., Ivanova L.I., Majorova I.G. Metod opredeleniya aktivnosti katalazy. Laboratornoe delo. 1988; 1: 16–19.
11. Sirota T.V. Novyj podhod v issledovanii processa avtookisleniya adrenalina i ispol'zovanie ego dlya izmereniya aktivnosti superoksiddismutazy. Voprosy medicinskoj himii. 1999; 45(3): 263–272.
12. Yurin V.M., Sokolik A.I., Ditchenko T.I., Yakovec O.G., Krytynskaya E.N. Fiziologicheskie aspekty pervichnogo izbiratel'nogo dejstviya pesticidov na rashteniya. Vestnik BGU. Ser. 2: Himiya, Biologiya, geografija. 2009; 1: 40–47.