

татов оценено как удовлетворительное, один результат – как сомнительный (участник под №4) и один как неудовлетворительный (участник под №13). Получение неудовлетворительного результата потребует от участника МСИ анализа процедуры испытаний и проведения корректирующих мероприятий.

**Выводы.** 1. Содержание массовой доли мышьяка в образцах состава минеральных удобрений (диаммофоска NPK 10:26:26, аммофос NP 12:52 ООО, аммофос NP 12:52, аммофос NP 10:46) колеблется от 1,36 до 30,3 мг/кг, в зависимости от состава сырья и технологии производства.

2. Проведение МСИ показало, что большинство лабораторий-участников получили удовлетворительные сопоставимые результаты при анализе образцов состава минеральных удобрений на содержание мышьяка, что свидетельствует о высоком уровне технической компетентности ИЛ АПК.

3. Представленные виды минеральных удобрений могут применяться на территории Российской Федерации для оптимизации сельскохозяйственного природопользования, экологического и экономического благополучия без ограничений.

#### Литература

1. Водяницкий Ю.Н. Загрязнение почв тяжелыми металлами и металлоидами и их экологическая опасность (аналитический обзор) // Почвоведение. – 2013. – №7. – С. 872-881.
2. Потатуева Ю.А., Игнатов В.Г., Карпова Е.А. Влияние фосфорных удобрений на содержание подвижных форм мышьяка в почвах // Агрохимия. – 2007. – №1. – С. 31-40.
3. Санитарные правила и нормы СанПин 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или)

безвредности для человека факторов среды обитания / Электронный ресурс <https://docs.cntd.ru/document/573500115>.

4. Горбунова Н.С., Стулин А.Ф. Содержание тяжелых металлов при длительном применении удобрений в агроценозах кукурузы на черноземах выщелоченных // Вестник ВГУ, серия: Химия. Биология. Фармация. – 2018. – №4. – С. 49-54.
5. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. – Л.: Агропромиздат. Ленингр. отд-ние, 1987. – 142 с.
6. ГОСТ Р 58663-2019 Удобрения минеральные. Методы определения свинца, кадмия, мышьяка, никеля, ртути, хрома (VI), меди, цинка и биурета. – М.: – Стандартинформ, 2020. – 27 с.
7. МУ по определению мышьяка фотометрическим методом. – М., 1993. – 13 с.
8. Ступакова Г.А., Игнатъева Е.Э., Шипицкова Т.И., Митрофанов Д.К. Минеральные удобрения. Методы и способы контроля качества при их испытаниях // Земледелие. – № 5. – 2020. – С.23-27.
9. ГОСТ 8.531-2002 Государственная система обеспечения единства измерений. Стандартные образцы состава монолитных и дисперсных материалов. Способы оценивания однородности. Издание официальное. М.: ИПК Изд-во стандартов, 2008. – 11 с.
10. ГОСТ 8.532-2002 Государственная система обеспечения единства измерений. Стандартные образцы состава веществ и материалов. Межлабораторная метрологическая аттестация. Содержание и порядок проведения работ. Издание официальное. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2003. – 12 с.
11. Р 50.2.031-2003 ГСИ. Стандартные образцы состава и свойств веществ и материалов. Методика оценивания характеристики стабильности. Издание официальное. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2004. – 10 с.
12. ГОСТ ISO/IEC 17025-2019 Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий. – М.: ИПК Стандартинформ, 2020. – 25 с.
13. РМГ 103-2010 ГСИ. Проверка квалификации испытательных (измерительных) лабораторий, осуществляющих испытания веществ, материалов и объектов окружающей среды (по составу и физико-химическим свойствам) посредством межлабораторных сравнительных испытаний. Издание официальное. – М.: ИПК Стандартинформ, 2011. – 22 с.

## DEVELOPMENT OF A METHODOLOGY FOR ASSESSING THE COMPOSITION OF COMPLEX MINERAL FERTILIZERS FOR ARSENIC CONTENT

Stupakova G.A., Akanova N.I., Ignatyeva E.E., Shchipitsova T.I., Mitrofanov D.K.

A brief overview of the arsenic content in soils and mineral fertilizers is given. When determining the metrological characteristics of samples of mineral fertilizers from different manufacturers, the characteristics of heterogeneity and stability of samples were evaluated. Certification of 4 samples of mineral fertilizers for arsenic content was carried out in 20 accredited laboratories. The quantitative values of the arsenic content in the reference samples of complex mineral fertilizers are set in the range from 1.36 to 30.3 mg/kg. On the basis of the developed samples, interlaboratory comparisons were carried out in 25 testing laboratories of the agro-industrial complex for the arsenic content in reference samples of the composition of mineral fertilizers. The results of interlaboratory comparisons are presented, tests are analyzed.

Keywords: arsenic, mineral fertilizers, interlaboratory comparisons

УДК: 632.954:632.95.024.4: 631.811.98

DOI: 10.25680/S19948603.2021.123.22

## ФИТОТОКСИЧЕСКОЕ ПОСЛЕДЕЙСТВИЕ ИМИДАЗОЛИНОВ НА СИДЕРАЛЬНУЮ КУЛЬТУРУ И СПОСОБЫ ЕГО УМЕНЬШЕНИЯ

С.С. Ладан, к.б.н.,

ФГНБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии  
имени Д.Н. Прянишникова»

127434, Россия, Москва, ул. Прянишникова, 31а, e-mail: lab.ecotox@vniia-pr.ru

В целях снижения токсической нагрузки и ускорения деградации гербицидов рассмотрен прием сидерации озимой тритикале, как культуры, устойчивой к последствию. Проведен сравнительный анализ применения регуляторов (агрохимикатов и пестицидов) в посеве сидерата в целях снятия фитотоксического стресса, вызванного применением имидазолинов в технологии выращивания предшественника. Установлено, что урожай зеленой массы на фоне примененных гербицидов достоверно снижался от 5 до 32% в зависимости от почвенно-климатических условий и дозы гербицида. Применение регуляторов роста повышало урожайность в среднем от 7 до 11% в зависимости от почвенно-климатических условий. Наиболее эффективно токсический стресс подавлял-

ся на каштановых почвах, однако максимальные прибавки получены на черноземах. В тестах на фитотоксичность почвы с высокочувствительными растениями горчицы белой показано, что прием сидерации с использованием регуляторов роста в 5-10 раз может снизить последствие гербицидов в зависимости от почвенно-климатических условий.

**Ключевые слова:** фитотоксическое последствие, сидераты, имазамокс, имазетапир, рострегулирующие препараты, озимая пшеница, горчица белая.

Для цитирования: Ладан С.С. Фитотоксическое последствие имидазолинонов на сидеральную культуру и способы его уменьшения// Плодородие. – 2021. – №6. – С. 78-83. DOI: 10.25680/S19948603.2021.123.22.

Контроль численности сорных растений в интенсивном растениеводстве невозможен без применения химических средств, которые по своей природе являются ксенобиотиками. Контроль деградации гербицидов в окружающей среде – насущная экотоксикологическая задача, особенно в связи с увеличением как объемов применения, так и всевозможных комбинаций препаратов. Взамен устаревших препаратов с гектарными нормами 5-10 кг пришли новые препараты, рекомендованные нормы которых исчисляются граммами. Намечившаяся тенденция к снижению гектарных норм используемых препаратов, казалось бы должна положительно сказываться на экологии агроландшафтов, однако перед агрономами встала задача учета последствия препаратов в связи с ограничениями в севооборотах. Новые группы гербицидов оказались несколько более устойчивыми к деградации в окружающей среде, но даже сотых долей гектарной нормы оказалось достаточно для полного уничтожения последующих чувствительных культур в севообороте.

Использование имидазолиновых гербицидов – адекватный и экономически выгодный способ управления сеgetальным компонентом фитоценоза в системе технологических приемов интенсивного растениеводства. В ассортименте средств контроля за сорными растениями из имидазолинонов наиболее представлен имазамокс – 20 однокомпонентных препаратов, 7 препаратов с его участием в смеси с гербицидами из других групп и 13 препаратов в комбинации с имазепиром, итого 40 препаратов. Кроме того, имазепир еще в 4 препаратах выступает монокомпонентом и в 1 двухкомпонентном, всего дополнительно 5 единиц. Имазетапир представлен 16-ю препаратами, из которых 4 двухкомпонентны, включая один в смеси с упомянутым имазепиром. Таким образом всего 65 препаратов.

Регламенты применения препаратов этой группы гербицидов четко обозначены и предполагают соблюдение мер, исключающих гербицидные токсикозы и фитотоксическое последствие. Регламентация применения препаратов этой группы достаточно долго уточнялась и дополнялась во всех странах в связи с непредвиденными проявлениями токсичности. Нормативно установлены достаточные сроки для исключения токсических эффектов. Однако вследствие широкой поливариантности почвенно-климатических условий даже при соблюдении агротехнических и регламентирующих требований установлены случаи угнетения посевов.

Пристальный исследовательский интерес к проблеме фитотоксичности последствия имидазолинонов и их герботоксического действия на ценоз эдификатора не ослабевает уже второе десятилетие. Пионерами, выполнившими лучшие работы в этой области, стал коллектив отдела гербологии под руководством академика Ю.Я.Спиридонова, где обстоятельные научные изыска-

ния выполнены С.А.Захаровым и Г.Е.Лариной [6, 7, 12, 13]. В частности были установлены новые значимые научные факты, статистически достоверные закономерности и сделан полезный вклад в совершенствование химического метода защиты агроценозов от сеgetального компонента. Данные, полученные при широкомасштабных экспериментах в различных почвенно-климатических зонах страны продолжают быть актуальными и, к сожалению, не всегда учитываются на производстве. В частности, при изучении (д.в. препаратов имазамокс пульсар) и имазетапир (д.в. пивот) была описана и установлена сорто- и фазо-специфичность реакций группы зернобобовых культур: высокою чувствительность продемонстрировала вика яровая, среднюю – клевер ползучий, козлятник восточный, люцерна рогатый, люцерна посевная. Низко-чувствительным в опытах был люпин узколистный. А относительную устойчивость продемонстрировали горох, соя и бобы кормовые [7, 11, 14]. Сортоспецифичность гербицидоустойчивости актуальна и сегодня в связи с постоянным расширением списка районированных сортов и гибридов. Периоды фазовой чувствительности для культурных видов более стабильны. Повышенная чувствительность сои после фазы трех листьев, а у гороха – пяти, продемонстрированная в вегетационных опытах, подтвердила рекомендации производителя гербицидов, но вопросы адекватного выхода из возможного стресса и динамики продукционного процесса остались открытыми и сегодня.

Установленные факты сортозависимых колебаний описывают чувствительность некоторых сортов общепринятым коэффициентом, отражающим минимальную эффективную дозу, при которой происходит гибель или сильное угнетение 10% растений в выборке. Исследователи установили угнетение роста на 10% в 32-дневном вегетационном опыте:  $ED_{10}$  имазамокса 34-36 г/га и имазетапира 61-82 г/га [7, 13]. Это доказало возможность повышенной уязвимости при применении имазамокса в норме 40 г/га и имазетапира в норме 100 г/га в случае максимально рекомендованных доз и в сегодняшнем регламенте. Содержание 2% от исходной дозы имазамокса угнетало тест-культуру на 25% в среднем, а 6% имазетапира – почти на 80%. Посевы чувствительной культуры – тестом служила горчица белая – показали, что через 350 суток после внесения имазамокса не оказывал никакого влияния. А имазетапир привел к более чем 60%-ному снижению урожая. Установлены различия в сохранении эффективности гербицидов – имазепир обладает большим периодом защитного действия, особенно при дождевой обработке. Однако, имазепир по сравнению с имазамоксом уже при норме 30 г/га приводит к явному угнетению гороха, некоторое угнетение посевов в засушливые годы наблюдается даже при соблюдении норм и сроков выполнения защитных мероприятий [1, 4].

Результаты применения имидазолиновых препаратов привели к тому, что компания БАСФ впоследствии развернула широкие исследования в Краснодарском крае, в результате которых регламенты дополнились новыми требованиями и ограничениями. Последствие применения гербицида евро-лайтинга (имазапир + имамакс), особенно в системах минимизированных обработок, приводило к необходимости проведения научных экспериментов на полях озимых и яровых колосовых, ярового рапса, подсолнечника и сахарной свёклы, размещенных после подсолнечника. В опытах изучали эффекты последствия при рекомендованных и завышенных вдвое нормах. Исследования не выявили токсичность для последующих колосовых культур, однако при сочетании позднего посева и неблагоприятных погодных факторов угнетение все же отмечалось.

Исследования ВНИИ сахарной свеклы имени А.Л. Мазлумова продемонстрировали возможность токсических повреждений в виде морфологических нарушений даже при 4-6% нормы расхода токсичных для свеклы имидазолинов. [1, 3] Негативное действие на защищаемую от сорных растений культуру в условиях внешних неблагоприятных факторов отмечается на горохе и кормовых бобах при использовании имаза-тепира и имамакса.

Именно техническая чувствительность современных химико-аналитических приборов не позволяет обнаружить и определить границы безопасных (приемлемых) для различных видов культур концентраций гербицидов. Экономическая эффективность токсикологического контроля фитотоксичности остатков гербицидов в почве основана на методиках биотестирования с помощью проростков тест-культур в связи с тем, что остаточные количества препаратов находятся за гранью чувствительности хроматографических методов. Гербицидные токсикозы, например, при возделывании картофеля, настолько сильно влияют на урожай, что картофелеводы считают единственно верным способом и страховкой – высев чечевицы как тестовой культуры.

Аналитические методы определения имидазолинов практически на порядок ниже чувствительности тест-растений при биоиндикации. Свекла, горчица, рапс реагируют на норму от 0,01 до 0,8 мкг/кг. Наравне с горчицей белой, гречиха и свекла являются высокочувствительными к имидазолинонам, ЭД50, например для свеклы составляет 0,1-0,2, гречихи 0,7-0,9 г д.в/га. Такая же ситуация, например, для пиклорама, предел его обнаружения в почве – 5-10 мкг/кг, опасность для чувствительных видов он представляет в концентрациях 0,25 мкг/кг и менее [5, 9, 11].

В этой связи большое значение приобретают биотесты всех видов. Разумеется, основным становится биотест с использованием чувствительных растений. Тесты с использованием иных организмов находятся в стадии разработок, в связи с их низкой востребованностью. Определение эффективных и летальных доз для широкого спектра культур во всех почвенно-климатических разностях представляет собой пока не до конца решенные методические и практические задачи [10]. Разложение имидазолинов в почве происходит за счет естественных процессов – гидролиза в кислых почвах и ферментативно – в нейтральных и щелочных. Таким образом повышенные риски полной деградации повышаются при низких температурах и засушливых условиях, особенно на кислых почвах. Активность микро-

биоты – ключевой фактор деструкции гербицидов, чем она выше, тем быстрее происходит разложение. При понижении кислотности почвы риск последствия увеличивается.

Действие всех пестицидов основано на таком воздействии на клеточные ферментные системы и системы организма в целом, что нормальные процессы жизнедеятельности становятся невозможными. Имидазолины, наряду с сульфонилмочевинами, являются ингибиторами ацетоллактатсинтетазы (ALS), в частности опосредованно нарушают синтез полинуклеотидов и аминокислот, что приводит к быстрой гибели растений за считанные часы. Существенный психологический момент при использовании этой группы препаратов: с учетом чрезвычайно низких гектарных норм применения – до 100 г препарата – трудно поддается рациональному представлению, что 1 г на 100 м<sup>2</sup> может уничтожить практически всю растительность на два года. Каково воздействие сублетальных доз и как его можно установить если возможности приборного обнаружения находятся за гранью чувствительности некоторых биологических систем – представить еще сложнее. Необходимость разработки программ экотоксикологического мониторинга и оценок опасности загрязнения почв и других элементов агроэкосистем новыми пестицидами с граммовыми нормами применения – научная и организационная задача, которая с каждым годом все актуальнее [5, 9, 15].

Имидазолины представляют собой широко используемую группу гербицидов, увеличившую свое присутствие на рынке пестицидов в связи с активной экспансией идеологии чистого поля – Клин Филд. Высокотоксичные химические соединения этого класса стали доступны для агропроизводства благодаря успехам генетиков, получивших устойчивые к ним сорта и гибриды подсолнечника и рапса. Периоды полуразложения зависят от условий основных путей деградации (фотолиз, гидролиз и ферментативное разложение) и для имазетапира может составить от 10 до 30 дней, для имамакса от 10 до 45 дней. К концу вегетации в почве при благоприятных условиях остается не более 2% внесенной дозы препарата, но показатель может приближаться и к 30% [8, 14]. К следующему полевому сезону их количество уже будет ниже уровня чувствительности хроматографического метода определения. Однако, минимальные количества имазапира могут сохраняться в почве до двух лет и проявляться в виде сильной фитотоксичности для чувствительных культур. Имамакс чрезвычайно токсичен для высших водных растений и водорослей. Имеются факты проявления фитотоксичности не только в последствии, не только на чувствительных культурах и не по причине нарушений технологий и регламентов [2, 8, 10, 15, 16].

Горох, соя и подсолнечник, традиционно считающиеся устойчивыми к имидазолинонам, обладают определенными фазовыми ограничениями. Кроме того, почвенно-климатические условия могут создавать дополнительные ограничения для физиологически безопасного проведения защитных мероприятий. Еще одним веским аргументом необходимости проведения тестирования почвы на установление фитотоксического последствия является эффект скрытых токсикозов у устойчивых культур, когда без видимых признаков угнетения фитоценоз снижает продуктивность на 15-20% [6, 9, 16]

**Цель исследования** – определить возможную продолжительность фитотоксичности и способы ее преодоления.

**Методика.** На основании информационно-аналитического обзора проблем фитотоксического последствия гербицидов имидазолиновой группы, было сформировано несколько предпосылок и гипотез исследования: 1. Деградация гербицида зависит от почвенных условий, особенно от активности микробиоты. Для ее активизации необходимо использовать сидерацию. 2. Сидераты так же могут подвергаться скрытому токсикозу, для его купирования необходимы инструменты регуляции стресса.

Ограничения имзамокса по севообороту: на следующий год можно высевать все культуры, кроме овощных крестоцветных, картофеля и свеклы сахарной (безопасный интервал между применением гербицида и посевом овощных крестоцветных культур, свеклы и посадки картофеля – 16 мес). У имзаметапира при пересеве в год применения рекомендуется высевать озимую пшеницу, на следующий год – яровые и озимые зерновые, кукурузу; через 2 года – все культуры без ограничений. Изучалось влияние следующих рострегулирующих препаратов (относящихся к агрохимикатам и пестицидам):

Альбит, ТПС (6,2 + 29,8 + 91,1 + 91,2 + 181,5 г/кг) регистрация до 25.11.2025 (поли-бета-гидроксимасляная кислота + магний серноокислый + калий фосфорнокислый + калий азотнокислый + карбамид) с опрыскиванием нормой применения 40 мл/га в начальные периоды развития культур в целях активизации ростовых и формообразовательных процессов, повышения устойчивости к неблагоприятным факторам среды;

Атоник Плюс, ВР (9+6+3 г/л) регистрация до 04.02.2024 (пара-нитрофенолят натрия + орто-нитрофенолят натрия + 5-нитрогваяколят натрия) применяется для усиления ростовых и формообразовательных процессов, снижения токсичного действия гербицидов путем опрыскивания в норме 0,2 л/га;

Мелафен, ВР (10-4 г/л) регистрация до 15.09.2031 [Меламиновая соль бис(оксиметил) фосфиновой кислоты], вызывает усиление ростовых процессов, устойчивости растений к неблагоприятным факторам внешней среды при опрыскивании в норме 5 мл/га;

Текнокель Амино Микс 30.05.2028 (свободные аминокислоты – 6%, N – 2%, B – 0,1, Cu-0,3, Fe-3, Mn – 0,7, Mo – 0,1, Zn – 0,7%) в виде некорневой подкормки растений в начальный период развития в дозировке 2 л/га.

В опытах использовали следующие препараты, содержащие имидазолиноны:

Пульсар, ВР (40 г/л имзамокса), срок регистрации до 04.04.2029; норма применения 0,8-1,25 л/га на посевах подсолнечника (гибриды, устойчивые к имидазолинонам), посевах гороха и сои с нормой 0,75-1 л/га.

Тапир, ВК (100 г/л имзаметапира), срок регистрации 06.05.2029; норма применения 0,5-0,8 л/га на посевах сои и 0,5-0,7 л/га в посевах гороха на зерно.

Опыты проводились в Краснодарском крае, Ростовской, Волгоградской, Белгородской, Рязанской, Курской и Липецкой областях. В данной статье отражены закономерности и результаты по Рязанской, Волгоградской и Белгородской областям.

На посевах подсолнечника, сои и гороха в качестве средств контроля сорной растительности использовали гербициды в трех дозировках: минимально и максимально рекомендованной, а также удвоенной средней (в

качестве имитации случаев перекрытия следов опрыскивателей). После уборки культур высевали тритикале озимую сорта Торнадо кормового направления использования в качестве сидеральной культуры с обработкой семян и посева ростстимулирующими средствами. В качестве второго контроля использовали весеннее внесение минерального удобрения при посеве. В зависимости от полевых условий и характеристик средств механизации площадь производственных делянок варьировала от 500 м<sup>2</sup> до 10 га, площадь учетной делянки – не менее 250 м<sup>2</sup> («Методические указания по регистрационным испытаниям гербицидов в сельском хозяйстве», СПб, 2013; «Методические указания по регистрационным испытаниям пестицидов в части биологической эффективности. Общая часть», М., 2018). После заделки сидерата не менее чем через 2 нед проводили агротехнические мероприятия для последующей культуры севооборота.

**Результаты и их обсуждение.** Сравнение прибавок урожайности зеленой массы тритикале осенью показало ее увеличение на 14% на фоне с удобрениями и на 23% на фоне удобрений и регуляторов роста. Особенно высокая прибавка в вариантах с инокуляцией семян регуляторами роста была на фоне удвоенных норм гербицидов, где она от внесения удобрений равна 3-6%, что было чуть выше ошибки опыта. Весной перед заделкой зеленой массы наблюдались следующие тенденции: различия между контролем и вариантом с применением удобрений уменьшились до 9%, а лучшие варианты с регуляторами роста показали максимальную прибавку до 32%. Однако сравнение урожая вариантов с различными нормами гербицида выявило, что на фоне удвоенных норм общее снижение на контроле составило от 8 до 36% в сравнении с минимальной нормой. Регуляторы роста по-разному вели себя в посевах в зависимости от предшественника, позволявшего накопить больше влаги, и типа почв. Математическая обработка позволила оценить и сравнить силу влияния фактора ростстимуляции для каждой из зон. Агрохимикат текнокель и пестицид-регулятор роста атоник плюс оказывали влияние на прибавку урожая до 74%, причем это было больше выражено на горохе и подсолнечнике в условиях каштановых почв при рекомендованных нормах. В случаях удвоения максимальных норм регуляторы работали слабее, но их влияние было достоверным и колебалось в пределах 18%.

Через 3 нед после заделки зеленой массы тритикале озимой для установления влияния сидерации на токсичность были отобраны и образцы почвы проведено тестирование путем проращивания в чашках Петри по 25 семян горчицы белой в 5-кратной повторности. Показатели снижения всхожести определяли по ГОСТ 32627-2014 «Методы испытаний химической продукции, представляющей опасность для окружающей среды. Наземные растения. Испытание на фитотоксичность». Тест на выживаемость показал, что применение минеральных удобрений в качестве альтернативы сидератам дает минимальный положительный эффект, сравнимый с ошибкой опыта. Наибольшую вариабельность растения продемонстрировали при максимально-рекомендованных нормах. При удвоенной максимальной норме в условиях каштановых и подзолистых почв выживало менее 8% растений, причем их физиологическое состояние было угнетенным. При использовании

гербицидов в минимально рекомендованной норме отмечена выживаемость от 25-30 до 45-50%, т.е. применение испытанных рострегуляторов способствовало повышению примерно в 6 раз выживаемости высоко-

чувствительной культуры. Однако продолжительность фитотеста не дает возможность оценить насколько компенсировались процессы развития и формообразования.

### 1. Прибавка урожайности зеленой массы озимой тритикале на фоне токсического последствие имазамокса/имазетапира, % к контролю

Вариант опыта	Предшественник								
	Подсолнечник			Соя			Горох		
	МН	МК	МУ	МН	МК	МУ	МН	МК	МУ
<i>Рязанская область – дерново-подзолистые почвы (C<sub>орг</sub> 2,7; pH<sub>сол</sub> 4, 5)</i>									
N <sub>15</sub> P <sub>15</sub> K <sub>10</sub>	12/16	7/9	3/2	11/15	7/5	5/5	15/15	8/7	2/2
Альбит, ТПС	14/11	7/11	9/5	17/12	6/11	7/8	24/19	11/12	5/8
Мелафен, ВР	13/16	8/11	5/5	19/15	8/7	4/4	22/24	12/11	4/3
Атоник Плюс, ВР	16/21	17/21	7/11	19/24	11/11	10/6	23/25	14/12	8/7
Текнокель Амино Микс	21/12	16/17	9/11	19/19	17/15	11/9	24/23	17/13	8/8
<i>Белгородская область – черноземы лесостепные (C<sub>орг</sub> 5,0; pH<sub>сол</sub> 6, 7)</i>									
N <sub>15</sub> P <sub>15</sub> K <sub>10</sub>	17/15	16/17	9/8	17/15	14/15	8/12	10/8	11/10	6/7
Альбит, ТПС	15/15	17/19	11/7	14/16	13/14	11/13	17/16	16/13	8/8
Мелафен, ВР	16/17	16/17	8/8	17/17	12/15	15/12	17/16	13/11	7/9
Атоник Плюс, ВР	19/18	18/15	12/14	19/18	17/13	17/15	22/23	22/15	11/12
Текнокель Амино Микс	18/20	19/17	11/15	20/20	18/15	19/21	21/18	17/16	11/13
<i>Волгоградская область – каштановые почвы (C<sub>орг</sub> – 3, 5; pH<sub>сол</sub> 6,5).</i>									
N <sub>15</sub> P <sub>15</sub> K <sub>10</sub>	11/12	7/5	2/2	10/15	6/7	3/5	10/8	8/9	5/3
Альбит, ТПС	12/11	8/10	7/5	14/11	5/5	7/8	17/16	11/14	5/4
Мелафен, ВР	12/14	8/7	4/3	14/16	7/6	2/2	17/16	13/10	5/3
Атоник Плюс, ВР	17/17	17/16	7/3	13/17	10/8	7/5	22/23	11/14	5/3
Текнокель Амино Микс	19/17	16/15	7/8	19/17	11/12	11/9	21/25	13/15	7/9

Примечание. МН – минимальная рекомендованная норма, МК – максимальная рекомендованная норма, МУ – удвоенная максимальная норма гербицида в посеве предшественника тритикале озимой (здесь и в табл. 2).

### 2. Выживаемость тест-растений горчицы белой под влиянием сидерации, %

Вариант опыта	Предшественник								
	Подсолнечник			Соя			Горох		
	МН	МК	МУ	МН	МК	МУ	МН	МК	МУ
<i>Рязанская область – дерново-подзолистые почвы (C<sub>орг</sub> 2,7; pH<sub>сол</sub> 4,5)</i>									
Контроль, без сидерации	7	2	0	5	3	0	4	5	0
N <sub>15</sub> P <sub>15</sub> K <sub>10</sub>	11	5	2	14	17	3	15	11	3
Альбит, ТПС	26	14	10	44	23	9	35	17	8
Мелафен, ВР	24	14	9	44	25	4	39	24	8
Атоник Плюс, ВР	38	15	23	47	32	19	57	55	18
Текнокель Амино Микс	47	28	19	54	33	23	60	54	18
<i>Белгородская область – черноземы лесостепные (C<sub>орг</sub> 5,0; pH<sub>сол</sub> 6,7)</i>									
Контроль, без сидерации	14	10	5	17	7	3	16	14	3
N <sub>15</sub> P <sub>15</sub> K <sub>10</sub>	10	9	4	9	9	3	9	11	4
Альбит, ТПС	27	20	12	26	22	7	27	17	7
Мелафен, ВР	30	28	12	25	20	5	22	16	5
Атоник Плюс, ВР	31	22	13	33	25	5	29	17	10
Текнокель Амино Микс	33	30	14	32	30	7	44	31	12
<i>Волгоградская область – каштановые почвы (C<sub>орг</sub> – 3, 5; pH<sub>сол</sub> 6,5)</i>									
Контроль, без сидерации	5	2	0	5	2	0	4	4	0
N <sub>15</sub> P <sub>15</sub> K <sub>10</sub>	7	11	0	8	7	1	8	5	1
Альбит, ТПС	35	13	2	40	24	2	42	35	2
Мелафен, ВР	33	22	3	39	26	4	41	37	4
Атоник Плюс, ВР	45	23	4	46	34	4	47	38	7
Текнокель Амино Микс	54	34	4	50	37	7	55	48	5

**Заключение.** Проведенные в полевых условиях испытания сидерации с использованием ростстимулирующих агрохимикатов и пестицидов-регуляторов роста доказали эффективность этого приема и его перспективность. Кроме того, в условиях засухливости снижалась эффективность изучаемых в опыте приемов, а с увеличением влагообеспеченности и содержания органического вещества почвы – увеличивалась. В процессе наблюдения за растениями возник вопрос о перспективности комплексного изучения всех средств поддержания эффективной работы микробиоты и физиологических процессов в растении. Перспективным, на наш взгляд, будет использование бактерий деструкторов и иннокулянтов совместно с ростстимуляторами.

#### Литература

- Березко, М. Н. Последствие сульфонилмочевинных гербицидов на чувствительные культуры севооборота / М. Н. Березко // Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК : Материалы XII международной научной конференции, Брянск, 17 марта 2015 года. – Брянск: Брянский ГАУ, 2015. – С. 156-158.
- Ваккерова-Коузова, Н. Д. Влияние ксенобиотиков на микробиологические и агрохимические показатели дерново-подзолистой почвы / Н. Д. Ваккерова-Коузова // Почвоведение. – 2010. – № 8. – С. 979-983.
- Дворянкин, Е. А. Антидепрессанты на сахарной свекле, поврежденной гербицидами / Е. А. Дворянкин // Сахарная свекла. – 2019. – № 4. – С. 27-30. – DOI 10.25802/SB.2019.19.21.006.
- Изучение чувствительности сельскохозяйственных культур к почвенным остаткам гербицидов Пивот, Фабиан, Лазурит и Пропонит / В. Н. Мороховец, З. В. Басай, Т. В. Мороховец, Т. В. Штерболова // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. – 2019. – № 3(205). – С. 73-78. – DOI 10.25808/08697698.2019.205.3.013.

5. К вопросу о хроматографических методах определения остаточных количеств пестицидов / А. М. Макеев, Г. Е. Ларина, Т. Н. Талалакина [и др.] // Биотика. – 2017. – № 6(19). – С. 25-29.
6. Как ослабить остаточное действие сульфонилмочевинных гербицидов / Ю. Я. Спиридонов, В. Г. Шестаков, Г. Е. Ларина, Г. С. Спиридонова // Защита и карантин растений. – 2006. – № 2. – С. 59-61.
7. Ларина, Г. Е. Структурирование и анализ информации экотоксикологического мониторинга гербицидов / Г. Е. Ларина // Фундаментальные исследования. – 2007. – № 12-1. – С. 156-157.
8. Лукьянюк, Н. А. Регулирование последствий гербицидов агротехническими приемами в звене свекловичного севооборота / Н. А. Лукьянюк // Земледелие и селекция в Беларуси. – 2020. – № 56. – С. 28-39.
9. Методическое руководство по изучению гербицидов, применяемых в растениеводстве. Спиридонов Ю.Я., Ларина Г.Е., Шестаков В.Г. Москва. 2009. С. 244.
10. Николаева, О. В. Совершенствование лабораторного фитотестирования для экотоксикологической оценки почв / О. В. Николаева, В. А. Терехова // Почвоведение. – 2017. – № 9. – С. 1141-1152. – DOI 10.7868/S0032180X17090052.
11. Оценка и прогноз фитотоксичности сульфонилмочевинных и имидазолиновых гербицидов / Г. Е. Ларина, Ю. Я. Спиридонов, С. А. Захаров, Т. В. Захарова // Агрохимия. – 2004. – № 4. – С. 22-32.
12. Последствие гербицидов и динамика их разложения в различных агроландшафтах / Ю. Я. Спиридонов, Н. И. Будынков, Н. И. Стрижков [и др.] // Аграрный научный журнал. – 2019. – № 4. – С. 27-31. – DOI 10.28983/asj.y2019i4pp27-31.
13. Спиридонов, Ю. Я. К вопросу о последствии сульфонилмочевинных гербицидов в почвах РФ и пути снижения их отрицательного действия на культурные растения / Ю. Я. Спиридонов // Вестник защиты растений. – 2009. – № 3. – С. 10-19.
14. Стецов, Г. Я. Последствие гербицидов в Западной Сибири / Г. Я. Стецов // Защита и карантин растений. – 2015. – № 3. – С. 17-19.
15. Чернуха, В.Г. Действие гербицидов на основе сульфонилмочевин на сорные и нецелевые растения / В.Г. Чернуха, В.И. Долженко // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2009. – № 14. – С. 10-15.
16. Яблонская, Е.К. Антидотная активность композиции препаратов фуранов и метионин к гербициду 2,4-д / Е. К. Яблонская, В. В. Котляров, Ю.П. Федулов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2014. – № 96. – С. 823-835.

#### PHYTOTOXIC FOLLOW-UP IMIDAZOLINONE ON GREEN MANURE AND WAYS TO REDUCE IT

S.S. Ladan, [lab.ecotox@vniia-pr.ru](mailto:lab.ecotox@vniia-pr.ru).

*In order to reduce the toxic load and accelerating the degradation of herbicides, the reception of the seeding of winter triticale, as a culture resistant to the aftereffect. A comparative analysis of the use of growth regulators (agrochemicals and pesticides) in the sowing of the green manure for the removal of phytotoxic stress caused by the use of imidazolinones in the technology of growing predecessor is carried out. It has been established that the crop of green mass against the background of the herbicides applied reliably decreased from 5 to 32%, depending on the soil and climatic conditions and the dose of herbicide. The use of growth regulators has increased yields on average from 7 to 11%, depending on soil-climatic conditions. The most efficient toxic stress was suppressed by chestnut soils, but maximum gains were obtained on chernozem. In the tests on the phytotoxicity of the soil with highly sensitive plants, White mustard are shown that the reception of the system with the use of growth regulators 5-10 times can reduce the sequence of herbicides, depending on soil-climatic conditions.*

**Keywords:** phytotoxic sequence (aftereffect), imazamox, imazetapir, growth regulator, winter triticale, white mustard.