

УДК 631.811.98:633.511:635.646

ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОМПОЗИЦИИ НА ОСНОВЕ РЕГУЛЯТОРА РОСТА ФЛОРОКСАН С ГЛИЦИРРИЗИНОВОЙ КИСЛОТОЙ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ХЛОПЧАТНИКА И БАКЛАЖАНА¹

© 2023 г. Р. П. Закирова^{2,**}, С. С. Халиков^{1,*}, С. М. Тураева²,
Э. Р. Курбанова², Н. Д. Чкаников¹

¹Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова РАН
119991 Москва, ул. Вавилова, 28, Россия

²Институт химии растительных веществ АН Республики Узбекистан
100170 Ташкент, ул. М. Улугбека, 77, Республика Узбекистан

*E-mail: salavathalikov@mail.ru

**E-mail: ranozakirova@mail.ru

Поступила в редакцию 12.12.2022 г.

После доработки 10.01.2023 г.

Принята к публикации 16.02.2023 г.

Механохимическая модификация субстанции флороксана с помощью глицирризиновой кислоты позволила увеличить растворимость препарата и расширить спектр и эффективность его действия.

Ключевые слова: флороксан, регулятор роста растений, хлопчатник, баклажаны, биологическая эффективность.

DOI: 10.31857/S0002188123050125, **EDN:** USROJJ

ВВЕДЕНИЕ

Современные технологии позволяют контролировать развитие растений при использовании стимуляторов роста растений (СРР), которые могут повышать их иммунитет и устойчивость к плесени, грибкам и прочим паразитам, нивелировать негативное влияние пестицидов, способствовать правильному формированию структуры побегов, ускорять рост растений, приближать процессы цветения и созревания, улучшать качество плодов и увеличивать их количество. Перспективным стимулятором роста растений с медиаторным ответом на стрессовые воздействия является флороксан – гидрохлоридэтилового эфира 2-гидрокси-2-(4-метиламинофенил)-3,3,3-трифторпропионовой кислоты, который положительно зарекомендовал себя при предпосевной обработке семян рапса, кукурузы и подсолнечника [1], пшеницы [2] и хлопчатника [3]. При этом флороксан позволил улучшить морфометрические параметры проростков яровой пшеницы (длины coleoptilia, семядольного листа, корней и их количества), энергию прорастания и всхожесть ее

семян, а также степень подавления семенной инфекции [4–6]. В последние годы флороксан успешно применяли и в комплексных протравителях с антидотным действием для защиты культурных растений от остатков гербицидов в почвах. При этом полученные препараты способствовали значительному повышению энергии прорастания и увеличению биомассы растений в почвах, зараженных препаратом Зингер [7, 8].

Недостатком флороксана является его плохая растворимость в воде и нестабильность при хранении. Для устранения этих факторов был предложен механохимический способ обработки флороксана с полимерами и получением препарата, устойчивого при хранении. Препарат, образуя стабильные и удобные для обработки семян и растений рабочие растворы, способствует лучшему прилипанию к семенам и листьям, а также проникновению препарата через растительные мембраны [2–4]. Эти исследования по разработке форм применения препаратов для защиты растений являются актуальными и востребованными. Цель работы – создание стабильной водорастворимой препаративной формы на основе флороксана для стимуляции роста сельскохозяйственных культур.

¹ Научно-практическая работа по подготовке препаратов на основе флороксана выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Препарат Флороксан (ФЛ) – гидрохлорид N-метил-4-(1-гидрокси-1-карбометокси-три-фторэтил)-анилина [1] представляет собой белые кристаллы, $T_{пл} = 188–190^{\circ}\text{C}$, брутто формула – $\text{C}_{11}\text{H}_{12}\text{NF}_3\text{O}_3$. Произведен препарат в ИНЭОС РАН, Москва.

Глицирризиновая кислота (ГК) – тритерпеновый гликозид из экстракта корня солодки. Его химическое название – 20 β -карбокситри-О-30-норолеан-12-ен-3 β -ил-2-О- β -D-глюкопиранозил-альфа-D-глюкопиранозидуроновая кислота. Произведен препарат в компании ООО “Вистерра”, Алтайский край, с. Алтайское.

Получение твердой дисперсии флороксана с глицирризиновой кислотой. В фарфоровый барабан (объем 1.0 л) шаровой мельницы МФВ-4 (ООО “Техно-Центр”, г. Рыбинск, РФ) последовательно загружали 9.0 г глицирризиновой кислоты, 1.0 г флороксана и 40 металлических шаров диаметром 25 мм массой 2200 г (модуль процесса 1 : 22). После предварительного перемешивания компонентов в течение 10 мин при частоте вращения барабана 20–25 об./мин продолжают механообработку при частоте вращения барабана 70–80 об./мин в течение 3 ч. Получали легкосыпучий бежевый порошок, представляющий собой твердую дисперсию (ТД) состава ФЛ : ГК = 1 : 9.

Растворимость ТД на основе ФЛ определяли методом ВЭЖХ при следующих условиях: хроматограф жидкостной “Agilent 1100” с аналитической колонкой “Hypersil HYPURITY Elite C18” (150 × 4.6 мм, 5 мкм), температура колонки 30°C, детектор диодно-матричный, элюент – ацетонитрил-ацетатный буфер pH = 3.4 (1 : 1), скорость потока – 1 мл/мин, детектирование при длине волны 260 нм.

Определение ростстимулирующей активности ТД состава ФЛ : ГК = 1 : 9 на хлопчатнике. Вегетационные мелкоделяночные опыты проводили на территории Института химии растительных веществ (г. Ташкент, Республика Узбекистан) на средневолокнистом хлопчатнике *G. hirsutum* сорта Султон в 2019 г. Семена хлопчатника были предоставлены научно-исследовательским институтом селекции, семеноводства и агротехнологии выращивания хлопчатника.

Семена хлопчатника замачивали в исследованных растворах таким образом, чтобы уровень жидкости над семенами не превышал 1 см. В качестве исследованных растворов использовали водопроводную воду (контрольный вариант), водный раствор флороксана в массовой концен-

трации 0.00001% и водный раствор заявляемой композиции в массовой концентрации 0.0001%.

Посев проводили утром на следующий день, после 18-часового замачивания. Площадь опытной делянки составляла 3 м². Опыт закладывали в четырехкратной повторности. Посев делали вручную по 3 семени на глубину 3 см через каждые 10 см.

Фенологические наблюдения за ростом и развитием хлопчатника проводили весь вегетационный период. Они включали в себя определение энергии прорастания и всхожести семян, учет высоты главного стебля, количества симподиальных ветвей, бутонов, цветков и зеленых коробочек.

Определение влияния ТД состава ФЛ : ГК = 1 : 9 на растения баклажана. Полевые мелкоделяночные опыты проводили в Кибрайском р-не Ташкентской обл. на баклажанах сорта Шарапова F1. Подготовку почвы и уход за посевами осуществляли в соответствии с рекомендациями по возделыванию культуры баклажана [9]. Почва – типичный серозем с неглубоким залеганием грунтовых вод, по гранулометрическому составу – среднепылеватый суглинок. Предшественник – перец.

Посев рассады из необработанных семян баклажана осуществили 10 апреля 2020 г. на площади 100 м² на делянках при их рандомизированном расположении. Во время вегетации проводили ручное рыхление почвы после полива и прополки сорняков. За вегетационный период на опытном участке было сделано 4 полива.

Действие флороксана и заявляемой композиции изучали путем двухкратного опрыскивания посевов баклажана водными растворами стимуляторов роста с интервалом 7 сут в фазе бутонизации, когда температура воздуха достигла 25–27°C в вечернее время. Рабочие растворы готовили из расчета 30 мг/га в случае флороксана и 300 мг/га – композиции, их расход составлял 10 л/100 м². Опрыскивание проводили с помощью ранцевого ручного опрыскивателя. В качестве контрольных вариантов использовали делянки с необработанными посевами.

Повторность опытов четырехкратная. Математическую обработку полученных данных и расчет статистических параметров проводили с использованием пакета компьютерных программ Microsoft Excel 2016.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Ранее, помимо водного раствора флороксана, были описаны его препаративные формы в виде суспензионных концентратов в водных раство-

Таблица 1. Растворимость в воде образцов композиции флороксана с ГК

Образец ТД на основе ФЛ и ГК при различных условиях механообработки (м/о)	Растворимость, мг/л	
	абсолютная	увеличение
Флороксан	9.3	–
Физическая смесь ФЛ : ГК = 1 : 9	10.2	1.1
Твердая дисперсия ФЛ : ГК = 1 : 9 после 1 ч м/о	29.5	3.2
Твердая дисперсия ФЛ : ГК = 1 : 9 после 2 ч м/о	41.8	4.5
Твердая дисперсия ФЛ : ГК = 1 : 9 после 3 ч м/о	50.1	5.4
Твердая дисперсия ФЛ : ГК = 1 : 9 после 4 ч м/о	51.0	5.5

рах натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы (NaКМЦ) и других производных целлюлозы [1, 3]. Применение всех этих препаративных форм за счет повышения водорастворимости флороксана способствовало увеличению его ростстимулирующей активности. Недостатками этих форм были: гидролиз и окисление субстанции флороксана в водной среде при длительном хранении его водной и суспензионных форм; неэффективность использования рабочих растворов для опрыскивания вегетирующих растений (кратковременный контакт в отличие от замачивания семян), т.к. ни одна из описанных форм не обладала способностью прилипать к поверхности растений.

Нами предложен принципиально новый подход к совершенствованию свойств флороксана путем его механохимической модификации с глицирризиновой кислотой, которая обладает комплексом полезных свойств: ГК характеризуется высокой солюбилизующей активностью. Ее молекула создает внутрисферное пространство, удобное для образования соединений включения (комплексов типа “гость–хозяин”) и мицеллярных систем, за счет которых в разы повышается растворимость биологически активных молекул (лекарственных и антигельминтных субстанций, фунгицидов и др.), которые плохо растворимы в воде, и их стабильность [10–13]; ГК обладает повышенной проницаемостью через растительные мембраны, что увеличивает эффективность действия биологически активных субстанций за счет улучшения их проникновения в целевой орган [14–17]. В заявляемом изобретении таким органом служат семена и листья растений; ГК является растительным метаболитом, поэтому экологически безопасна; ГК получают в промышленных масштабах из распространенного на территории РФ сырья – корней более 10 видов солодки [18].

При совместной механообработке ФЛ и ГК, взятых в весовом соотношении 1 : 9 образуется ТД состава ФЛ : ГК = 1 : 9 в виде сыпучего бежевого порошка, который в воде образует супрамолеку-

лярный комплекс с повышенной растворимостью (табл. 1) для стимуляции роста сельскохозяйственных культур.

Показано, что при приготовлении так называемой физической смеси флороксана с глицирризиновой кислотой растворимость флороксана в воде увеличивалась незначительно. Проведение механохимической обработки смеси флороксана с ГК приводило к заметному возрастанию растворимости флороксана, особенно существенному при увеличении времени обработки до 3-х ч. Дальнейшая механообработка не сопровождалась значительным увеличением растворимости, поэтому оптимальным временем механообработки было выбрано время 3 ч.

Определение ростстимулирующей активности ТД состава ФЛ : ГК = 1 : 9 на хлопчатнике. Исследование ростстимулирующей активности ТД-композиции флороксана и глицирризиновой кислоты проводили на хлопчатнике и баклажанах при использовании 0.0001%-ного водного рабочего раствора.

Фенологические наблюдения за ростом и развитием хлопчатника проводили весь вегетационный период. Результаты испытаний представлены на рис. 1 и 2.

В результате предпосевной обработки семян ТД состава ФЛ : ГК = 1 : 9 энергия прорастания оказалась больше контроля на 7.4, вхожесть – на 5.3%, при обработке флороксаном эти показатели были больше контроля соответственно на 3.2 и 2.9%.

Высота растений на 21-е сут в опытном варианте с применением ТД состава ФЛ : ГК = 1 : 9 составила 13.6 см и превысила контроль на 10.6%, в опыте с применением флороксана – 13.7 см и превысила контроль на 11.4%.

Показатель роста главного стебля (количество настоящих листьев и количество бутонов) определяли на 56-е сут. На период фенологических наблюдений осадков не наблюдалось, средняя

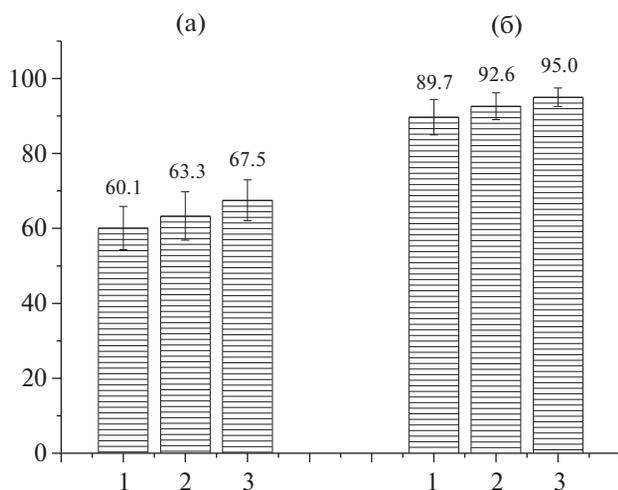


Рис. 1. Влияние предпосевного замачивания семян стимуляторами роста на основе флорексана на энергию прорастания и всхожесть хлопчатника: (а) – энергия прорастания, (б) – всхожесть; варианты: 1 – контроль без обработки, 2 – флорексан, 3 – ТД состава ФЛ : ГК = 1 : 9. То же на рис. 2–4.

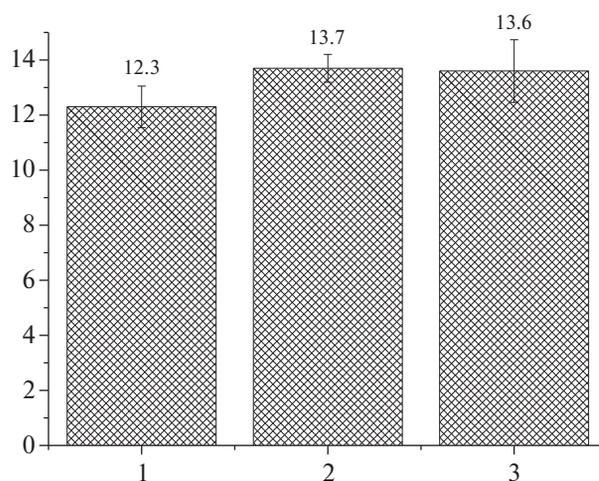


Рис. 2. Влияние предпосевного 18-часового замачивания семян стимуляторами роста на основе флорексана на рост хлопчатника.

дневная температура была на уровне статистической нормы – от 38 до 40°C. На 56-е сут длина главного стебля в варианте с применением ТД состава ФЛ : ГК = 1 : 9 была равна 42.0 см и превысила контроль на 32.1%, количество листьев (19.4 шт.) – на 42.6%, количество бутонов (5.2 шт.) – на 174%.

В варианте с применением флорексана показатели длины стебля (37.9 см), по количеству листьев (18.6 шт.) и количеству бутонов (4.1 шт.) были больше контроля соответственно на 19.1, 36.7 и 116%.

Данные табл. 2 показали, что высокие морфометрические показатели хлопчатника (высота растений, количество листьев, количество бутонов) были характерны для всех опытных вариантов, с достоверным преимуществом ТД состава ФЛ : ГК = 1 : 9.

Результаты дальнейших наблюдений за ростом и развитием растений хлопчатника представлены в табл. 3. Учеты, проведенные на 83-и сут после посева, показали, что по морфометрическим показателям (высота растений, количество симподиальных ветвей, междоузлий, бутонов, цветков, коробочек и плодоземелентов) высокая активность СРР со значительным преимуществом отмечена в опытном варианте с применением ТД состава ФЛ : ГК = 1 : 9 по количеству симподиальных ветвей – на 3 шт., по количеству междоузлий – на 3.4 шт., по количеству бутонов – на 3.1 шт., по количеству коробочек – на 4.4 шт. больше, чем в контрольном варианте. По общему количеству плодоземелентов хлопчатника этот вариант превышал контроль на 8.4 шт./растение и вариант применения флорексана – на 4.9 шт./растение.

Изучение влияния предпосевной обработки семян хлопчатника стандартной субстанцией флорексана на рост и развитие хлопчатника подтвердило ускорение динамики роста основного

Таблица 2. Влияние стимуляторов роста на основе флорексана на рост и развитие растений хлопчатника на 56-е сут после посева

Вариант	Массовая концентрация СРР в воде, %	Высота растений, см	Количество листьев, шт.	Количество бутонов, шт.
Контроль без обработки	0	31.8	13.6	1.9
ТД состава ФЛ : ГК = 1 : 9	0.0001	42.0	19.4	5.2
Флорексан	0.00001	37.9	18.6	4.1
HCP_{05}		1.8	1.3	0.8
S_x		0.6	0.4	0.3

Таблица 3. Влияние стимуляторов роста на основе флороксана на рост главного стебля, формирование куста и плодозаэлементов хлопчатника на 83-е сут после посева

Вариант	Массовая концентрация <i>СРР</i> в воде, %	Высота растений, см	Количество симподиальных ветвей, шт.	Количество междоузлий, шт.	Количество бутонов, шт.	Количество цветков, шт.	Количество коробочек, шт.	Количество плодозаэлементов, шт.
Контроль без обработки	0	62.3	6.6	6.9	5.1	0.89	2.4	8.4
ТД состава ФЛ : ГК (1 : 9)	0.0001	89.7	9.6	10.3	8.2	1.78	6.8	16.8
Флороксан	0.00001	88.6	8.4	8.9	7.2	1.85	4.2	13.3
<i>НСР</i> ₀₅								1.9
<i>S_x</i>								0.62

стебля, активизацию образования плодозаэлементов, повышение завязываемости коробочек [3], однако использование композиции флороксана с глицирризиновой кислотой показало более высокую эффективность действия *СРР* по показателям всхожести, роста и развития, а также по формированию плодозаэлементов хлопчатника.

Определение влияния ТД состава ФЛ : ГК = 1 : 9 на растения баклажана. Полученные результаты представлены на рис. 3 и 4 и в табл. 4. Площадь листовой поверхности и содержание пластидных пигментов определяли на 7-е сут после опрыскивания растений. Было показано, что опрыскивание ТД состава ФЛ : ГК = 1 : 9 достоверно оказывало бóльший эффект: при обработке растений

баклажана композицией флороксан–ГК площадь листовой поверхности превышала контрольный вариант на 101, при обработке флороксаном – на 93.3% (рис. 3).

Исследование влияния стимуляторов роста на основе флороксана на физиологические показатели баклажана показало, что наибольшее содержание пигментов в его листьях наблюдали после опрыскивания водным раствором, полученным из ТД состава ФЛ : ГК = 1 : 9 (рис. 4). При опрыскивании растений содержание хлорофилла *a* превышало контрольный вариант на 0.40 мг/л, хлорофилла *b* – на 0.17, суммы *a* и *b* – на 0.53 мг/л,

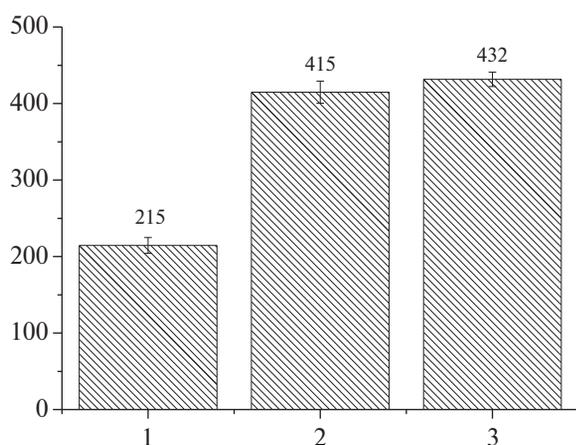
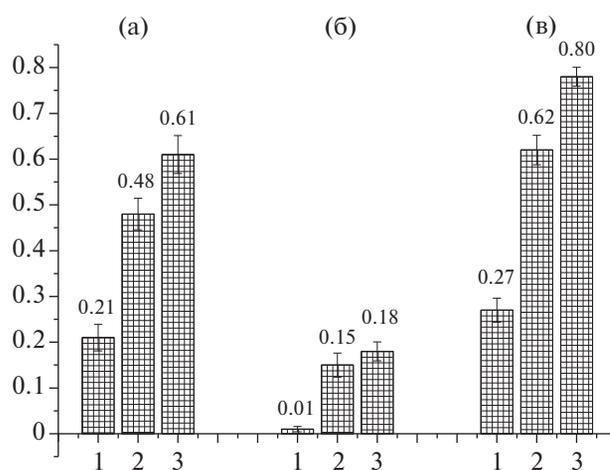
**Рис. 3.** Влияние опрыскивания растений баклажана сорта Шарапова F1 стимуляторами роста на основе флороксана на площадь листовой поверхности.**Рис. 4.** Влияние стимуляторов роста на основе флороксана на содержание фотосинтетических пигментов в листьях баклажана сорта Шарапова F1: (а) – хлорофилл *a*, (б) – хлорофилл *b*, (в) – сумма хлорофиллов *a* + *b*.

Таблица 4. Влияние стимуляторов роста на основе флороксана на рост и развитие растений баклажана сорта Ша-рапова F1

Вариант	Норма расхода, мг/га	Высота растений, см	Количество листьев, шт.	Количество бутонов, шт.
		на одно растение		
Контроль	Без обработки	35.6	5.6	2.7
Флороксан	30	53.7	7.8	4.6
ТД состава ФЛ : ГК = 1 : 9	300	55.5	10.1	5.3
HCP_{05}		0.82	1.0	1.1
S_x		0.27	0.33	0.37

а было также больше, чем в варианте с применением флороксана соответственно на 0.13, 0.03 и 0.18 мг/л.

Обработка растений баклажана ТД состава ФЛ : ГК = 1 : 9 приводила к значительному биологическому эффекту (табл. 4), а именно: высота растений в опытном варианте с опрыскиванием раствором в среднем составляла 55.5 см, что было больше контроля на 55.9%, количество листьев (10.1 шт.) – больше контроля на 80.3%, количество бутонов (5.3 шт.) – на 96.3%. При опрыскивании раствором флороксана эти показатели составили 53.7 см, 7.8 шт. и 4.6 шт., что было больше контроля на 50.8, 39.3 и 70.4% соответственно.

Данные биологических испытаний ТД состава ФЛ : ГК = 1 : 9 на баклажане подтвердили, что стимуляция ею роста растений в период вегетации активизировала процессы метаболизма, что приводило к повышению продуктивности растений. Биометрические учеты показали, что использование ТД состава ФЛ : ГК = 1 : 9 оказало существенное влияние на рост главного стебля и количество плодоорганов баклажана.

Такой результат можно объяснить тем, что твердая дисперсия состава ФЛ : ГК = 1 : 9 при растворении в воде образует супрамолекулярный комплекс, обеспечивающий повышенную растворимость, биодоступность и абсорбцию (проникновение через растительные мембраны) флороксана, а следовательно, и общее повышение его биологической активности, как это было показано на примере ряда лекарственных веществ [19–21].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, препарат в виде ТД состава ФЛ : ГК = 1 : 9, полученный в результате малоэнергетической, практически безотходной одностадийной твердофазной механохимической технологии, обладает стимулирующей рост растений активностью, превышающей активность

флороксана, основан на доступном отечественном сырье, экологически безопасен, стабилен при длительном хранении, хорошо растворим в воде и удобен в применении.

Предпосевное замачивание семян хлопчатника показало более высокую эффективность ТД состава ФЛ : ГК = 1 : 9 по показателям всхожести, роста и развития хлопчатника, а также по формированию его плодоземельных элементов по сравнению с флороксаном.

Опрыскивание растений баклажана в период вегетации продемонстрировало лучшую стимуляцию роста растений ТД состава ФЛ : ГК = 1 : 9 по таким показателям, как площадь листовой поверхности, содержание хлорофилла, высота растений, количество листьев и бутонов по сравнению с флороксаном.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чкаников Н.Д., Свиридов В.Д., Кадыров А.А., Спиридонов Ю.Я. Композиция для обработки семян, обладающая рострегулирующим действием: Пат. РФ № 2369094, опубл.10.10.2009 // Б.И. 2009. № 28.
2. Власенко Н.Г., Бурлакова С.В., Халиков С.С., Федоровский О.Ю., Чкаников Н.Д. Флороксан как потенциальный компонент комплексных протравителей зерновых культур // Агрохимия. 2017. № 7. С. 49–54.
<https://doi.org/10.7868/S0002188117070079>
3. Курбанова Э.Р., Закирова Р.П., Спиридонов Ю.Я., Халиков С.С., Чкаников Н.Д. Влияние регулятора роста флороксан на рост и урожайность хлопчатника // Агрохимия. 2019. № 6. С. 27–33.
<https://doi.org/10.1134/S0002188119060085>
4. Власенко Н.Г., Бурлакова С.В., Федоровский О.Ю., Чкаников Н.Д., Халиков С.С. Комплексный фунгицид на основе фениламинов и азолов для защиты семенного материала яровой пшеницы // Агрохимия. 2018. № 10. С. 40–45.
<https://doi.org/10.1134/S0002188118100149>
5. Власенко Н.Г., Бурлакова С.В., Чкаников Н.Д., Халиков С.С. Фунгицидный протравитель на основе азолов для обработки семян зерновых культур //

- Агрохимия. 2019. № 6. С. 44–49.
<https://doi.org/10.1134/S0002188119020145>
6. Бурлакова С.В., Власенко Н.Г., Чкаников Н.Д., Халиков С.С. Влияние многокомпонентных протравителей на зараженность фитопатогенами посевного материала и фитоценоз яровой пшеницы // Агрохимия. 2020. № 5. С. 72–79.
<https://doi.org/10.31857/S000218812005004X>
 7. Халиков С.С., Чкаников Н.Д., Спиридонов Ю.Я., Глинушкин А.П. Новый препарат для предпосевной обработки семян с комплексной защитой от болезней и остатков гербицидов в почве // Агрохимия. 2016. № 6. С. 39–45.
 8. Федоровский О.Ю., Халиков С.С., Спиридонов Ю.Я., Чкаников Н.Д. Антидотная активность нового производного стимулятора роста растений флорексан по отношению к гербициду ряда сульфониламочевин – метсульфуронметилу // Агрохимия. 2019. № 5. С. 29–34.
<https://doi.org/10.1134/S0002188119050041>
 9. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Колос, 2012. 351 с.
 10. Душкин А.В., Метелева Е.С., Чистяченко Ю.С., Халиков С.С. Механохимическое получение и свойства твердых дисперсий, образующих водорастворимые супрамолекулярные системы // Фундамент. исслед. 2013. № 1. Ч. 3. С. 741–749.
 11. Халиков С.С., Теплякова О.И., Власенко Н.Г., Халиков М.С., Евсеев В.И., Душкин А.В. Применение арабиногалактана для улучшения технологических и биологических свойств протравителей зерновых культур // Химия в интересах устойчив. развития. 2015. Т. 23. № 5. С. 591–599.
 12. Selyutina O., Apanasenko I., Khalikov S., Polyakov N.E. Natural poly- and oligosaccharides as novel delivery systems for plant protection compounds // J. Agr. Food Chem. 2017. V. 65 (31). P. 6582–6587.
<https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b02591>
 13. Khalikov S.S., Dushkin A.V. Strategies for solubility enhancement of anthelmintics (Review) // Pharm. Chem. J. 2020. V. 54 (5). P. 504–508.
<https://doi.org/10.1007/s11094-020-02229-4>
 14. Selyutina O.Yu., Apanasenko I.E., Kim A.V., Shelepova E.A., Khalikov S.S., Polyakov N.E. Spectroscopic and molecular dynamics characterization of glycyrrhizin membrane-modifying activity // Colloids Surf. B. 2016. V. 147. P. 459–466.
<https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2016.08.037>
 15. Селютина О.Ю., Халиков С.С., Поляков Н.Э. Сравнение проникновения компонентов протравителя методом ядерного магнитного резонанса // Агрохимия. 2017. № 4. С. 90–93.
 16. Selyutina O.Yu., Apanasenko I.E., Shilov A.G., Khalikov S.S., Polyakov N.E. Effect of natural polysaccharides and oligosaccharides on the cell membrane permeability // Rus. Chem. Bull. 2017. № 1. P. 129–135.
<https://doi.org/10.1007/s11172-017-1710-2>
 17. Selyutina O.Y., Shelepova E.A., Paramonova E.D., Kichigina L.A., Khalikov S.S., Polyakov N.E. Glycyrrhizin-induced changes in phospholipid dynamics studied by 1H NMR and MD simulation // Arch. Biochem. Biophys. 2020. V. 686. Iss. 108368.
<https://doi.org/10.1016/j.abb.2020.108368>
 18. Толстиков Г.А., Балтина Л.А., Шульц Э.Э., Покровский А.Г. Глицирризиновая кислота // Биоорг. химия. 1997. Т. 23. № 9. С. 691–709.
 19. Khalikov S.S. Review: Solid dispersions of anthelmintics and plant protection preparations // Solids. 2021. V. 2 (1). P. 60–75.
<https://doi.org/10.3390/solids201000>
 20. Душкин А.В., Сунцова Л.П., Халиков С.С. Механохимическая технология для повышения растворимости лекарственных веществ // Фундамент. исслед.-я. 2013. № 1. Ч. 2. С. 448–455.
 21. Душкин А.В., Метелева Е.С., Хомиченко Н.Н., Власенко Н.Г., Теплякова О.И., Халиков М.С., Халиков С.С. Новый пестицидный препарат на основе комплексов тебуконазола и производных глицирризина // Усп. совр. естествознания. 2016. № 11. Ч. 2. С. 296–300.
<https://doi.org/10.17513/use.36227>

Efficiency of a Composition Based on the Growth Regulator Floroxan with Glycyrrhizic Acid in Growing Cotton and Eggplant

R. P. Zakirova^{b,##}, S. S. Khalikov^{a,#}, E. R. Kurbanova^b,
 S. M. Turaeva^b, and N. D. Chkanikov^a

^aA.N. Nesmeyanov Institute of Organoelement Compounds of RAS
 ul. Vavilova 28, Moscow 119991, Russia

^bAcad. S.Yu. Yunusov Institute of Chemistry of Plant Substances of Uzbekistan Academy of Sciences
 M. Ulugbek str. 77, Tashkent 100170, Republic of Uzbekistan

[#]E-mail: salavatkhalikov@mail.ru

^{##}E-mail: ranozakirova@mail.ru

Mechanochemical modification of the substance of floroxan by the glycyrrhizic acid made it possible to increase the solubility of the preparation and expand the range and effectiveness of its action.

Key words: floroxan, plant growth regulator, cotton, eggplant, biological efficiency.