

УДК 631.811.98

ЭКСТРАКТ БАДЬЯНА В КАЧЕСТВЕ РЕГУЛЯТОРА РОСТА РАСТЕНИЙ¹

© 2023 г. В. В. Тараненко^{1,*}, И. Г. Дмитриева², В. С. Муравьев²

¹Федеральный научный центр биологической защиты растений
350039 Краснодар 39, Россия

²Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина
350044 Краснодар, ул. Калинина, 13, Россия

*E-mail: viktaranen@rambler.ru

Поступила в редакцию 15.03.2023 г.

После доработки 19.04.2023 г.

Принята к публикации 15.08.2023 г.

В настоящее время большое внимание уделяется снижению применения химических средств защиты растений и увеличению использования природных стимуляторов роста. Растительные экстракты представляют собой неисчерпаемый источник для поиска новых биологически активных веществ (БАВ). Экологической чистотой обладают экстракты, при получении которых в качестве растворителя используют жидкий диоксид углерода – CO₂-экстракты. Целью исследования было изучение рострегулирующих свойств CO₂-экстракта бадьяна. В трехлетний период 2020–2022 гг. были проведены полевые мелкоделяночные опыты на растениях озимой пшеницы сорта Безостая 100, кукурузы сорта Краснодарский 191 АМВ, сои сорта Арлета и риса сорта Фаворит. Применение CO₂-экстракта бадьяна способствовало получению достоверной и существенной прибавки урожайности всех перечисленных культур. Урожайность озимой пшеницы увеличилась на 10.4, кукурузы – на 9.8, сои – на 16.8, риса – на 7.4% (средние данные за 3 года). Отмечено положительное влияние экстракта бадьяна на формирование и развитие органов растений, определявших структуру урожая культур, повысилось качество зерна. На примере растений озимой пшеницы установлено усиление фотосинтетической активности под воздействием регулятора роста.

Ключевые слова: регулятор роста растений, CO₂-экстракт бадьяна, озимая пшеница, кукуруза, соя, рис, урожайность.

DOI: 10.31857/S0002188123110133, **EDN:** PWWQKV

ВВЕДЕНИЕ

В последние десятилетия разработка, изучение и применение регуляторов роста и развития растений приобретают все более массовый характер. Регуляторы роста в производстве сельскохозяйственной продукции не менее важны, чем минеральные удобрения и средства защиты растений [1, 2]. Работы по поиску новых действующих веществ во всем мире ведутся интенсивно и в различных классах химических соединений [3–6]. В то же время все острее становится проблема пестицидного пресса на окружающую среду. Ксенобиотиками загрязнены почва, вода, продукты питания, наносится ущерб здоровью человека, животных [7]. В связи с этим крайне важно, чтобы регуляторы роста были безопасными для человека и окружающей среды. В настоящее время научные исследования сместились в направлении использова-

ния природных продуктов, которые обладают высокой активностью и являются экологически безопасными. Растительные экстракты представляют собой “зеленую” кладовую, содержащую многочисленные биологически активные вещества с различными видами влияния как на человека, так и на растения [8].

Исследований, посвященных поиску биостимуляторов, в мировом научном сообществе в последние годы становится все больше. Изучают экстракты лекарственных растений, большого числа экзотических видов, природные эфирные масла и т.п. [9]. В Российской Федерации подобных исследований существенно меньше. Опубликованы работы по изучению экстрактов тополя бальзамического [10], хвойного сырья [11], морских водорослей [12], экстракта картофеля в ювенильный период [13] и некоторые другие. Таким образом, именно в России, богатой возобновляемыми природными ресурсами, целесообразно

¹ Исследование выполнено в соответствии с государственным заданием Министерства науки и высшего образования РФ в рамках НИР по теме FGRN-2022-0004.

развивать подобные актуальные исследования в области агротехнологий.

Настоящая работа посвящена изучению рост-регулирующих свойств CO_2 -экстракта бадьяна. Экологическая чистота растительных экстрактов зависит от метода их производства. Лучшие по качеству растительные экстракты получают благодаря использованию вместо органических растворителей так называемых “зеленых” растворителей. Практическую реализацию получил способ извлечения ценных компонентов из сырья жидким диоксидом углерода (CO_2). Процесс осуществляется при комнатной температуре ($18\text{--}25^\circ\text{C}$), но под высоким давлением 65 атм. CO_2 -экстракты обладают массой достоинств. Извлекаемые из сырья биологически активные вещества не подвергаются термической обработке, следовательно, не разрушаются. Экстракты отличаются экологической чистотой — не содержат остаточных количеств растворителя. Они находят применение в качестве пищевых добавок и антиоксидантов при производстве продуктов питания и в парфюмерной промышленности. Для исследований использовали CO_2 -экстракт бадьяна производства ООО “Караван” (г. Краснодар).

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Эксперимент осуществляли в условиях полевого мелкоделяночного опыта на растениях озимой пшеницы, кукурузы, сои и риса в период 2020–2022 гг. Для посевов озимой пшеницы, кукурузы и сои использовали экспериментальное поле Федерального научного центра биологической защиты растений (г. Краснодар). Почва — чернозем выщелоченный обыкновенный малогумусный, характеризовалась следующими показателями: содержание гумуса в пахотном слое — от 2.9 до 3.2%, верхний слой имел нейтральную и слабокислую реакцию ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ 6.7–7.0), объемная масса — 1.23–1.35 г/см³ и порозность — 52.0–54.0%.

Опыты с растениями риса проводили на экспериментальном орошаемом участке Федерального научного центра риса г. Краснодара. Почва лугово-черноземная слабосолонцеватая тяжело-суглинистая характеризовалась следующими показателями: содержание гумуса — 3.3%, подвижных форм: азота — 0.44, фосфора — 3.85 и калия — 18.2 мг/100 г почвы, pH 7.3.

Климат зоны — умеренно-континентальный, умеренно-влажный и теплый. Среднегодовая температура воздуха составляет $10.0\text{--}10.8^\circ\text{C}$, среднегодовое количество осадков — 600–645 мм,

распределение их по месяцам неравномерное, коэффициент увлажнения — 0.25–0.40.

Суммарное количество осадков в 2020 г. составило 539, в 2021 г. — 846, в 2022 г. — 792 мм. В целом погодные условия для проведения исследования были благоприятными для роста и развития растений озимой пшеницы в полевые сезоны 2021 и 2022 гг., сезон 2020 г. был засушливым, для пропашных культур самым благоприятным был сезон 2021 г.

Озимая пшеница. В опытах использовали посе-вы озимой пшеницы сорта Безостая 100. Сорт среднерослый, устойчив к полеганию и осыпанию, среднеранний, характеризуется высокой и стабильной урожайностью. Масса 1000 зерен равна 40–44 г. Относится к мягким пшеницам. Допущен для возделывания в Центрально-Черноземном, Северо-Кавказском и Нижневолжском регионах.

Кукуруза. Для проведения эксперимента использовали семена кукурузы сорта Краснодарский 291 АМВ. Сорт относится к среднераннему типу с вегетационным периодом 106–110 сут. Высота растений — 180–200 см, зерно желтое зубовидное, масса 1000 семян — 280–300 г. Оригинатор гибрида — Краснодарский НИИСХ им. П.П. Лукьяненко.

Соя. Под опыты на растениях сои были разбиты делянки в посевах сои сорта Арлета. Производитель семян (оригинатор сорта) — компания “СОКО”. Рекомендован для выращивания в Краснодарском крае. Сорт раннеспелый, вегетационный период — 99 сут. Тип роста растений — детерминантный, ветвление слабое. Сорт характеризуется высоким содержанием белка и высокой масличностью. Потенциальная урожайность — до 35.0, в повторных посевах — до 23.0 ц/га.

Рис. Для проведения полевых опытов использовали сорт риса Фаворит. Разработчик сорта — ВНИИ риса. Вегетационный период — 100–120 сут, среднеспелый, разновидность италика. Длина зерна средняя, отличается высокими показателями качества. Масса 1000 абсолютно сухих зерен — 28–33 г, количество колосков — до 100 шт., высота растений — 90–95 см. Средняя урожайность сорта — ≈ 60.0 ц/га.

Посев каждой культуры выполняли семенами первого класса в оптимальный срок для центральной зоны Краснодарского края селекционной сеялкой центрального точного высева с рекомендованной нормой высева. Удобрения не применяли (нулевой фон). Учетная площадь делянки — 5.0 м², повторность четырехкратная, расположение делянок рендомизированное.

Для определения рострегулирующего эффекта на вегетирующие растения наносили водную эмульсию экстракта бадьяна. При приготовлении эмульсии использовали эмульгатор ОП-7 в количестве 0.01% от массы растворителя. Обработку посевов проводили методом двукратного опрыскивания посевов при норме расхода регулятора роста 30 г/га и расхода раствора 300 л/га. Растения озимой пшеницы обрабатывали в фазах кушения и флагового листа, растения кукурузы — в фазах 3–5- и 8–10-ми листьев, растения сои — в фазах 4–6 листьев и бутонизации, растения риса — в фазах кушения и выметывания.

В качестве эталона сравнения был выбран препарат Бигус ВР, созданный на основе природных гуминовых кислот (препаративная форма — водный раствор, действующее вещество — калиевые соли гуминовых кислот, концентрация 25 г/л по кислоте). Нанесение эталона осуществляли в тех же дозах, в те же сроки. Растения контрольного варианта выращивали без обработки.

В соответствии с руководством по регистрационным испытаниям [14], в опыте проводили следующие наблюдения, учеты и анализы: фенология, густота стояния растений, биометрия растений после созревания, содержание основных элементов питания в зерне (%) определяли с помощью анализатора “ФТ-7”.

Урожай убирали в период полного созревания зерна поделаночно. После обмолота с каждой деланки отбирали образец зерна согласно ГОСТ 12042-80 для определения массы 1000 зерен. Кроме того, с каждой деланки отбирали сноп для определения биометрических показателей.

Для растений озимой пшеницы определяли общее содержание фотосинтетических пигментов (хлорофиллов *a* и *b*, каротиноидов) в листьях культуры. Первую пробу отбирали перед обработкой рострегулятором, вторую — на 5-е сут после обработки, следующие — через каждые 10 сут до конца вегетации. Количество пигментов определяли на спектрофотометре Genesys 8 (Thermo Spectronic, Англия) в экстрактах 96%-ного этанола с последующим расчетом по формулам Лихтеналлера [15].

Полученные данные подвергали статистической обработке методом дисперсионного анализа с использованием программы STATISTICA [16].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Трехлетнее полевое исследование позволило установить, что CO_2 -экстракт бадьяна обладает существенными рострегулирующими свойствами.

Несмотря на различные погодные условия, применение экстракта бадьяна на растениях озимой пшеницы сорта Безостая 100 способствовало стабильному повышению урожайности культуры на 8.6–11.5%, что в среднем за 3 года составило 10.4% (табл. 1). Интенсивнее осуществлялось накопление белка и сырой клейковины в зерне озимой пшеницы: содержание белка в зерне увеличилось на 1.2%, содержание клейковины и крахмала — на 1.2–1.7%.

Обработанные рострегулятором растения опережали в росте растения контрольного варианта, повышалось общее и продуктивное кушение. Длина колоса увеличилась на 16.9, количество колосков в колосе — на 4.4–5.8, количество зерен колосе — на 20.0, масса зерна в колосе превышала контрольный вариант на 23.1, масса 1000 зерен — на 4.6%. Все перечисленные параметры положительно отличались от таковых в варианте с использованием эталона Бигус, ВР (табл. 2).

Величина и качество урожая существенно зависит от фотосинтетической активности культуры, интенсивности процессов дыхания и обмена веществ в растениях. В ходе эксперимента установлено, что в течение всего периода наблюдения общее содержание фотосинтетических пигментов в обработанных регулятором роста растениях было больше, чем в контрольном варианте (рис. 1).

Прибавка урожайности кукурузы сорта Краснодарский 291 АМВ под влиянием CO_2 -экстракта бадьяна составила в среднем 5.7 ц/га (9.8%). Изучение структуры основных показателей урожайности кукурузы показала, что применение рострегулятора способствовало увеличению длины початка на 10.9, количества зерен в початке — на 18.4, массы зерен в початке — на 14.8% по отношению к контролю (табл. 2). Использование экстракта бадьяна повлияло и на массу зерна в початке, по сравнению с контрольным вариантом она возросла на 12.2%.

Существенное и стабильное повышение урожайности при применении CO_2 -экстракта бадьяна получено и на растениях сои сорта Арлета, прибавка урожая составила 16.8%. Улучшилось и качество зерна: содержание белка увеличилось на 2.3, масличность — на 1.6% (табл. 1). Повышение урожайности явилось следствием положительно-го влияния регулятора роста на формирование и развитие органов, определяющих структуру урожая. По данным учета, количество бобов на 1 растение превышало контроль на 14.5, масса семян с 1-го растения — на 15.4, масса 1000 семян — на 14.8%.

Таблица 1. Влияние экстракта бадьяна на урожайность культур (средние за 2020–2022 гг.)

Вариант	Урожайность	Прибавка к контролю		Содержание в зерне, %	
	ц/га		%	белка	крахмала
Озимая пшеница сорта Безостая 100					
Экстракт бадьяна	77.5	7.3	10.4	13.8	72.1
Эталон Бигус ВР	74.5	4.3	6.1	13.0	71.3
Контроль	70.2	—	—	12.6	70.4
<i>HCP</i> ₀₅	2.8	—	—	0.3	0.7
Кукуруза сорта Краснодарский 291 АМВ					
Экстракт бадьяна	64.1	5.7	9.8	11.0	77.0
Эталон Бигус ВР	61.8	3.4	5.9	9.8	76.5
Контроль	58.4	—	—	9.4	75.4
<i>HCP</i> ₀₅	2.6	—	—	0.5	0.8
Соя сорта Арлета					
Экстракт бадьяна	33.8	4.9	16.8	37.8	масличность, % 25.6
Эталон Бигус ВР	31.3	2.4	8.4	35.9	24.0
Контроль	28.9	—	—	35.5	23.8
<i>HCP</i> ₀₅	1.9	—	—	0.4	0.8
Рис сорта Фаворит					
Экстракт бадьяна	73.0	5.0	7.4	9.5	43.0
Эталон Бигус ВР	70.1	2.1	4.4	9.3	42.9
Контроль	68.0	—	—	8.8	42.4
<i>HCP</i> ₀₅	2.2	—	—	0.5	0.4

Таблица 2. Влияние экстракта бадьяна на структуру урожая культур (средние за 2020–2022 гг.)

Вариант	Высота растений, см	Длина колоса (початка), мм	Количество зерен в колосе (початке), шт.	Масса зерна в колосе (початке)	Масса 1000 семян
				г	
Озимая пшеница сорта Безостая 100					
Экстракт бадьяна	90	8.3	34.9	1.6	42.9
Эталон Бигус ВР	84	7.4	31.9	1.6	42.0
Контроль	81	7.1	29.0	1.4	41.0
<i>HCP</i> ₀₅	3	0.3	0.6	0.2	0.8
Кукуруза сорта Краснодарский 291 АМВ					
Экстракт бадьяна	218	21.2	566	201	394
Эталон Бигус ВР	214	20.0	512	190	374
Контроль	211	18.3	477	176	348
<i>HCP</i> ₀₅	2	0.6	19	9	12
Рис сорта Фаворит					
Экстракт бадьяна	96	16.2	68.2	2.2	36.0
Эталон Бигус, ВР	96	15.4	64.8	2.1	35.1
Контроль	91	14.6	61.7	2.0	34.1
<i>HCP</i> ₀₅	3	0.6	4.6	0.1	1.0

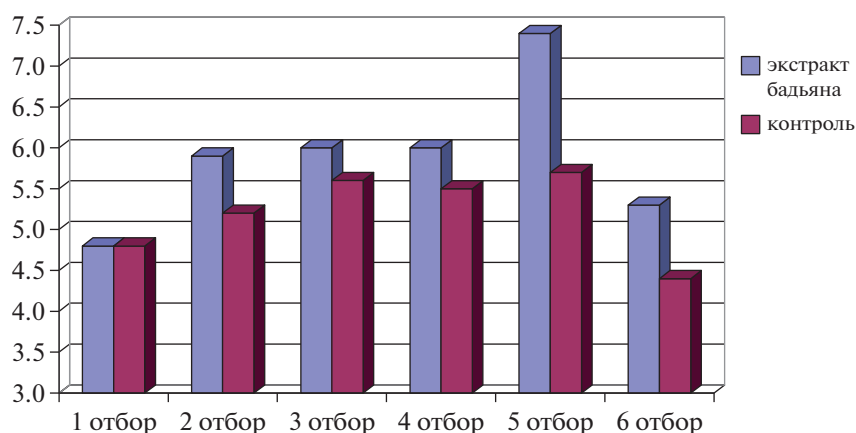


Рис. 1. Содержание фотосинтетических пигментов в листьях озимой пшеницы, мг/дм²; 1–6 — отборы проб в течение вегетации растений.

Отзывчивость растений риса сорта Фаворит на воздействие CO₂-экстракта бадьяна тоже была достаточно высокой, в среднем прибавка урожайности за трехлетний период была на уровне 7.4% при сохранении качества зерна (табл. 1). Что касается структуры урожая, то по данным эксперимента, у обработанных регулятором роста растений в сравнении с необработанными высота увеличилась на 5.5, длина метелки — на 10.9, количество зерен в метелке — на 10.5, масса зерна в метелке — на 10.0, масса 1000 семян — на 5.9%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, показана возможность использования экстракта бадьяна, полученного методом сверхкритической жидкостной экстракции, в качестве безопасного природного регулятора роста растений. Трехлетние полевые испытания позволили обнаружить высокую отзывчивость культур озимой пшеницы, кукурузы, сои и риса на применение экстракта бадьяна в качестве ростостимулятора. Под его влиянием наблюдали более интенсивное развитие органов, формирующих структуру урожая, увеличилась масса зерна с одного растения и масса 1000 зерен. Как следствие, повысилась урожайность культур, содержание белка в зерне была больше, чем у растений контрольного варианта. Обнаружено также усиление фотосинтетической активности растений озимой пшеницы. Результаты этого исследования могут внести свой вклад в экологическое производство сельскохозяйственных культур.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Синяшин О.Г., Шаповал О.А., Шулаева М.М.* Инновационные регуляторы роста растений в сельскохозяйственном производстве // Плодородие. 2016. № 5. С. 38–42.
2. *Nickell L.G.* Plant growth regulating chemicals. CRC Press, 2018. 266 p.
3. *Rademacher W.* Plant growth regulators: Backgrounds and uses in plant production // J. Plant Growth Regul. 2015. V. 34. P. 845–872.
4. *Дядюченко Л.В., Тараненко В.В., Дмитриева И.Г.* Изучение рострегулирующих свойств производных пиридин-2-сульфанилацетанилидов на растениях сои // Агрохимия. 2020. № 5. С. 12–16.
5. *Дмитриева И.Г., Заводнов В.С., Макарова Н.А., Дядюченко Л.В.* Антидотная активность производных 2-алкилтионикотинитрилов // Политемат. сетев. электр. научн. журн. КубГАУ. 2017. № 132. С. 435–441.
6. *Дмитриева И.Г., Дядюченко Л.В., Стрелков В.Д., Доценко С.П., Кайгородова Е.А.* Синтез новых 2-алкилтионикотинитрилов и 3-ами-нотиено-[2,3-*b*]пиридинов на их основе и скрининг потенциальных антидотов и регуляторов роста растений // Тр. КубГАУ. 2006. № 3. С. 129–134.
7. *Gonzalez N., Margues M., Nadal M., Domingo J.L.* Occurrence of environmental pollutants in foodstuffs // Food & Chem. Tox. 2019. V. 125. P. 370–375.
8. *Яхин О.И., Лубянов А.А., Яхин И.А.* Физиологическая активность биостимуляторов и эффективность их применения // Агрохимия. 2016. № 6. С. 72–94.
9. *Яхин О.И., Лубянов А.А., Яхин И.А.* Современные представления о биостимуляторах // Агрохимия. 2014. № 7. С. 85–90.
10. *Калюта Е.В., Мальцев М.И., Шепелева О.В., Исаева Е.В.* Экстракты тополя бальзамического как регуляторы роста яровой мягкой пшеницы // Химия раст. сырья. 2017. № 4. С. 203–209.
11. *Чукичева И.Ю., Хуришайнен Т.В., Кучин А.В.* Природные регуляторы роста из хвойного сырья //

- Инноватика и экспертиза: научн. тр. 2018. № 3. С. 93–99.
12. Шибеева Т.Г., Шерудило Е.Г., Титов А.Ф. Экстракты морских водорослей как биостимуляторы растений // Тр. Карел. НЦ РАН. 2021. № 3. С. 36–67.
 13. Дмитриевская И.И., Белопухов С.А., Багнавец Н.А., Григорьева М.В. Применение стимулятора роста растительного происхождения Ратифур для выращивания льна // Агрохим. вестн. 2020. № 3. С. 53–56.
 14. Руководство проведения регистрационных испытаний регуляторов роста растений, дефолиантов и десикантов в сельском хозяйстве // М.: Минсельхоз РФ, 2018. 223 с.
 15. Lichtentaller H.K., Wellburn A.R. Determinations of total extracts in different solvents // Biochem. Soc. Transact. 1983. V. 11. № 5. P. 591–592.
 16. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Книга по требованию, 2012. 352 с.

Star Anise Extract as a Plant Growth Regulator

V. V. Taranenko^{a, #}, I. G. Dmitrieva^b, and V. S. Muravyov^b

^a*Federal Research Center of Biological Plant Protection
Krasnodar 39 350039, Russia*

^b*I.T. Trubilin Kuban State Agrarian University
ul. Kalinina 13, Krasnodar 350044, Russia*

[#]*E-mail: viktaranen@rambler.ru*

Currently, much attention is being paid to reducing the use of chemical plant protection products and increasing the use of natural growth stimulators. Plant extracts are an inexhaustible source for the search for new biologically active substances (BAS). Extracts have ecological purity, in the production of which liquid carbon dioxide – CO₂-extracts are used as a solvent. The purpose of the study was to study the growth-regulating properties of the CO₂-extract of star anise. In the three-year period 2020–2022 field small-scale experiments were carried out on plants of winter wheat of the Bezostaya 100 variety, corn of the Krasnodar 191 AMV variety, soybeans of the Arlet variety and rice of the Favorit variety. The use of CO₂-extract of star anise contributed to obtaining a reliable and significant increase in the yield of all these crops. The yield of winter wheat increased by 10.4, corn – by 9.8, soybeans – by 16.8, rice – by 7.4% (average data for 3 years). The positive effect of the extract of the bucket on the formation and development of plant organs that determined the structure of the crop yield was noted, the quality of grain increased. On the example of winter wheat plants, an increase in photosynthetic activity under the influence of a growth regulator has been established.

Keywords: plant growth regulator, CO₂-extract of star anise, winter wheat, corn, soy, rice, yield.