

УДК 632.95:631.98

ИЗУЧЕНИЕ РОСТРЕГУЛИРУЮЩИХ СВОЙСТВ ПРОИЗВОДНЫХ ПИРИДИН-2-СУЛЬФАНИЛАЦЕТАНИЛИДОВ НА РАСТЕНИЯХ СОИ¹

© 2020 г. Л. В. Дядюченко^{1,*}, В. В. Тараненко¹, И. Г. Дмитриева²

¹Всероссийский научно-исследовательский институт биологической защиты растений
350039 Краснодар, п/о 39, Россия

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

*E-mail: ludm.dyadiuchenko@yandex.ru

Поступила в редакцию 24.05.2019 г.

После доработки 18.09.2019 г.

Принята к публикации 10.02.2020 г.

Осуществлен синтез и скрининг регуляторов роста сои в ряду замещенных алкилтионикотинонитрилов. По результатам лабораторного опыта выявлено перспективное соединение – (4,6-диметил-3-цианопиридил-2-сульфанил)-4-бромацетанилид, которое изучено в полевых условиях в 2016–2018 гг. опыты проводили на экспериментальном поле ВНИИ биологической защиты растений, для посева использовали элитные семена сои сорта Бара. В опыте вегетирующие растения сои обрабатывали водным раствором изученного соединения дважды: в фазе 4–5 листьев и в фазе бутонизации–ветвления. Опыт предусматривал измерение биометрических показателей растений и органов, формирующих структуру урожая, урожайности. Качество зерна оценивали по содержанию белка и масличности. Данные 3-летних полевых испытаний показали, что вещество положительно влияло на формирование структуры урожая, в первую очередь существенно увеличивая количество зерна на одно растение (до 14% по отношению к контролю). Применение регулятора роста обеспечивало достоверное и стабильное повышение урожая сои (на 12.1–20.9%). Одновременно улучшалось качество зерна: содержание белка увеличивалось на 0.5–0.6, масла – на 0.5–1.5%.

Ключевые слова: соя, сорт Бара, регуляторы роста растений, синтез, скрининг, алкилтионикотинонитрилы, структура урожая, прибавка урожая, белок, масличность.

DOI: 10.31857/S0002188120050075

ВВЕДЕНИЕ

Соя на сегодняшний день является одной из важных продовольственных культур в мире, которой уделяют большое внимание. Для сои характерно высокое содержание белков, липидов, витаминов и минеральных веществ, что широко востребовано в современных условиях. Эта культура имеет достаточно высокую продуктивность, широкий ареал распространения и экономичность производства. Именно поэтому соя по объемам производства является ведущей бобовой и масличной культурой мира, занимает лидирующие позиции мирового экспорта сельскохозяйственной продукции. Кроме того, соя обогащает почву азотом, улучшает ее структуру, что позволяет снизить затраты на применение минераль-

ных азотных удобрений. Азот сои не загрязняет окружающую среду и легко усваивается растениями [1].

Производство соевого зерна в мире неуклонно возрастает, она стала высокодоходной культурой. В Краснодарском крае в 2018 г. под сою выделили более 215 тыс. га, что на 39 тыс. га или 22% больше, чем годом ранее [2].

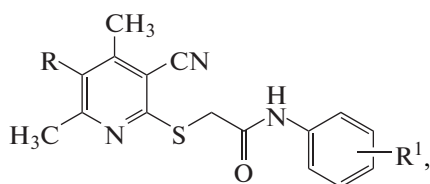
Очевидно, что поиск путей повышения урожайности сои, как и качества семян, актуален [3]. Для повышения урожая в современном сельском хозяйстве применяют интенсивные технологии, предусматривающие использование регуляторов роста растений (*PPP*) – физиологически активных веществ биогенного происхождения или синтезированных искусственно, которые в малых дозах положительно влияют на жизненные процессы растений [4, 5]. Создание и использование *PPP*, снижающих пестицидный пресс на растения и окружающую среду, весьма актуально. Раз-

¹ Исследование выполнено в соответствии с Государственным заданием № 075-00376-19-00 Министерства науки и высшего образования РФ в рамках НИР по теме № 0686-2019-0013.

работка новых действующих веществ ведется в различных классах химических соединений, как в нашей стране, так и за рубежом [6–8]. Цель работы – синтез и скрининг регуляторов роста сои в ряду замещенных алкилтионикотинитрилов, исследование свойств перспективного соединения – (4,6-диметил-3-цианопиридил-2-сульфанил)-4-бромацетанилида.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

В продолжение работ по поиску биологически активных веществ в рядах производных азотсодержащих гетероциклов, в частности регуляторов роста растений и антидотов [9, 10], была синтезирована серия новых соединений, относящихся к классу пиридил-2-сульфанилацетанилидов общей формулы I:



Ia-k

где R = H, метил, хлор; R¹ = алкил-, алкокси-, галогенил-, нитро-, аминогруппы.

Методики синтеза опубликованы в работе [10]. Выход целевых продуктов составил 68–91%. Для всех синтезированных соединений определены физико-химические константы ($T_{пл}$, $T_{кип}$), их структура подтверждена элементным анализом, а также методами ЯМР-¹H- и ¹³C-спектроскопии и масс-спектрометрии. Индивидуальность соединений установлена с помощью тонкослойной хроматографии.

Первичную оценку активности новых соединений осуществляли в лабораторном опыте по величине их рострегулирующего эффекта. Для этого использовали официально рекомендованную методику проращивания семян в “рулонах” по ГОСТ 12044-93. В опытах использовали растворы испытуемых веществ в концентрациях 1×10^{-1} , 1×10^{-2} , 1×10^{-3} , 1×10^{-4} , 1×10^{-5} %.

Вещества, отобранные по результатам лабораторного опыта, исследовали в полевых условиях.

Полевые опыты проведены на экспериментальной базе ВНИИБЗР в 2016–2018 гг. Почвенный покров участка – чернозем выщелочный мощный тяжелосуглинистый. Содержание гумуса в пахотном слое 0–25 см – 4.0%. Почва пресная, плотный остаток <0.1%, рН_{KCl} 5.5. Содержа-

ние подвижных форм фосфора – 17.4, калия – 32.8 мг/100 г почвы.

Погодные условия в годы проведения опыта были различными. В 2016–2017 гг. метеоусловия для пропашных культур в период апрель–июнь были благоприятными, в июле–августе отмечено значительное повышение среднесуточных температур воздуха, что выразилось в проявлении воздушной и почвенной засухи. В 2018 г. весь период вегетации сои проходил при избытке тепла и дефиците влаги. Температура воздуха была на 4°C выше, осадков выпало на 70.2 мм меньше среднегодовой нормы. Различия погодных условий повлияли на рост и продуктивность сои.

Для проведения полевых опытов использовали семена сои сорта Бара, элита. Производитель семян (оригинатор сорта) – ООО Компания “Соевый Комплекс”. В Госреестре сорт с 2011 г., пригоден для выращивания во всех зонах РФ.

Сорт – ультроскороспелый, вегетационный период – 85–90 сут. Тип роста растений – детерминантный, ветвление слабое. Не повреждается паутинным клещом, совками, огневками, устойчив к гнили и фузариозу.

Качественный состав зерна – 41–43% белка, 19–20% масла. Потенциальная урожайность – до 35.0 ц/га, в повторных посевах (посевах после уборки основной культуры, например, озимого рапса, озимого ячменя, озимой пшеницы) – до 23.0 ц/га. Сорт пригоден для пищевых, кормовых и технических целей.

Полевые опыты были заложены после предшественника – озимой пшеницы. Площадь под опытом – 260 м², площадь опытной делянки – 5.0 м², повторность четырехкратная. Обработку опытных делянок проводили дважды: в фазе 4–5 листьев и в фазе бутонизации–ветвления. Способ обработки растений – опрыскивание. Норма расхода рабочего раствора – 300 л/га. Для обработки использовали малогабаритный опрыскиватель (монодисперсный) емкостью 0.2 л.

В период между первой обработкой до уборки урожая на опытном участке проводили наблюдения и учеты в основные фазы роста и развития растений сои. Перед уборкой урожая отбирали модельные снопы для последующей оценки влияния препаратов на формирование основных элементов структуры урожая.

Уборку и учет урожая проводили отдельным способом. Растения сои срезали в снопы, а затем обмолачивали на комбайне Хеге 125. Массу зерна в каждой повторности варианта взвешивали с точностью ± 5.0 г. Из 4-х повторностей варианта отбирали среднюю пробу для последующего анализа на содержание общего азота, белка, сырого жира.

Таблица 1. Эффективность регулятора роста по показателям основных элементов структуры урожая сои

Шифр соединения, норма расхода, г/га	Высота растений, см	Средние показатели на одно растение						Масса 1000 семян, г
		количество бобов на одно растение, шт.	в т.ч. количество семян в бобе, шт.			количество семян на одно растение, шт.	масса семян с одного растения, г	
			1	2	3			
2016 г.								
Соединение Id, 30+30	62.4	34.4	7.6	12.6	14.2	76.5	10.8	146
Контроль	63.4	32.2	7.2	14.5	10.5	67.7	9.6	142
<i>HCP</i> ₀₅	4.3	4.2	—	—	—	8.6	2.2	—
2017 г.								
Соединение Id, 30+30	63.1	32.8	7.0	12.2	13.6	73.1	10.2	151
Контроль	61.0	30.5	7.1	11.6	11.8	65.6	9.4	149
<i>HCP</i> ₀₅	3.9	3.3	—	—	—	7.5	1.2	—
2018 г.								
Соединение Id, 30+30	55.2	26.5	5.2	10.0	12.0	60.4	9.2	166
Контроль	50.5	19.6	3.1	8.1	7.3	43.2	6.3	158
<i>HCP</i> ₀₅	3.5	2.7	—	—	—	5.9	1.3	—

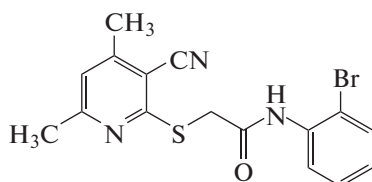
Примечание. В графах 1, 2, 3 – количество бобов с одним семенем, двумя и тремя соответственно

Рострегулирующую активность изученных соединений определяли по увеличению урожая растений, обработанных рострегулятором, в сравнении с контролем (необработанными растениями). Данные учета подвергали статистической обработке с использованием *HCP*₀₅.

Качественные показатели зерна определяли на инфракрасном спектрофотометре “Инфрапид 61” (Labog MIM, Венгрия). Аналитическая повторяемость трехкратная. Полученные данные обрабатывали методом дисперсионного анализа [11].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В лабораторном опыте на проростках сои было выявлено перспективное соединение (4,6-диметил-3-циано пиридил-2-сульфанил)-4-бромацетанилид (соединение Id):



Id

Соединение Id при использовании в концентрации $1 \times 10^{-4}\%$ проявляло ростстимулирующий эффект на стеблях проростков на уровне 16–17%,

на корнях проростков – на уровне 17–18%. Далее его эффективность была изучена в полевом мелкоделяночном опыте.

Условия вегетации по обеспечению сои влагой в 2016–2017 гг. были более благоприятными, чем в 2018 г. Это способствовало увеличению высоты растений, положительно сказалось на формировании элементов продуктивности культуры (табл. 1), а также ее урожайности (табл. 2).

По данным учетов, не обнаружено существенного влияния препарата на линейный рост растений сои. Перед уборкой средняя высота растений в опытных вариантах превышала контроль лишь на 1.0–4.7 см. Показатель общего количества бобов на растении при обработке регулятором роста, был достоверно больше, чем в контроле. Применение *PPP* способствовало увеличению количества семян на одно растение по отношению к контролю на 11.1–14.0%, при этом масса семян с одного растения возрастала в пределах 11.3–14.6%. Показатели массы 1000 семян в опытных и контрольных вариантах были близкими, следовательно, под воздействием регулятора роста увеличивалось количество бобов и семян на растении при сохранении размера зерна.

Судя по данным учета урожая (табл. 2), применение препарата Id обеспечивало достоверное и стабильное повышение урожая сои (на 12.1–20.9%). Одновременно улучшалось качество зер-

Таблица 2. Влияние регулятора роста на продуктивность и качество семян сои

Шифр соединения, норма расхода, г/га	Урожайность зерна, ц/га	Прибавка к контролю		Содержание в зерне, %	
		ц/га	%	белок	масло
2016 г.					
Соединение Id, 30+30	30.6	3.8	14.2	44.2	25.2
Контроль	26.8	—	—	43.6	23.8
<i>HCP</i> ₀₅	2.57	—	—	0.89	0.48
2017 г.					
Соединение Id, 30+30	28.8	3.1	12.1	43.1	24.0
Контроль	25.7	—	—	42.4	23.5
<i>HCP</i> ₀₅	2.15	—	—	1.40	1.21
2018 г.					
Соединение Id, 30+30	19.1	3.3	20.9	42.8	24.1
Контроль	15.8	—	—	42.2	22.4
<i>HCP</i> ₀₅	1.45	—	—	1.74	1.09

на, т.к. содержание белка в зерне увеличивалось на 0.5–0.6, масла – на 0.5–1.5%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Регуляторы роста растений, несомненно, положительно влияют на развитие культуры сои и ее урожайность. Применение синтезированного (4,6-диметил-3-цианопиридил-2-сульфанил)-4-бромацетанилида в течение 3-летнего опыта обеспечило существенное и достоверное повышение урожая зерна сои и улучшение его качества. При использовании регулятора роста количество семян на одно растение возрастало на 11.1–14.0%, прибавка урожая составила 12.1–20.9%. Влияние препарата положительно сказалось и на качестве зерна: содержание белка увеличилось на 0.5–0.6%, масличность – на 0.5–1.5%. В связи с этим целесообразно рассматривать этот препарат в качестве перспективного действующего вещества для создания нового отечественного регулятора роста сои. Работа защищена патентом РФ [12].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лукомец В.М., Кочегура А.В., Баранов В.Ф., Махонин В.Л. Соя в России – действительность и возможность. Краснодар, 2013. 100 с.
2. Федотов В.А., Гончаров С.В., Столяров О.В. Соя в России. М., 2013. 432 с.
3. Кирсанова Е.В., Гвалдова В.В., Зорькин Е.В. Применение регуляторов роста как фактор повышения урожайности сои // Агробизнес и экология. 2015. № 2. С. 42–44.
4. Шаповал О.А., Можарова И.П., Мухина М.Т. Влияние регуляторов роста растений нового поколения на рост и продуктивность растений сои // Плодородие. 2015. № 5. С. 32–34.
5. Шаповал О.А., Можарова И.П., Кориунов А.А. Регуляторы роста растений в агротехнологиях // Защита и карантин растений. 2014. № 6. С. 16–20.
6. Basuchaudhuri P. Influences of plant growth regulators on yield of soybean (Review) // Indian J. Plant Sci. 2016. № 4. P. 25–38.
7. Gulluoglu L., Arioglu H., Mehmet A. Effects of some plant growth regulators and nutrient complexes on above-ground biomass and seed yield of soybean grown under heat-stressed environment // J. Agron. 2006. № 5. P. 126–130.
8. Calvino P.A., Sadras V.O., Andrade F.H. Development, growth and yield of late-sown soybean in the southern pampas // Eur. J. Agron. 2003. V. 19. P. 265–275.
9. Дядюченко Л.В., Назаренко Д.Ю., Ткач Л.Н., Тосуннов Я.К., Дмитриева И.Г. Поиск новых иммуномодуляторов сахарной свеклы в ряду производных пиридилгидразонов // Политемат. электр. научн. журн. КубГАУ. 2016. № 122(08). С. 461–470.
10. Дмитриева И.Г., Дядюченко Л.В., Стрелков В.Д., Кайгородова Е.А. Синтез 4,6-диметил-5-R-3-цианопиридин-2-сульфонилхлоридов и N-замещенных сульфониламидов на их основе // Химия гетероцикл. соед. 2009. № 9. С. 1311–1318.
11. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта с основными статистической обработки результатов исследований. М.: Книга по требованию, 2012. 352 с.
12. Дядюченко Л.В., Ткач Л.Н., Дмитриева И.Г., Тосуннов Я.К. Пат. РФ, № 2617322. Способ повышения урожайности сои. Опубл. 28.03.2019. Бюл. № 10.

Study of Growth-Stimulating Characteristics of Pyridine-2-Sulfonyl Acetylides Derivatives on Soybean Plants

L. V. Dyadyuchenko^{a,#}, V. V. Taranenko^a, and I. G. Dmitrieva^b

^aAll-Russian Research Institute of Biological Plant Protection
p/o 39, Krasnodar 350039, Russia

^bI. T. Trubilin Kuban State Agrarian University
ul. Kalinina 13, Krasnodar 350044, Russia

[#]E-mail: ludm.dyadyuchenko@yandex.ru

The synthesis and screening of growth regulators in soybeans to several substituted alkylthionicotinonitriles is carried out. The results of laboratory experiences identified a promising compound – (4,6-dimethyl-3-cyanopyridyl-2-sulfonyl)-4-bromoacetanilide, which is studied in the field in 2016–2018. Experiments were conducted on experimental field of Institute of biological protection of plants for planting used seeds soybean varieties are the Bar. In the experiment, growing soy plants were treated with an aqueous solution of the studied compound twice: in the 4–5-leaf phase and in the budding–branching phase. The experiment provided for the measurement of biometric indicators of plants and organs that form the structure of the crop, yield. Grain quality was evaluated by protein content and oil content. Data from 3-year field tests showed that the substance had a positive effect on the formation of the crop structure, primarily significantly increasing the amount of grain per plant (up to 14% in relation to the control). The use of the growth regulator provided a reliable and stable increase in the soybean yield (by 12.1–20.9%). At the same time, the quality of grain improved: the protein content increased by 0.5–0.6, and the oil content increased by 0.5–1.5%.

Key words: soy, Bar variety, plant growth regulators, synthesis, screening, alkylthionicotinonitriles, crop structure, crop addition, protein, oil content.