

УДК 632.95

UDC 632.95

06.00.00 Сельскохозяйственные науки

Agricultural sciences

**НОВЫЕ РЕГУЛЯТОРЫ РОСТА И  
АНТИДОТЫ ДЛЯ ЭКОЛОГИЗИРОВАННОЙ  
ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ**

**NEW GROWTH REGULATORS AND  
ANTIDOTES FOR ENVIRONMENT-FRIENDLY  
PLANT PROTECTION**

Дядюченко Людмила Всеволодовна  
к.х.н., доцент  
РИНЦ SPIN-код 1135-3336  
[ludm.dyadiuchenko@yandex.ru](mailto:ludm.dyadiuchenko@yandex.ru)

Dyadyuchenko Lyudmila Vsevolodovna  
Cand. Chem. Sci, associate professor  
SPIN-code 1135-3336  
[ludm.dyadiuchenko@yandex.ru](mailto:ludm.dyadiuchenko@yandex.ru)

Назаренко Дарья Юрьевна  
РИНЦ SPIN-код 8278-0942  
[danazarenko@yandex.ru](mailto:danazarenko@yandex.ru)

Nazarenko Daria Yurievna  
SPIN- code 8278-0942  
[danazarenko@yandex.ru](mailto:danazarenko@yandex.ru)

Балахов Азамат Альфредович  
аспирант  
[azamatbalakhov@yandex.ru](mailto:azamatbalakhov@yandex.ru)  
*Всероссийский научно-исследовательский  
институт биологической защиты растений,  
Краснодар, Россия*

Balakhov Azamat Alfredovich  
postgraduate  
[azamatbalakhov@yandex.ru](mailto:azamatbalakhov@yandex.ru)  
*All-Russian Research Institute of Biological Plant  
Protection, Krasnodar, Russia.*

Дмитриева Ирина Геннадиевна  
к.х.н., доцент  
РИНЦ SPIN-код 6882-9695  
[irina.bona.mente@gmail.com](mailto:irina.bona.mente@gmail.com)  
*Кубанский государственный аграрный  
университет им. И.Т. Трубилина, Краснодар,  
Россия*

Dmitrieva Irina Gennadievna  
Cand. Chem. Sci, associate professor  
SPIN-code 6882-9695  
[irina.bona.mente@gmail.com](mailto:irina.bona.mente@gmail.com)  
*Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia*

С целью поиска новых перспективных регуляторов роста растений и антидотов нами синтезирована серия N-замещённых нафталин-2-сульфониламидов. Синтезированные соединения изучены в качестве потенциальных рострегуляторов экономически значимых культур – озимой пшеницы, сахарной свеклы, подсолнечника, сои, а также гербицидных антидотов для вегетирующих растений подсолнечника. Найдены вещества с высоким ростстимулирующим и антидотным эффектом

Searching for new promising plant growth regulators and antidotes, we have synthesized a series of N-substituted naphthalene-2-sulfonylamides. Synthesized compounds have been studied as potential growth regulators of economically significant crops - winter wheat, sugar beet, sunflower, soybean, and herbicide antidotes for sunflower growing plants. The substances with high growth stimulating and antidote effect were found

Ключевые слова: РЕГУЛЯТОРЫ РОСТА, СУЛЬФОНИЛАМИДЫ, ОЗИМАЯ ПШЕНИЦА, САХАРНАЯ СВЕКЛА, ПОДСОЛНЕЧНИК, СОЯ, ГЕРБИЦИДНЫЕ АНТИДОТЫ, УРОЖАЙНОСТЬ

Keywords: GROWTH REGULATORS, SULFONYLAMIDES, WINTER WHEAT, SUGAR BEET, SUNFLOWER, SOYBEAN, HERBICIDE ANTIDOTES, CROP QUALITY

**Doi: 10.21515/1990-4665-133-037**

Современное возделывание сельскохозяйственных культур невозможно без применения средств защиты растений. Регуляторы роста находят всё большее применение в современных технологиях производства продукции растениеводства. К ним относятся природные и синтетические органические соединения, которые в малых дозах активно

вливают на обмен веществ растений, вызывая стимуляцию или подавление их роста и морфогенеза. Применение физиологически активных веществ для регуляции роста и развития растений обусловлено широким спектром их действия на растения, возможностью направленно регулировать отдельные этапы развития с целью мобилизации потенциальных возможностей растительного организма, а, следовательно, для повышения урожайности и качества выращиваемой продукции [1,2].

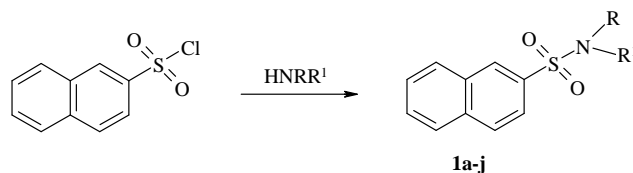
Другим важным направлением увеличения урожайности сельскохозяйственных культур является снижение токсичности гербицидов. Для нивелирования токсического действия гербицидов на культурные растения активно используются препараты, стимулирующие их адаптивные возможности – индукторы устойчивости (антидоты). В настоящее время защита от почвенных гербицидов достаточно надежно обеспечена набором коммерческих антидотов, однако защита *вегетирующих растений* при поражении их гербицидами является весьма сложной и вопрос этот совершенно не решен [3].

Следует отметить, что в настоящее время среди существующих на рынке средств защиты растений доля отечественных препаратов, к сожалению, весьма мала. Следовательно, среди важнейших задач, стоящих перед современными агрономическими, химическими и экологическими науками приоритетными являются разработка простых и технологичных методов синтеза новых, экологически безопасных органических соединений с целью расширения ассортимента химических средств защиты растений, в частности, регуляторов роста и антидотов.

Целью нашей работы являлся поиск новых перспективных регуляторов роста растений и антидотов в ряду N-замещённых нафталин-2-сульфонамидов. Органические сульфонамиды - важный класс химических соединений, представители которого обладают многочисленными полезными свойствами в разных сферах деятельности

человека, в том числе и в сельском хозяйстве. В их числе обнаружены многочисленные лекарственные препараты [4-5], а также средства защиты растений [6-8].

С целью поиска БАВ нами синтезирован ряд новых N-замещённых нафталин-2-сульфонамидов **1a-j**:



Где **1a** R = этил, R<sup>1</sup> = бензил; **1b** R = метил, R<sup>1</sup> = бензил; **1c** R = метил, R<sup>1</sup> = циклогексил; **1d** R = H, R<sup>1</sup> = 4-метоксибензил; **1e** R = H, R<sup>1</sup> = 2,5-диметоксифенил; **1f** R, R<sup>1</sup> = 2-метил-пиперидил; **1g** R = H, R<sup>1</sup> = циклопропил; **1h** R = H, R<sup>1</sup> = 2-хлорбензил; **1i** R = H, R<sup>1</sup> = тетрагидрофурил-2; **1j** R = аллил, R<sup>1</sup> = циклогексил.

Синтезированные соединения изучены нами в качестве потенциальных рострегуляторов наиболее экономически значимых культур для нашего региона – озимой пшеницы, сахарной свеклы, подсолнечника, сои, а также гербицидных антидотов для вегетирующих растений подсолнечника. Подсолнечник является чрезвычайно чувствительной культурой к гербицидам группы 2,4-Д, и, в случаях непреднамеренного попадания гербицида на его посевы, потери могут составлять, в зависимости от дозы, до 100 % [9].

Синтез соединений **1a-h** осуществляли взаимодействием нафталин-2-сульфонилхлорида с алифатическими и ароматическими аминами. Выход целевых продуктов составил 64 - 85 %. Для всех синтезированных соединений определены физико-химические константы (T<sub>пл.</sub>, T<sub>кип.</sub>), их структура подтверждена элементным анализом, а также методами ЯМР <sup>1</sup>H-спектроскопии и масс-спектрометрии. Индивидуальность соединений установлена с помощью тонкослойной хроматографии.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

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.

Вещества, отобранные по результатам лабораторного опыта, исследовали в полевых условиях. В опытах на озимой пшенице сорта Калым вегетирующие растения обрабатывали водным раствором испытуемого соединения дважды: в фазу кущения (доза 40 г/га) и в фазу флагового листа (доза 40 г/га). Контроль – растения без обработки, в качестве эталона сравнения был взят препарат Альбит в дозе 40 +40 г/га. Опрыскивание проводили с помощью опрыскивателя ОЭМП-16. Площадь опытной делянки 50 м<sup>2</sup>, повторность 4-х кратная, размещение делянок последовательное. Уборку урожая пшеницы осуществляли в период полного созревания зерна. В период вегетации от кущения до уборки урожая проводили фенологические наблюдения и учеты с целью определения влияния новых регуляторов роста на формирование основных элементов структуры урожая и продуктивность озимой пшеницы.

В опытах на растениях сои сорта Селекта обработку проводили водным раствором синтезированных соединений дважды: в фазу 6-7 листьев (доза 40 г/га) и в фазу бутонизации (доза 40 г/га). Эталон сравнения - Карвитол, ВР применяли в рекомендованном для сои количестве 200 мл/га в те же фазы. Площадь опытной делянки 50 м<sup>2</sup>, повторность 4-х кратная, размещение делянок последовательное. Уборку урожая осуществляли в период полного созревания бобов с помощью малогабаритного комбайна Хеге-125. В период от первой обработкой до уборки урожая на опытном участке проводили наблюдения и учеты по основным фазам роста и развития растений сои. Перед уборкой урожая

отбирали модельные снопы для последующей оценки влияния препаратов на формирование основных элементов структуры урожая.

В опытах на растениях подсолнечника сорта ВНИИМК-8883 водные растворы соединений в дозе 40 г/га наносили с помощью опрыскивателя ОЭМП-16 в фазу 2-3 листьев. Раствор гумата натрия (эталон сравнения) использовали в ту же фазу в дозе 250 мл/га. Площадь опытной делянки – 50 м<sup>2</sup>, повторность опытов пятикратная.

В опытах на сахарной свекле использовали сорт Дружба - МС 34. Обработку посевов проводили дважды: в фазу 6-8 листьев и при смыкании в рядах. В экспериментах препараты изучались в двух дозах – 10 и 20 г/га. Площадь опытной делянки 50 м<sup>2</sup>, повторность 4-х кратная, размещение делянок рендомизированное. Для изучения элементов механизма рострегулирующего действия соединений, определяли содержание пигментов в листьях растений, биометрические показатели надземной части и корнеплодов, урожайность и сахаристость.

Рострегулирующую активность исследуемых соединений определяли по увеличению урожая растений, обработанных рострегулятором, в сравнении с контролем (необработанные растения). Статистическую обработку результатов проводили по общепринятой методике [10] с применением компьютерной программы Statistica 12.6.

Качественные показатели зерна определяли на инфракрасном спектрофотометре «Инфрапид 61» (Labor MIM, Венгрия). Аналитическая повторность 3-х кратная.

Для изучения антидотной активности использовали оригинальную методику, разработанную во ВНИИБЗР. В полевых условиях растения подсолнечника в наиболее чувствительной фазе (10-16 листьев) обрабатывали 2,4-Д в дозах, обеспечивающих 40-60 % снижение его урожайности. Через сутки после воздействия гербицидом на растения наносили антидоты в дозе 30 г/га. Площадь опытной делянки 50 м<sup>2</sup>,

повторность пятикратная. Антидотную активность оценивали по увеличению урожая семян подсолнечника в варианте гербицид + антидот в сравнении с гербицидным эталоном.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам лабораторного опыта были отобраны соединения **1a** и **1b**, которые изучали в полевых условиях на экспериментальном поле ФГБНУ ВНИИБЗР. В полевых экспериментах оба соединения **1a** и **1b** проявили свойства регуляторов роста. Данные таблицы 1, свидетельствуют, что их применение на растениях озимой пшеницы обеспечивало существенное и достоверное повышение урожая зерна по сравнению с контролем. Соединение **1a** увеличивало урожай озимой пшеницы на 5,5 ц/га, а соединение **1b** на 4,7 ц/га, что составляет 9,6 % и 8,2 % соответственно по отношению к контролю [11].

Влияние регуляторов роста на структуру урожая озимой пшеницы выразилось в положительном воздействии на продуктивность кущения и густоту продуктивного стеблестоя по сравнению с контрольным вариантом. По озернённости колоса и массе зерна показатели были близкими между опытными вариантами и контролем. Показатели качества зерна (содержание белка, клейковины) в опытных вариантах были несколько выше, чем в контроле.

Испытания, проведенные на растениях сои, позволили установить, что положительное влияние новых соединений сказалось на формировании основных элементов структуры урожая: продуктивном ветвлении, количестве бобов, количестве и массе зерен, которые были достоверно выше, чем в контроле. Перечисленные факторы обеспечили существенное увеличение урожайности культуры (таблица 1), прибавка урожая составила 12,5 –16,3 % к контролю, при этом содержание белка в зерне идентично контрольному варианту [12].

Таблица 1. Рострегулирующая активность соединений **1a** и **1b** на озимой пшенице сорта Калым и сое сорта Селекта

Шифр соединения, норма расхода г/га (мл/га)	Урожай- ность зерна, ц/га	Прибавка к контролю		Содержание в зерне, %	
		ц/га	%	белка	клей- ковины
опыты на озимой пшенице					
Контроль	57,2	-	-	16,0	34,7
<b>1a</b> 40 + 40	62,7	5,5	9,6	16,9	35,8
<b>1b</b> 40 + 40	61,9	4,7	8,2	16,6	35,4
<u>Альбит</u> 40 + 40	61,5	4,3	7,5	15,8	34,6
опыты на сое					
<u>Контроль</u>	32,0	-	-	41,6	-
<b>1a</b> 40 + 40	36,0	4,0	12,5	41,4	-
<b>1b</b> 40 + 40	37,2	5,2	16,3	41,3	-
Карвитол, ВР 200 + 200	35,1	3,1	9,7	41,0	-
НСР <sub>05</sub>	1,2	-	-	-	-

Опыты на растениях подсолнечника позволили установить, что применение новых соединений способствовало увеличению высоты растений, диаметра шляпки, количества и массы зерен. Как следует из таблицы 2, обработка подсолнечника веществами **1a** и **1b** обеспечила прибавку урожая на 19,3 и 15,3 ц/га, что составляет 19,3 и 15,5 % соответственно [11].

Таблица 2. Рострегулирующая активность соединений **1a** и **1b** на подсолнечнике сорта ВНИИМК-8883

Шифр соединения, норма расхода г/га (мл/га)	Урожайность, ц/га	Прибавка к контролю	
		ц/га	%
Контроль	30,1	-	-
<b>1a</b> , 40 г/га	35,9	5,8	19,3
<b>1b</b> , 40 г/га	34,7	4,6	15,3
Бигус, ВР 250 мл/га	32,2	2,1	10,7
НСР <sub>05</sub>	2,4	-	-

В опытах на сахарной свекле испытуемые соединения оказали существенное влияние на развитие надземных органов растений. Их применение вызвало увеличение высоты растений, количества и площади листьев в сравнении с контрольным вариантом. Биомасса надземных органов от применения испытуемых соединений увеличилась на 0,92-20,58 г, сухого вещества на 0,77-7,04 г. Следует отметить, что использование соединения **1a** в дозе 10 г/га оказалась более эффективным, так как в этом варианте были отмечены самые высокие значения по всем показателям.

Таблица 3. Рострегулирующая активность соединений **1a** и **1b** на сахарной свёкле сорта Дружба МС-34

Шифр соединения	Доза, г/га, (мл/га)	Урожайность корнеплодов, т/га	Прибавка к контролю, т/га	Сахаристость, %	Сбор сахара, т/га
Контроль	-	43,9	-	17,2	7,5
<b>1a</b>	10 + 10	50,4	6,5	18,0	9,0
	20 + 20	48,8	4,9	17,8	8,6
<b>1b</b>	10 + 10	51,2	7,3	17,4	8,9
	20 + 20	45,4	1,5	17,2	7,8
Бигус, ВР (эталон)	250 + 250	47,2	3,3	17,4	7,9

НСР<sub>05</sub> = 2,6



Что касается урожайности, то оба соединения в обеих дозах обеспечили прибавку урожая сахарной свёклы на уровне 11,2-16,6 % по отношению к контролю, что составляет 4,9-7,3 т/га [13]. В то же время оба препарата существенно увеличивали сахаристость корнеплодов (табл. 2).

В опытах по изучению антидотной активности нами установлено, что применение соединения **1a** уменьшает негативное воздействие 2,4-Д для подсолнечника на 45-47 %, обеспечивая прибавку урожая в сравнении с гербицидным эталоном 5,0 ц/га; соединение **1b** проявляет антидотный эффект на уровне 39-41 %, величина сохраненного урожая при этом составляет 4,2-4,5 ц/га [14].

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, применение новых синтезированных соединений обеспечило существенное и достоверное повышение урожая зерна озимой пшеницы, подсолнечника, сои и сахарной свеклы по сравнению с контролем, а также высокий защитный эффект растений подсолнечника от фитотоксикантов группы 2,4-Д. Работа защищена 4 патентами РФ.

Мы полагаем, что синтезированные нами соединения при соответствующей технологической и токсикологической доработке могут найти применение в качестве регуляторов роста и антидотов, тем самым расширить спектр отечественных средств защиты растений.

### Литература

1. Шаповал О.А. Регуляторы роста растений / В.В. Захарычев, В.В. Вакуленко, Л.Д. Прусакова // Защита и карантин растений. 2008. № 12. с. 54-68.
2. Вакуленко В.В. Регуляторы роста растений в сельскохозяйственном производстве / в.В. Вакуленко, О.А. Шаповал // Плодородие. 2001. №2. с. 27–29.
3. Спиридонов Ю.Я. Антидоты гербицидов / Ю.Я. Спиридонов, П.С. Хохлов, В.Г. Шестаков // Агротехника. 2009. № 5. с.81-91.
4. Hruska K. Sulfonamides in the environment: a review and a case report / K. Hruska, M. Franek // Veterinarni Medicina. 2012. № 1. p. 1-35.
5. Dyadyuchenko L.V. Synthesis of several substituted pyridine-3-sulfonyl chlorides, -sulfonic acids and sulfonyl amides / L.V. Dyadyuchenko, I. G. Dmitrieva, D. Yu. Nazarenko., V. D. Strelkov // Chemistry of Heterocyclic Compounds. 2014. № 9. p.1259-1269.
6. Dmitrieva I.G. 3- Cyano-4,6-dimethyl-5-R-pyridine-2-sulfonyl chlorides and N-substituted sulfonylamides based on them / I.G. Dmitrieva, L.V.Dyadyuchenko, V.D.

Strelkov, E.A. Kaigorodova // *Chemistry of Heterocyclic Compounds*. 2009. № 9. p. 1047-1054.

7. Заявка № 1-272566 (Яп.). Производное сульфонида и фунгицид на его основе для сельского хозяйства и садоводства. Хироси О, Юкико М, Сундзо С, Такуо В. Оpubл. 31.10.89.

8. Стрелков В.Д. Синтез новых гербицидных антидотов для подсолнечника / В.Д. Стрелков, Л.В. Дядюченко, И.Г. Дмитриева // Краснодар. 2014. 96 с.

9. Чкаников Д.И. Гербицидное действие 2,4-Д и других галоидфеноксикислот / Д.И. чкаников, М.С. Соколов // М.: Наука. 1973.

10. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований / Б.А. Доспехов. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Колос. 1979. 416 с.

11. Пат. РФ, № 2611418. Регуляторы роста растений. Дядюченко Л.В., Назаренко Д.Ю., Морозовский В.В. Надыкта В.Д., Ткач Л.Н. Оpubл. 22.02.2017 г. Бюлл. № 6.

12. Пат. РФ, № 2601816. Способ повышения урожайности сои. Дмитриева И.Г., Дядюченко Л.В., Назаренко Д.Ю. Голубева Н.В. Оpubл. 10.11.16. Бюлл. № 31.

13. Пат. РФ, № 26111174. Способ повышения урожайности сахарной свеклы. Назаренко Д.Ю., Дядюченко Л.В., Надыкта В.Д. Голубева Н.В., Балахов А.А. Оpubл. 13.02.17. Бюлл. № 2.

14. Пат. РФ, № 2430915. Антидоты гербицида 2,4-дихлорфеноксикислоты. Стрелков В.Д., Исакова Л.И., Дядюченко Л.В. и др. Оpubл. 10.10.11. Бюлл. № 28.

#### References

1. Shapoval O.A. Regulyatoryi rosta rasteniy / V.V. Zaharyichev, V.V. Vakulenko, L.D. Prusakova // *Zaschita i karantin rasteniy*. 2008. № 12. s. 54-68.

2. Vakulenko V.V. Regulyatoryi rosta rasteniy v selskohozyaystvennom proizvodstve / v.V. Vakulenko, O.A. Shapoval // *Plodorodie*. 2001. № 2. s. 27-29.

3. Spiridonov Yu.Ya. Antidotyi gerbitsidov / Yu.Ya. Spiridonov, P.S. Hohlov, V.G. Shestakov // *Agrohimiya*. 2009. № 5. s.81-91.

4. Hruska K. Sulfonamides in the environment: a review and a case report / K. Hruska, M. Franek // *Veterinari Medicina*. 2012. № 1. p. 1-35.

5. Dyadyuchenko L.V. Synthesis of several substituted pyridine-3-sulfonyl chlorides, -sulfonic acids and sulfonyl amides / L.V. Dyadyuchenko, I. G. Dmitrieva, D. Yu. Nazarenko., V. D. Strelkov // *Chemistry of Heterocyclic Compounds*. 2014. № 9. p.1259-1269.

6. . Dmitrieva I.G. 3- Cyano-4,6-dimethyl-5-R-pyridine-2-sulfonyl chlorides and N-substituted sulfonylamides based on them / I.G. Dmitrieva, L.V.Dyadyuchenko, V.D. Strelkov, E.A. Kaigorodova // *Chemistry of Heterocyclic Compounds*. 2009. № 9. p. 1047-1054.

7. Zayavka № 1-272566 (Яп.). Производное сульфонида и фунгицид на его основе для сельского хозяйства и садоводства. Хироси О, Юкико М, Сундзо С, Такуо В. Оpubл. 31.10.89.

8. Strelkov V.D. Sintez novyih gerbitsidnyih antidotov dlya podsolnechnika / V.D. Strelkov, L.V. Dyadyuchenko, I.G. Dmitrieva // Краснодар. 2014. 96 с.

9. Chkanikov D.I. Gerbitsidnoe deystvie 2,4-D i drugih galoidfenoksikislot / D.I. chkanikov, M.S. Sokolov // М.: Наука. 1973.

10. Dospheov B.A. Metodika polevogo opyta s osnovami statisticheskoy obrabotki rezultatov issledovaniy / B.A. Dospheov. 4-е изд., перераб. и доп. М: Колос/ 1979. 416 с.

11. Пат. РФ, № 2611418. Регуляторы роста растений. Dyadyuchenko L.V., Nazarenko D.Yu., Morozovskiy V.V. Nadyikta V.D., Tkach L.N. Оpubl. 22.02.2017 g. Byull. № 6.

12. Pat. RF, № 2601816. Sposob povyisheniya urozhaynosti soi. Dmitrieva I.G., Dyadyuchenko L.V., Nazarenko D.Yu. Golubeva N.V. Opubl. 10.11.16. Byull. № 31.

13. Pat. RF, № 26111174. Sposob povyisheniya urozhaynosti saharной sveklyi. Nazarenko D.Yu., Dyadyuchenko L.V., Nadyikta V.D. Golubeva N.V., Balahov A.A. Opubl. 13.02.17. Byull. № 2.

14. Pat. RF, № 2430915. Antidotyi gerbitsida 2,4-dihlorfenoksiuksusnoy kisloty. Strelkov V.D., Isakova L.I., Dyadyuchenko L.V. i dr. Opubl. 10.10.11. Byull. № 28.