

УДК 632.959

UDC 632.959

06.00.00 Сельскохозяйственные науки

Agricultural sciences

СКРИНИНГ НОВЫХ ИНДУКТОРОВ УСТОЙЧИВОСТИ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ В РЯДУ ЗАМЕЩЁННЫХ НАФТАЛИНСУЛЬФОНИЛАМИДОВ

SCREENING OF SUGARBEET NEW RESISTANCE INDUCTORS WITHIN THE RANGE OF NAPHTHALENESULFON-AMIDES DERIVATIVES

Дядюченко Людмила Всеволодовна
к.х.н., доцент
РИНЦ SPIN-код 1135-3336
ludm.dyadiuchenko@yandex.ru

Dyadyuchenko Lyudmila Vsevolodovna
Cand.Chem.Sci, associate professor
SPIN-code 1135-3336
ludm.dyadiuchenko@yandex.ru

Назаренко Дарья Юрьевна
РИНЦ SPIN-код 8278-0942
danazarenko@yandex.ru

Nazarenko Daria Yurievna
SPIN- code 8278-0942
danazarenko@yandex.ru

Ткач Лидия Никифоровна
Научный сотрудник
tkach.lid@yandex.ru
Всероссийский научно-исследовательский институт биологической защиты растений, Краснодар, Россия

Tkach Lidiya Nikiphorovna
research associate
tkach.lid@yandex.ru
All-Russian Research Institute of Biological Plant Protection, Krasnodar, Russia.

Тосунов Янис Константинович
к.х.н., доцент
tosunyanis@yandex.ru

Tosunov Yanis Konstantinovich
Cand.Agr.Sci, associate professor
tosunyanis@yandex.ru

Дмитриева Ирина Геннадиевна
к.х.н., доцент
РИНЦ SPIN-код 6882-9695
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
I.T. Trubilin Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

С целью разработки индукторов устойчивости для вегетирующих растений сахарной свеклы синтезирована группа новых химических соединений, относящихся к производным нафталинсульфониламидов. Изучено защитное действие синтезированных соединений по отношению к смеси гербицидов Бетанала, Лонтрела и Зелек Супер в полевых условиях. Исследовано их влияние на синтез фотосинтетических пигментов в листьях растений. Найдены вещества с высоким защитным эффектом

In order to find compounds that increase sugar beet resistance to the adverse effects of herbicides, a series of naphthalenesulfonamides derivatives have been synthesized. The protective effect of new compounds for the herbicide mixture Betanal, Lontrel and Super Zeleke was studied in field conditions. The effect of pyridylhydrazones on the synthesis of photosynthetic pigments in leaves was investigated. Substances with a high protective effect were found

Ключевые слова: ИНДУКТОРЫ УСТОЙЧИВОСТИ, НАФТАЛИНСУЛЬФОНИЛАМИДЫ, САХАРНАЯ СВЕКЛА, ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИЕ ПИГМЕНТЫ, БИОМЕТРИЯ РАСТЕНИЙ, КАЧЕСТВО УРОЖАЯ

Keywords: INDUCERS OF RESISTANCE, NAPHTHALENESULPHONAMIDES, SUGAR BEET, PHOTOSYNTETIC PIGMENTS, PLANT BIOMETRICS, CROP QUALITY

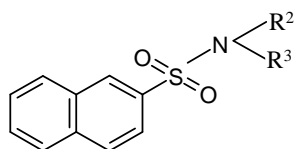
Doi: 10.21515/1990-4665-131-091

Использование гербицидов – практически обязательный элемент технологии возделывания основных сельскохозяйственных культур. Большинство гербицидов – физиологически активные вещества. Основой ши-

рокого применения химических средств в борьбе с сорными растениями является их избирательное токсичное действие по отношению к сорным растениям. Избирательность действия заключается в неодинаковой реакции разных растений на тот или иной гербицид или одного вида растений на различные гербициды. Попадая в растения, гербициды влияют на протекающие в них биохимические, ферментативные процессы, что в значительной степени определяется биологическими особенностями растения. Такую избирательность гербицидов называют биохимической [1]. Сущность действия гербицидов заключается в том, что они подавляют процессы фотосинтеза, дыхания, поступление питательных веществ, что вызывает нарушение синтеза свободных аминокислот. В связи с этим следует помнить, что такие действия при наличии благоприятных условий внешней среды могут сказываться и на культурном растении. Одним из способов снижения отрицательного действия гербицидов на культурные растения является применение индукторов устойчивости (иммуномодуляторов).

Сахарная свёкла относится к одной из основных экономически важных сельскохозяйственных культур. В технологии возделывания свеклы средства защиты применяются очень широко, при этом недобор сельскохозяйственной продукции от фитотоксичности гербицидов ежегодно составляет 15-20 %. [2]. Поэтому, одновременно с проблемой повышения биологической эффективности препаратов необходимо разрабатывать меры и средства, которые защищают культурные растения от нежелательных последствий их применения.

Задачей нашего исследования являлся синтез и биологический скрининг новых химических соединений – потенциальных индукторов устойчивости сахарной свёклы. Для этого был синтезирован ряд производных N-замещённых нафталин-2-сульфонамидов, общей формулы **I**:

**Ia-j**

где **Ia** R^2 = метил, R^3 = бензил; **Ib** R^2 = этил, R^3 = бензил; **Ic** R^2 = метил, R^3 = циклогексил; **Id** R^2 = H, R^3 = 4-метоксибензил; **Ie** R^2 = H, R^3 = 2,5-диметоксифенил; **If** R^2 , R^3 = 2-метилпиперидил; **Ig** R^2 = H, R^3 = циклопропил; **Ih** R^2 = H, R^3 = 2-хлорбензил; **Ii** R^2 = H, R^3 = тетрагидрофурил-2; **Ij** R^2 = аллил R^3 = циклогексил.

Ароматические сульфониламиды интересны в качестве биологически активных веществ, поскольку в их числе найдено множество соединений, обладающих как фармакологической, так и различными видами пестицидной активности [3-5].

Синтез N-замещённых нафталин-2-сульфониламидов осуществляли взаимодействием нафталин-2-сульфонилхлорида с алифатическими и ароматическими аминами при кипячении в среде безводного бензола. Выход целевых продуктов составил 57- 83 %. Для всех синтезированных соединений определены физико-химические константы ($T_{пл.}$, $T_{кип.}$), их структура подтверждена элементным анализом, а также методами ЯМР 1H -спектроскопии и масс-спектрометрии. Индивидуальность соединений установлена с помощью тонкослойной хроматографии.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Оценку иммуномодулирующей активности синтезированных соединений проводили на сахарной свекле гибрида F_1 Аллигатор.

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, пп. 10.3, 10.7. Повторность опыта четырёхкратная. В каждом варианте опыта семена сахарной свёклы обрабатывали 30 мл рабочего раствора препаратов. Затем семена выдерживали в течение 1 ч при 21-22 °С в отсутствии света. Обработанные семена (по 50

шт.) раскладывали в линию с интервалом 1-2 см на увлажненную по полной влагоемкости полосу фильтровальной бумаги, которую сворачивали в рулон. Рулоны устанавливали вертикально в химические стаканы и термостатировали при 22-25 °С. Через 10 суток опыт заканчивали и проводили биометрическую оценку растений. Данные учётов обрабатывали статистически (при уровне значимости $P = 0,95$).

Отобранные в лабораторном опыте соединения **Ia** и **Ib** изучали в условиях полевого опыта.

Опыт на сахарной свекле был заложен по схеме:

- Контроль – без обработки (ручная прополка);
- Эталон – обработка баковой смесью гербицидов;
- Смесь гербицидов + соед. **Ia** 20 г/га;
- Смесь гербицидов + соед. **Ia** 40 г/га;
- Смесь гербицидов + соед. **Ib** 20 г/га;
- Смесь гербицидов + соед. **Ib** 40 г/га;

Расход рабочего раствора 300 л/га;

В баковой смеси использовали гербициды, общепринятые в технологии выращивания сахарной свеклы: Бетанал 22 - селективный гербицид для послевсходового контроля однолетних двудольных сорняков; Лонтрел® 300 - послевсходовый гербицид для защиты от комплекса трудноискоренимых сорняков (осот, горчак ползучий и др.); Зелек Супер – селективный послевсходовый системный гербицид, предназначенный для борьбы с однолетними и многолетними злаковыми сорняками.

Обработку растений проводили в фазу 4-6 настоящих листьев сахарной свёклы, при обработке к баковой смеси гербицидов добавляли растворы исследуемых веществ **Ia** и **Ib**. Баковая смесь содержала следующие количества гербицидов: Зеллек - Супер, КЭ + Бетанал 22, КЭ + Лонтрел 300, ВР в дозе – 0,37 л/га + 0,7 л/га + 0,2 л/га (доза гербицидов снижена на 30% от рекомендованной).

Одним из механизмов действия гербицидов группы Бетанала, широко применяемых на посевах сахарной свёклы, является подавление фотосинтеза за счёт ингибирования транспорта электронов. При этом замедляется синтез важнейших аминокислот – предшественников белка. Содержание хлорофилла снижается на 9-12% [6]. В результате, растения приостанавливаются в росте, тормозятся физиолого-биохимические процессы, наблюдается, так называемая «гербицидная яма» - до 2-3 недель, что сильно сказывается на урожайности культуры.

Для изучения элементов иммуномодулирующего действия наших соединений **Ib** и **Ie**, определяли содержание пигментов в листьях растений, биометрические показатели надземной части и корнеплодов, урожайность и сахаристость.

Для определения содержания пигментов пробы отбирали на следующий день после обработки, затем через каждые 5 дней. Содержание фотосинтезирующих пигментов в листьях растений (хлорофилла а, хлорофилла b и каротиноидов) определяли на спектрофотометре Genesys 8 (Thermo Spectronic, Англия), в экстрактах 96 %-ным этанолом с последующим расчетом по формулам Лихтенталлера [7].

Биометрические показатели надземной части и корнеплодов определяли в фазу смыкания листьев в междурядьях и при уборке урожая, в том числе площадь ассимиляционной поверхности листьев по методике Н.И. Орловского [8], динамику накопления растениями сырой и абсолютно сухой биомассы по методике Глеванского [9].

Учет урожая осуществляли количественно-весовым методом, путем подсчета и взвешивания корнеплодов с учетных площадок. Содержание сахара в корнеплодах определяли по ГОСТу Р53036-2008. Статистическую обработку результатов исследований проводили по прописи Б. А. Доспехова [10]. О достоверности разницы между вариантами судили по критерию Стьюдента при уровне значимости $t 0,05$ и $НСР_{05}$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Данные, полученные в полевом опыте свидетельствуют, что оба изучаемые соединения **Ia** и **Ib** проявили защитный эффект от негативного воздействия гербицидов на высоком уровне (табл. 1). Применение на растениях испытуемых соединений оказало существенное влияние на развитие надземных органов растений. Под их влиянием увеличилась высота растений на 2,0-5,2 см, число листьев – 2,2-5,0 шт, площадь листьев – 0,69-14,17 дм² в сравнении с гербицидным эталоном. Увеличилась также биомасса и масса сухого вещества. Биомасса надземных органов от применения испытуемых соединений возросла на 8,76-32,16 г, сухого вещества на 5,48-8,01 г. Достоверно увеличились габариты корнеплодов и их масса (на 74,4 – 111,8 г).

Таблица 1. Биометрия сахарной свеклы в фазе смыкания листьев в междурядьях гибрида F₁ Аллигатор

Вариант	Высота надземной части растений, см	Число листьев, шт	Масса листьев, г	Сухая масса листьев, г	Масса листовых пластинок, г	Площадь листьев, дм ²	Корнеплод		
							Длина, см	Диаметр, см	Масса, г
Контроль	33,5	18,5	90,4	16,2	48,4	13,4	23,4	7,9	450,38
Эталон	33,1	18,0	88,04	15,01	46,63	12,17	22,2	7,5	420,63
Ia 20 г/га	38,3	23,0	120,20	23,02	60,80	15,88	28,2	8,5	495,11
Ia 40 г/га	36,2	22,3	118,14	22,76	58,64	15,32	26,3	8,0	515,46
Ib 20 г/га	35,1	20,2	106,00	22,98	56,00	14,62	27,6	7,7	532,42
Ib 40 г/га	38,0	20,2	96,80	20,49	49,60	12,96	22,8	7,6	505,00
НСР ₀₅	2,3	1,4	2,5	1,5	1,4	1,9	1,3	0,6	6,0

Применение на растениях сахарной свеклы испытуемых соединений **Ia** и **Ib** активизировало не только рост и развитие надземных органов, но и синтез фотосинтетических пигментов в листьях растений. Особенно наглядно это влияние сказалось на содержании хлорофилла *b*, которое в опытных вариантах было существенно выше, чем в контроле (рис. 1).

Как видно из данных графика, применение испытуемых соединений, усиливает процессы синтеза пигментов в листьях растений. На эталонном варианте было отмечено снижение содержания хлорофилла «а» на 5 сутки после обработки, что говорит о наступлении стрессового состояния растений.

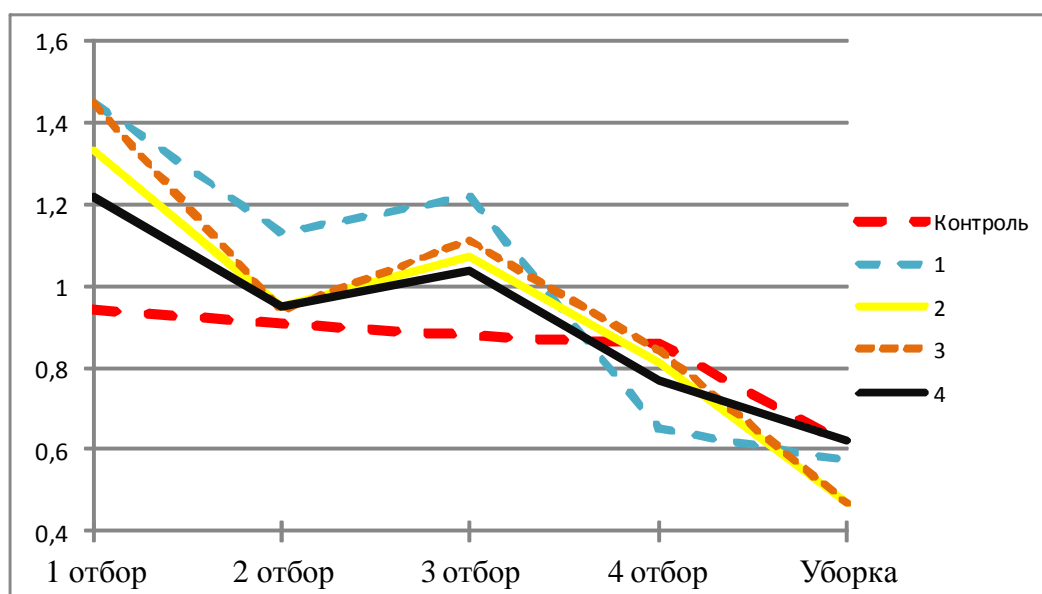


Рис. 1 Содержание хлорофилла b в листьях сахарной свеклы, мг/дм²
(1- соед. **Ia** 20 г/га; 2- соед. **Ia** 40 г/га; 3 - соед. **Ib**, 20 г/га; 4- соед. **Ib** 40 г/га).

П р и м е ч а н и е. Данные обрабатывали методом дисперсионного анализа при доверительном интервале 95 %.

В вариантах же с испытуемыми соединениями хлорофилл «b» был на уровне или выше контрольного варианта, что свидетельствует о повышении иммунитета растений в результате воздействия соединений **Ia** и **Ib**.

Что касается урожайности, то оба соединения **Ia** и **Ib** в обеих дозах обеспечили прибавку урожая сахарной свёклы на уровне 2,4 – 16,3 % по отношению к гербицидному контролю, что составляет 13,3 – 90,0 ц/га (табл. 2).

Следует отметить, что оба препарата существенно увеличивали сахаристость корнеплодов. Применение соединения **Ia** позволило повысить процентное содержание сахара по отношению к гербицидному эталону на

4,3 %, а выход сахара на 3,9 т/га. В результате применения препарата **Ив** эти показатели были несколько ниже, прибавка составила 1,8 – 2,8 т/га.

Таблица 2. Урожайность сахарной свеклы гибрида F₁ Аллигатор

Вариант	Урожайность ц/га	Прибавка к контролю		Корнеплод			Содержание сахара, %	Выход сахара, т/га
		ц/га	%	Длина, см	Диаметр, см	Масса, г		
Контроль	564,8	-	-	26,3	9,3	635,41	15,0	8,5
Эталон	551,5	-12,5	-2,2	25,7	9,2	620,44	13,2	7,3
Иа 20 г/га	626,3	74,8	13,5	30,4	10,2	704,65	17,5	10,9
Иа 40 г/га	641,5	90,0	16,3	29,8	9,7	721,69	17,4	11,2
Ив 20 г/га	564,8	13,3	2,4	26,3	9,3	635,41	15,0	8,5
Ив 40 г/га	581,9	30,4	5,5	26,8	9,4	654,69	16,0	9,3
НСР ₀₅	9,3						0,5	

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, использование синтезированных соединений на вегетирующих растениях сахарной свеклы позволяет повысить стрессустойчивость культуры к негативному воздействию гербицидов. Величина сохраненного урожая при этом составляет 13,3 -90 ц/га или 2,4 – 16, 3 %. Авторы считают целесообразным дальнейшую разработку этих препаратов с целью подтверждения их эффективности и более детального изучения их биологического действия.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 16-44-230459 р_а и администрации Краснодарского Края.

Литература

1. Куликова Н.А., Лебедева Г.Ф. Гербициды и экологические аспекты их применения // М: МГУ им. Ломоносова. 2010. 150 с.
2. Захаренко В.А. Экономическая эффективность химической защиты растений в условиях реформируемой экономики России / В.А. Захаренко // Агрехимия. - 1998. - № 10. - С. 74-82.
3. Л.В. Дядюченко. Синтез некоторых замещённых пиридин-3 сульфохлоридов, -сульфо кислот и -сульфониламидов / Дядюченко Л.В., Дмитриева И.Г., Назаренко Д.Ю., Стрелков В.Д. // Химия гетероцикл. соед. – 2014.- № 9.- С.1366-1377.
4. И.Г. Дмитриева И.Г. Химические аспекты разработки новых регуляторов роста и гербицидных антидотов для сельскохозяйственных растений / Дмитриева И.Г., Дя-

ддюченко Л.В., Доценко С.П., Заводнов В.С. // Труды Кубанского государственного аграрного университета. - 2015. - № 5. - С. 99-103.

5. Стрелков В.Д.. Синтез и скрининг гербицидных антидотов на подсолнечнике / В.Д. Стрелков, Л.В. Дядюченко, И.Г. Дмитриева, Л.И. Исакова // Международная научно-практическая конф. «Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем», г. Краснодар, 2010, с. 503-516.

6. Дворянкин Е.А. Действие гербицидов группы Бетанала на фотосинтез сахарной свеклы / Е. А. Дворянкин, А. Е. Дворянкин // Сахарная свекла: научно - практический журнал. 2011. № 4. с. 33-37.

7. Lichtentaller H.K., Wellburn A.R. Determinations of total extracts in different solvents / H.K.,Lichtentaller, A.R. Wellburn // Biochem. Soc. Transactions. 1983. Vol. 11. № 5. p. 591-592.

8. Орловский Н.И. Основы биологии сахарной свеклы / Н.И. Орловский // Киев: Госсельхозиздат УССР. 1961. 302 с.

9. Глеванский И. В. Свекловодство / И. В. Глеванский, В. Ф. Зубенко, А. С. Мельниченко. К. 1989. 207 с.

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

References

1. .Kulikova N.A., Lebedeva G.F. Gerbitsidyi i ekologicheskie aspektyi ih primeneniya // M: MGU im. Lomonosova. 2010. 150 s.

2. Zaharenko V.A. Jekonomicheskaja jeffektivnost' himicheskoy zashhity rasteniy v uslovijah reformiruemoj jekonomiki Rossii / V.A. Zaharenko // Agrohimiya. 1998. № 10. s. 74-82.

3. L.V. Dyadyuchenko. Sintez nekotoryih zameschYonnyih piridin-3 sulfohloridov, - sulfokislot i –sulfonilamidov / Dyadyuchenko L.V., Dmitrieva I.G., Nazarenko D.Yu., Strelkov V.D. // Himiya geterotsikl. soed. – 2014.- № 9.- S.1366-1377.

4. I.G. Dmitrieva I.G. Himicheskie aspektyi razrabotki novyih reguljatorov rosta i gerbitsidnyih antidotov dlya selskohozyaystvennyih rasteniy / Dmitrieva I.G., Dyadyuchenko L.V., Dotsenko S.P., Zavodnov V.S. // Trudyi Kubanskogo gosudarstvennogo ag-rarnogo universiteta. - 2015. - № 5. - S. 99-103.

5. Strelkov V.D.. Sintez i skrinin g erbidsidnyih antidotov na podsolnechnike / V.D. Strelkov, L.V. Dyadyuchenko, I.G. Dmitrieva, L.I. Isakova // Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konf. «Biologicheskaya zaschita rasteniy – osnova stabilizatsii agroekosistem», g. Krasnodar, 2010, s. 503-516.

6. Dvorjankin E.A. Dejstvie gerbizidov gruppy Betanala na fotosintez saharnoj svekly / E.A. Dvorjankin, A.E. Dvorjankin // Saharnaja svekla: nauchno- prakticheskij zhurnal. 2011. № 8. s. 33-37.

7. Lichtentaller H.K., Wellburn A.R. Determinations of total extracts in different solvents / H.K.,Lichtentaller, A.R. Wellburn // Biochem. Soc. Transactions. 1983. Vol. 11. № 5. s. 591-592.

8. Orlovskiy N.I. Osnovy biologii saharnoj svekly // N.I. Orlovskiy // Kiev: Gosselhozizdat USSR. 1961. 302 s.

9. Glevanskiy I.V. Sveklovodstvo / I.V. Glevanskiy, V.F. Zubenko, A.S. Melnichenko. K. 1989. 207 s.

10. Dospheov B.A. Metodika polevogo opyta s osnovami statisticheskoy obrabotki rezultatov issledovaniy / B.A. Dospheov. 4-e izd. dop. M: Kolos/ 1979. 416 s.