

УДК 631.811.98:631.559:633.11“324”

ВЛИЯНИЕ НОВОГО РЕГУЛЯТОРА РОСТА РАСТЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ¹

© 2021 г. Л. В. Дядюченко^{1,*}, В. В. Тараненко¹, В. С. Муравьев¹

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

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

Поступила в редакцию 19.05.2021 г.

После доработки 07.06.2021 г.

Принята к публикации 12.07.2021 г.

Целью работы был поиск новых действующих веществ, которые могут послужить основой создания рострегуляторов озимой пшеницы. Для скрининга была синтезирована группа новых производных пиразоло[3,4-*b*]пиридинов, в числе которых выявлено вещество, проявлявшее в условиях лабораторного опыта существенное ростстимулирующее действие. Отобранное соединение было изучено в полевых мелкоделяночных опытах на растениях озимой пшеницы сортов Гром и Безостая-100 в период с 2017 по 2020 г. Опыты проводили на экспериментальном поле ФНЦБЗР, г. Краснодар (центральная зона Краснодарского края). Вегетирующие растения озимой пшеницы обрабатывали водным раствором регулятора роста дважды: в фазе кушения и фазе флагового листа при норме применения 30 г/га. Использование рострегулятора позволило увеличить урожайность культуры на 7.9–12.1%, при этом содержание сырого белка в зерне превосходило уровень контроля. Отмечено также положительное влияние изученного соединения на рост и развитие органов, формирующих структуру урожая, и фотосинтетическую деятельность растений.

Ключевые слова: регулятор роста растений, продуктивность, озимая пшеница.

DOI: 10.31857/S0002188121100070

ВВЕДЕНИЕ

Самым популярным злаком на Земле была и остается пшеница, ее яровые и озимые сорта. Озимая пшеница отличается высокой продовольственной ценностью, великолепными вкусовыми качествами и содержит большое количество веществ, необходимых для полноценного функционирования человеческого организма: белки, крахмал, жиры, зольные вещества, витамины группы В, РР, Е, провитамины – каротин и эргостерин.

В структуре посевных площадей РФ наибольшую долю среди зерновых культур занимает пшеница (озимая и яровая) ~37% всех площадей, она является стратегической культурой. В Краснодарском крае, одном из основных производителей зерна озимой пшеницы в нашей стране, в 2021 г. под посевами этой культуры занято ~1.6 млн га. В связи с этим повышение урожайности и качества зерна имеет важное значение в увеличении его производства. В мировой практике

сельского хозяйства для формирования высокого урожая применяют регуляторы роста растений (*PPP*) [1, 2]. Рострегуляторы воздействуют на интенсивность и направленность процессов жизнедеятельности растений, позволяют им более эффективно использовать все, что запланировано генотипом растений, но в силу ряда причин осталось нереализованным. *PPP* дают возможность повышать урожай культур, улучшать качество, условия уборки и хранения продукции. За рубежом регуляторы роста разрабатывают и используют широко [3–5], но в России говорить об их широком применении еще рано.

Цель работы – скрининг регуляторов роста озимой пшеницы в ряду производных пиразолопиридинов. Ранее в числе производных азотсодержащих гетероциклов были найдены соединения с рострегулирующей [6], антидотной активностью по отношению к гербицидам гормонального типа действия [7, 8], а также с иммуномодулирующим действием на растения [9].

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

Таблица 1. Влияние регулятора роста (соединения **Ie**) на урожайность и качество зерна озимой пшеницы при норме расхода 30 г/га (2017–2020 гг.)

Шифр соединения, норма применения, г/га	Урожайность зерна	Прибавка к контролю		Белок	Клейковина
	ц/га			%	
2017 г., сорт Гром					
Соединение Ie	56.9	4.2	7.9	13.8	28.0
Ретацел	55.4	2.7	5.1	13.4	27.4
Контроль	52.7	–	–	12.6	26.4
<i>HCP</i> ₀₅	2.0	0.9	–	0.3	0.9
2018 г., сорт Гром					
Соединение Ie	62.1	6.6	12.0	13.9	28.0
Ретацел	61.2	5.7	10.3	13.6	27.2
Контроль	55.5	–	–	13.0	26.1
<i>HCP</i> ₀₅	2.7	0.8	–	0.5	1.0
2019 г., сорт Гром					
Соединение Ie	58.3	6.4	12.4	13.6	27.0
Ретацел	57.0	5.1	9.8	13.0	26.7
Контроль	51.9	–	–	12.3	25.7
<i>HCP</i> ₀₅	1.2	0.6	–	0.3	0.9
2020 г., сорт Безостая-100					
Соединение Ie	44.4	5.2	13.2	15.7	33.3
Ретацел	41.3	2.1	5.4	15.5	31.7
Контроль	39.2	–	–	14.3	29.7
<i>HCP</i> ₀₅	1.7	0.8	–	0.2	1.2

В 2017–2019 гг. отобранное вещество **Ie** изучали в полевых условиях на растениях озимой пшеницы сорта Гром. Полученные данные урожайности и качества зерна представлены в табл. 1. Урожайность культуры по годам несколько отличалась из-за неодинаковых погодных условий, но применение регулятора роста обеспечило стабильную и существенную прибавку урожая относительно контроля, которая одновременно превосходила таковую в вариантах с использованием эталона Ретацел. Средняя прибавка урожая от применения рострегулятора за трехлетний период составила 10.8%. Положительное влияние изученное соединение **Ie** оказало и на качество зерна. Например, содержание белка в зерне увеличилось на 0.9–1.3% в сравнении с контрольным вариантом, содержание клейковины – на 1.3–1.9%.

В 2020 г. полевые эксперименты проводили с растениями сорта Безостая-100. Вследствие неблагоприятных погодных условий (засухи) урожай культуры был меньше среднего. Однако обработка регулятором роста, очевидно, позволила растениям адаптироваться к стрессовой ситуации и увеличить урожайность на 5.2 ц/га, что составило 13.2% к контролю.

В эксперименте установлено, что применение соединения **Ie** в качестве регулятора роста увеличивало количество продуктивных стеблей в среднем на 5–7% относительно контроля, высота растений превышала на 3–6 см контрольный вариант. Длина колоса увеличилась на 6.1%, количество колосков в колосе – на 6.9%, количество зерен в колосе – на 7.8% (средние показатели за период испытаний). Масса зерна в колосе и масса 1000 зерен превышала также контрольный вариант (табл. 2).

В последние годы появляется все больше работ, свидетельствующих о важной роли фотосинтетических пигментов, в частности хлорофилла *b*, в регуляции развития растений [15]. Хлорофилл *b* важен не только для фотосинтетической функции, но его недостаток вызывает снижение скорости роста и уменьшение размера листьев и биомассы растений, задержку цветения и преждевременный запуск программ онтогенетического и индуцированного старения [15].

Динамика изменения общего содержания пигментов в листьях озимой пшеницы отображена на рис. 1. Показано, что в растениях, обработанных соединением **Ie**, содержание пигментов на протяжении всего периода вегетации было больше, чем

Таблица 2. Влияние регулятора роста (соединения **Ie**) на структуру урожая озимой пшеницы (2017–2020 гг.)

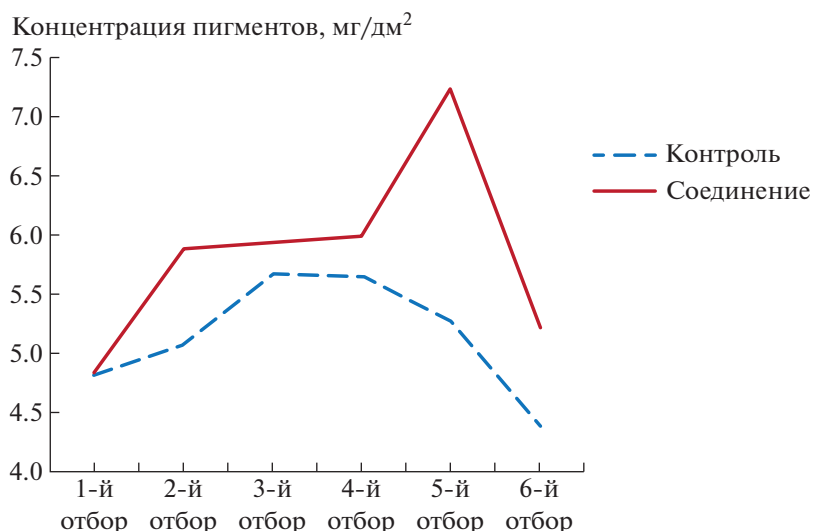
Вариант (доза, г/га)	Длина колоса, мм	Количество колосков в колосе, шт.	Количество зерен в колосе, шт.	Масса зерна в колосе, г	Масса 1000 семян, г
2017 г., сорт Гром					
Соединение Ie	96.6	26.1	37.5	1.70	42.0
Контроль	92.5	24.0	36.6	1.50	40.1
<i>HCP</i> ₀₅	2.9	1.5	0.7	0.2	1.6
2018 г., сорт Гром					
Соединение Ie	99.7	28.5	43.5	2.18	43.2
Контроль	96.2	27.0	41.8	2.10	39.8
<i>HCP</i> ₀₅	0.4	1.1	1.2	0.1	2.4
2019 г., сорт Гром					
Соединение Ie	83.4	24.5	36.0	1.74	44.0
Контроль	74.0	23.0	32.1	1.45	40.7
<i>HCP</i> ₀₅	4.2	2.1	2.2	0.1	2.4
2020 г., сорт Безостая-100					
Соединение Ie	74.4	23.7	37.1	1.2	36.8
Контроль	71.4	22.2	32.6	1.1	34.2
<i>HCP</i> ₀₅	2.6	0.2	2.4	0.1	2.0

в контрольном варианте. Таким образом, усиление фотосинтетического потенциала растений при использовании регулятора роста внесло свой вклад в увеличение продуктивности культуры.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в результате скрининга новых регуляторов роста озимой пшеницы в ряду синтезированных производных пиразоло[3,4-*b*]пиридинов выявлено соединение (**Ie**), обладающее вы-

соким рострегулирующим эффектом. Четырехрехлетние испытания **Ie** на растениях озимой пшеницы сортов Гром и Безостая-100 в условиях полевого мелкоделяночного опыта позволили установить, что при двукратном применении регулятора роста при норме применения 30 г/га в фазе кущения и фазе флагового листа существенно и достоверно увеличивалась урожайность культуры. Повышение урожайности было следствием положительного влияния регулятора роста на развитие органов, формирующих структуру

**Рис. 1.** Содержание фотосинтетических пигментов в листьях вегетирующих растений озимой пшеницы, мг/дм² (2019 г.).

урожая. Под воздействием регулятора роста улучшалось также качество урожая – содержание сырого белка и клейковины в зерне озимой пшеницы обоих сортов превосходило таковое в зерне контрольного варианта (без обработки).

Таким образом, синтезированное соединение **1e** перспективно в качестве действующего вещества для нового отечественного регулятора роста озимой пшеницы. Целесообразно также дальнейшее его изучение на других сортах пшеницы кубанской селекции и на более масштабных площадях. Планируется также проведение исследований на других культурах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Nickell L.G. Plant Growth Regulating Chemicals. CRC Press, 2018. 266 p.
2. Захарычев В.В. Гербициды и регуляторы роста растений. М.: РХТУ им. Менделеева, 2007. 204 с.
3. Isaichev V.A., Andreyev N.N., Toigildin A.L., Podsevalov M.I., Toigildina I.A. Influence of growth regulators and macroelements on dynamic pattern of nitrogen and protein content in wheat grain // Res. J. Pharmaceut. Biol. Chem. Sci. 2016. № 6. P. 62–68.
4. Peng J., Yang X., Luo M.-N., Liu X.-P. Effects of spraying a blended plant growth regulator on the tillering, growth, and the cold-resistance of different wheat varieties // Agricult. Res. Arid Areas. 2019. № 1. P. 137–143.
5. Provalova E.V., Toigildin A.L., Erofeyev S.E. The application of new generation growth regulators to increase the grain productivity of winter wheat // Res. J. Pharmaceut. Biol. Chem. Sci. 2015. № 6. P. 117–120.
6. 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.
7. Дядюченко Л.В., Дмитриева И.Г., Назаренко Д.Ю., Стрелков В.Д. Антидотная и рострегулирующая активность N1–арил–N2–(замещенный нитрогидразон) // Агрохимия. 2014. № 7. С. 33–37.
8. Стрелков В.Д., Дядюченко Л.В., Дмитриева И.Г., Исакова Л.И. Синтез и скрининг гербицидных антидотов на подсолнечнике // Международная научно-практическая конф. “Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем”, г. Краснодар. 2010. С. 503–516.
9. Дядюченко Л.В., Назаренко Д.Ю., Кач Л.Н., Тосунов 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 и превращения замещенных 4,6-диметилпиразоло[3,4-*b*]-пиридил-3-азидов и -сульфонилхлоридов // Химия гетероцикл. соед. 2008. № 10. С. 1556–1565.
11. ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. Введ. 19.12.1984. М.: Изд-во стандартов, 1985. 57 с.
12. Руководство проведения регистрационных испытаний регуляторов роста растений, дефолиантов и десикантов в сельском хозяйстве // М.: Минселхоз РФ, 2018. 223 с.
13. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Книга по требованию, 2012. 352 с.
14. Lichtenthaler H.K., Wellburn A.R. Determinations of total extracts in different solvents // Biochem. Soc. Transact. 1983. № 5. P. 591–592.
15. Тютерева Е.В., Дмитриева А.А., Войцеховская О.В. Хлорофилл *b* как источник сигналов, регулирующих развитие и продуктивность растений // Сел.-хоз. биол. 2017. № 5. С. 843–855.

Effect of the New Growth Regulator on Winter Wheat Productivity

L. V. Dyadyuchenko^{a,#}, V. V. Taranenko^a, and V. S. Muravyov^a

^a Federal Research Center of Biological Plant Protection, p/o 39, Krasnodar 350039, Russia

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

The aim of the work was to search for new active substances that can serve as the basis for creating growth regulators of winter wheat. For screening, a group of new pyrazolo[3,4-*b*]-pyridine derivatives was synthesized, including a substance that showed a significant growth-stimulating effect in laboratory conditions. The selected compound was studied in field small-scale experiments on winter wheat plants of the Grom and Bezostaya-100 varieties in the period from 2017 to 2020. The experiments were carried out on the experimental field of the Federal Research and Development Center, Krasnodar (the central zone of the Krasnodar Territory). Vegetative plants of winter wheat were treated with an aqueous solution of the growth regulator twice: in the tillering phase and the flag leaf phase at a rate of 30 g/ha. The use of the growth regulator allowed to increase the crop yield by 7.9–12.1%, while the content of raw white in the grain exceeded the control level. The positive effect of the studied compound on the growth and development of organs that form the structure of the crop and the photosynthetic activity of plants is also noted.

Key words: plant growth regulator, productivity, winter wheat.