

УДК 631.98:633.18

НОВЫЙ РЕГУЛЯТОР РОСТА ДЛЯ РАСТЕНИЙ РИСА¹

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

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

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

Поступила в редакцию 10.09.2020 г.

После доработки 13.10.2020 г.

Принята к публикации 11.01.2021 г.

Проведен синтез и скрининг регуляторов роста риса в ряду производных пиридилгидразонов. В лабораторном опыте отобрано перспективное соединение 4-метил-2-хлор-6-([1-метил-4-(нитробензилден)]гидразино)-никотинонитрил, которое было изучено в условиях поля в течение 3-х полевых сезонов. Опыты проводили на растениях риса сортов Ивушка и Рыжик. По данным трехлетних испытаний, при использовании нового регулятора роста увеличивалась длина метелки риса, количество зерен в метелке, масса зерен в главной метелке, масса 1000 зерен, что способствовало существенному повышению урожайности. Наиболее высокий рострегулирующий эффект был получен при двукратном нанесении регулятора роста на вегетирующие растения риса в фазе кущения и фазе выметывания при норме расхода 30 г/га. Зерно, выращенное с использованием рострегулятора, отличалось более высоким содержанием белка и амилозы в сравнении с зерном контрольного варианта (без обработки).

Ключевые слова: рис, сорт Ивушка, сорт Рыжик, регуляторы роста растений, синтез, скрининг, пиридилгидразоны, структура урожая, прибавка урожая, белок, амилоза.

DOI: 10.31857/S0002188121040049

ВВЕДЕНИЕ

Рис — тропическое растение из семейства злаковых. По времени возделывания и ценным качествам он по праву считается самым популярным злаком во всем мире. Для 1/3 населения земного шара рис является главным продуктом питания, обеспечивающим организм человека необходимыми веществами. Его калорийность больше, чем других зерновых культур. Зерно риса очень богато крахмалом (88%). В составе есть углеводы, жиры, клетчатка, зола, витамины и белок. Белок риса по сравнению с другими зерновыми культурами содержит повышенное количество таких незаменимых аминокислот как лизин, валин, метионин, благодаря чему он лучше переваривается и усваивается организмом человека.

При переработке культуры риса рационально используются отходы. Лом и сечку направляют на производство пива, спирта и крахмала. В рисовых отрубях остается много полезных веществ, жиров и белка, благодаря которым они служат питательным кормом для скота, а из соломы вырабатывают бумагу.

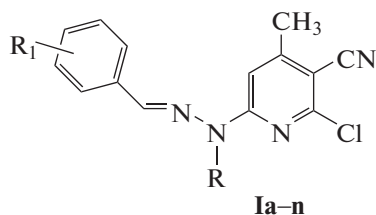
Российская Федерация является самой северной зоной рисосеяния в мире. Основной регион, возделывающий рис в России, — Северо-Кавказский, в котором главную долю посевов имеет Краснодарский край (~80%). На втором месте по объемам производства — Приморский край, еще меньше риса возделывают в Астраханской обл. и Калмыкии. В 2019 г. Россия вырастила 1.099 т риса более чем 2-х десятков сортов. Разумеется, этого объема недостаточно для удовлетворения внутреннего спроса. Поэтому весьма актуальным на сегодняшний день является поиск регуляторов роста растений, повышающих урожай и качество этой ценной культуры. Работы по скринингу регуляторов роста риса среди природных и синтетических веществ проводят как в России [1–4], так и за рубежом [5–8]. Цель работы — синтез и скрининг регуляторов роста риса в ряду производных пиридилгидразонов, а также проверка их рострегулирующей активности в полевых условиях на разных сортах риса.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Настоящая работа направлена на поиск новых рострегуляторов риса в классе производных пиридилгидразонов. С этой целью была синтезиро-

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.

вана серия 3-цианопиридил-6-гидразонов общей формулы **I**:



где R = H, алкил; R¹ = алкил, алкокси, галогенил, нитро, amino, алкиламино.

Ранее нами в числе представителей этого класса соединений были найдены эффективные гербицидные антидоты [9, 10] и иммуномодуляторы сахарной свеклы [11].

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. Выход целевых веществ составил 78–94%. Для синтеза продуктов и их предшественников использованы методики, описанные в работах [12, 13].

Первичную оценку активности новых соединений осуществляли в лабораторном опыте по величине их рострегулирующего эффекта. Для этого использовали официально рекомендованную методику проращивания семян [14]. Вещества, отобранные по результатам лабораторного опыта, исследовали в полевых условиях в 2017–2019 гг. на экспериментальном орошаемом участке ВНИИ риса г. Краснодара.

Почвенно-климатические условия периода исследования были благоприятными для роста и развития растений риса. Почва лугово-черноземная, слабосолонцеватая, тяжелосуглинистая характеризуется следующими показателями: содержание гумуса – 3.3%, подвижных форм азота – 0.44, фосфора – 3.85 и калия – 18.2 мг/100 г почвы. Емкость катионного обмена – 28.6 мг-экв/100 г почвы, pH 7.3.

В опытах использовали 2 сорта риса: сорт Ивушка – длиннозерный, потенциал урожайности 10.0–12.0 т/га, стекловидность – 97–98% и сорт Рыжик с окрашенным перикарпом, потенциал урожайности 10.0–12.0 т/га, крупнозерный, стекловидность – 50%.

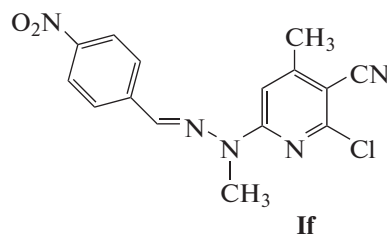
Агротехнические работы – общепринятые для данной рисовой зоны [15]. Высев семян риса произведен селекционной сеялкой с нормой высева 5 млн всхожих семян/га. Предпосевную обработку семян проводили непосредственно в поле перед посевом, обработку вегетирующих растений

осуществляли путем опрыскивания водным раствором регулятора роста из расчета 30 г/га при расходе воды 300 л/га. Учетная площадь опытной делянки составляла 10 м², повторность четырехкратная. Уборку производили в период полной спелости зерна. Рострегулирующую активность изученного соединения определяли по увеличению урожая растений, обработанных регулятором роста в сравнении с контролем (необработанные растения). Данные учета подвергали статистической обработке с использованием дисперсионного анализа [16]. Качественные показатели зерна определяли на анализаторе ФТ-10.

Опыты предусматривали следующие варианты: 1 – контроль (без обработки), 2 – обработка семян регулятором роста перед посевом в дозе 30 г/т, 3 – обработка растений регулятором роста в фазе кушения, доза 30 г/га, 4 – обработка растений регулятором роста в фазе выметывания, доза 30 г/га. 5–2-кратная обработка растений регулятором роста в фазах кушения и выметывания (30 + 30 г/га).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В лабораторном опыте на проростках риса было отобрано соединение 4-метил-2-хлор-6-([1-метил-4-(нитробензилиден)]гидразино)-никотинитрил (соединение **If**), проявлявшее рострегулирующую активность на уровне 18–20%:



Данное соединение изучали в полевых опытах. Условия вегетации 2017–2019 гг. были достаточно благоприятными для роста и развития растений риса. В табл. 1 представлены данные о влиянии изученного рострегулятора на урожайность риса сортов Ивушка и Рыжик. Трехлетние полевые испытания свидетельствовали, что применение продукта **If** обеспечивало достоверное и стабильное повышение урожая. Лучшие результаты получены при использовании регулятора роста дважды: в фазе кушения и фазе выметывания, прибавка урожая риса сорта Ивушка в данном варианте составляла 25.1–27.3%, сорта Рыжик – 19.9–23.3%. Однократное применение соединения **If** способствовало увеличению урожайности сорта Ивушка до 12.0% при обработке в фазе кушения и до 9.7% при обработке в фазе выметывания. Урожайность сорта Рыжик возрастала на

Таблица 1. Влияние регулятора роста на продуктивность сортов риса

Вариант	Способ обработки	Сорт Ивушка			Сорт Рыжик		
		Урожай- ность, ц/га	прибавка к контролю		Урожай- ность, ц/га	прибавка к контролю	
			ц/га	%		ц/га	%
2017 г.							
Контроль	Без обработки	61.9	—	—	62.9	—	—
If	Обработка семян	64.4	2.5	4.0	65.0	2.1	3.3
If	В фазе кущения	68.0	6.1	9.8	71.0	8.1	12.9
If	В фазе кущения + + фазе выметывания	78.4	16.5	26.6	82.8	19.9	31.6
If	В фазе выметывания	67.5	5.6	9.0	70.2	7.3	11.6
	<i>HCP</i> ₀₅	2.4	1.1	—	2.0	0.9	—
2018 г.							
Контроль	Без обработки	63.3			63.6		
If	Обработка семян	64.9	1.6	2.5	65.8	2.2	3.4
If	В фазе кущения	69.2	5.9	9.3	71.8	8.2	12.9
If	В фазе кущения + + фазе выметывания	79.2	15.9	25.1	84.6	21.0	33.0
If	В фазе выметывания	68.6	5.3	8.4	72.3	8.7	13.7
	<i>HCP</i> ₀₅	1.6	0.5	—	1.6	0.4	—
2019 г.							
Контроль	Без обработки	63.1	—	—	65.4	—	—
If	Обработка семян	65.4	3.1	5.0	69.0	2.7	5.2
If	В фазе кущения	70.6	8.3	12.0	75.8	9.5	12.5
If	В фазе кущения + + в фазе выметывания	85.7	23.4	27.3	89.6	23.3	26.0
If	В фазе выметывания	69.0	6.7	9.7	82.4	16.1	19.5
	<i>HCP</i> ₀₅	1.5	0.6	—	1.9	0.6	—

Таблица 2. Влияние регулятора роста на структуру урожая сортов риса (средние за 2017–2019 гг.)

Вариант	Высота растений, см	Длина метелки, см	Количество зерен в метелке, шт.	Масса зерна с главной метелки, г	Масса 1000 зерен, г
Сорт Ивушка					
Контроль (без обработки)	84.0	24.4	105	2.00	25.7
If (обработка семян)	86.3	25.7	108	2.24	26.4
If (в фазе кущения)	88.2	26.5	124	2.44	26.8
If (в фазе выметывания)	86.7	26.0	132	3.06	27.1
If (в фазах кущения + + выметывания)	91.6	27.3	143	2.67	27.3
HCP ₀₅	2.2	1.6	16	0.42	1.1
Сорт Ивушка					
Контроль (без обработки)	76.7	16.2	127	2.14	12.9
If (обработка семян)	79.1	16.5	139	2.23	13.5
If (в фазе кущения)	80.0	17.0	167	2.56	15.6
If (в фазе выметывания)	79.4	16.6	158	2.70	16.4
If (в фазах кущения + + выметывания)	81.5	17.4	179	2.79	17.7
HCP ₀₅	2.2	0.8	14	0.32	1.1

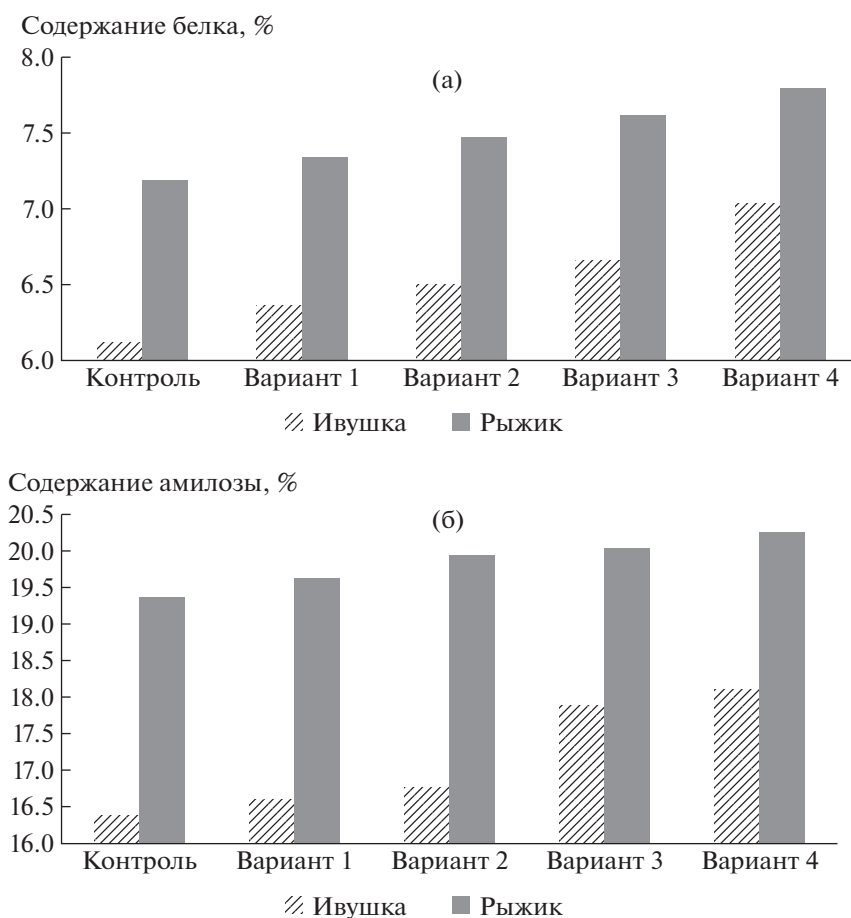


Рис. 1. Содержание белка (а) и амилозы (б) в зерне риса сортов Ивушка и Рыжик (средние за 2017–2019 гг.), варианты: 1 – обработка семян, 2 – обработка в фазе кущения, 3 – обработка в фазе выметывания, 4 – обработка в фазах кущения + выметывания.

12.5–12.9 и 11.6–19.5% при применении рострегулятора в фазе кущения и фазе выметывания соответственно. В варианте, предусматривающем только обработку семян, прибавка урожая не превышала 5.2% у обоих сортов риса.

Повышение урожайности является закономерным следствием положительного влияния регулятора роста на развитие органов, формирующих структуру урожая культуры (табл. 2). Например, при двукратном применении изученного соединения на рисе сорта Ивушка длина метелки увеличилась на 11.1% относительно контроля, количество зерен в метелке – на 36.0%, масса зерна с главной метелки – на 33.5%. Под влиянием рострегулятора было получено более крупное зерно, масса 1000 зерен возросла на 6.2%. Аналогичные результаты получены в опытах на растениях риса сорта Рыжик.

Что касается качества зерна, то применение регулятора роста **If** способствовало увеличению содержания белка на 0.914% относительно кон-

троля в зерне риса сорта Ивушка и на 0.6% в зерне риса сорта Рыжик (рис. 1а, обработка в фазах кущения + выметывание). Содержание амилозы также возрастало в вариантах с применением рострегулятора, лучшие результаты получены при двукратной обработке соединением **If**: в зерне риса сорта Ивушка содержание амилозы увеличилось на 1.72, сорта Рыжик – на 0.87% (рис. 1б).

Работа защищена патентом РФ [17].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, синтезированный 4-метил-2-хлор-6-[[1-метил-4-(нитробензиден)]гидразино]-никотинитрил был изучен в качестве регулятора роста в полевых условиях на растениях риса сортов Ивушка и Рыжик в течение 3-летнего периода. Применение изученного продукта оказывало положительное влияние на развитие органов, формирующих структуру урожая культуры, существенно и достоверно увеличивало урожайность обоих сортов риса и повышало качество зерна.

В связи с этим целесообразно рассматривать это соединение в качестве перспективного действующего вещества для создания нового отечественного регулятора роста риса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чернышева Н.В., Князева А.О. Урожайность и качество зерна риса в зависимости от применения гуминовых препаратов в технологии его возделывания // Тр. КубГАУ. 2018. № 74. С. 169–173.
2. Караченцев В.В., Ковалев В.С., Злотников А.К., Надькта В.Д., Хоай Н.Т. Альбит в комплексной системе защиты риса // Защита и карантин раст. 2018. № 12. С. 25–28.
3. Чернышева Н.В., Барчукова А.А., Дирин В.В. Влияние препарата Гидрогумин на рост и развитие растений риса, урожайность и качество его зерна // Тр. КубГАУ. 2016. № 62. С. 127–132.
4. Костылев П.И., Репкина Н.В., Калиевская Ю.П. Влияние Бензихола на урожайность зерна риса // Зерн. хоз-во России. 2015. № 5. С. 36–39.
5. Suseendran K., Kalaiyarasan C., Jawahar S., Vinodkumar S.R., Arivukkarasu K. Response of rice to foliar application of plant growth regulator on growth and yield of rice // Plant Arch. 2020. V. 20. № 1. P. 1510–1514.
6. Basuchaudhuri P. 1-Naphthaleneacetic acid in rice cultivation // Current Sci. 2016. V. 110. № 1. P. 52–56.
7. Fahad S., Hussain S., Saud S., Wang F., Huang J. Exogenously applied plant growth regulators affect heat-stressed rice pollens // J. Agron. Crop Sci. 2016. V. 202. № 2. P. 139–150.
8. Hussain S., Zhang J.-H., Zhong C., Hu J.-J., Jin Q.-Y. Effects of salt stress on rice growth, development characteristics and the regulating ways // J. Integra. Agric. 2017. V. 16. № 11. P. 2357–2374.
9. Дядюченко Л.В., Дмитриева И.Г., Назаренко Д.Ю., Стрелков В.Д. // Антидотная и рострегулирующая активность N1-арил-N2-(замещенный никотинонитрил)-гидразонов // Агрохимия. 2014. № 7. С. 33–37.
10. Стрелков В.Д., Дядюченко Л.В., Дмитриева И.Г., Исакова Л.И. Синтез и скрининг гербицидных антидотов на подсолнечнике // Сб. тр. Международ. конф. “Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем”. Краснодар, 2010. С. 503–515.
11. 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.
12. Дядюченко Л.В., Стрелков В.Д., Михайличенко С.Н., Заплишний В.Н. Синтез некоторых галоген- и нитрозамещенных никотиновых кислот и их фрагментация под электронным ударом // Химия гетероцикл. соед. 2004. № 3. С. 381–388.
13. Дядюченко Л.В., Дмитриева И.Г., Назаренко Д.Ю., Стрелков В.Д. Синтез некоторых замещенных пиридин-3-сульфонилхлоридов, -сульфокислот и -сульфониламидов // Химия гетероцикл. соед. 2014. № 9. С. 1366–1377.
14. Гост 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. Введ. 19.12.1984. М.: Изд-во стандартов, 1985. 57 с.
15. Руководство проведения регистрационных испытаний регуляторов роста растений, дефолиантов и десикантов в сельском хозяйстве. М.: Минсельхоз РФ, 2018.
16. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Изд-во “Книга по требованию”, 2012. 352 с.
17. Дядюченко Л.В., Тараненко В.В. Пат. РФ, № 2712544. Способ повышения урожайности риса. Опубл. 30.01.2020. Бюл. № 4.

New Growth Regulator for Rice Plants

L. V. Dyadyuchenko^{a,*}, V. V. Taranenko^a, and V. S. Muraviev^a

^a All-Russian Research Institute of Biological Plant Protection
Krasnodar-39 350039, Russia

^{*}E-mail: ludm.dyadyuchenko@yandex.ru

Synthesis and screening of rice growth regulators in a series of pyridylhydrazone derivatives have been carried out. In a laboratory experiment, a promising compound 4-methyl-2-chloro-6-([1-methyl-4-(nitrobenzylidene)] hydrazino)-nicotinonitrile was selected, which was studied under field conditions during three field seasons. The experiments were carried out on rice plants of Ivushka and Ryzhik varieties. According to the data of the three-year tests, when using the new growth regulator, the length of the rice panicle, the number of grains in the panicle, the mass of grains in the main panicle, the weight of 1000 grains increased, which contributed to the significant yield increase. The highest growth-regulating effect was obtained with a double application of the growth regulator to vegetative rice plants in the tillering and sprouting phases at a consumption rate of 30 g/ha. The grain grown using the growth regulator had a higher protein and amylose content than the grain in the control variant without treatment.

Key words: rice, Ivushka variety, Ryzhik variety, plant growth regulators, synthesis, screening, pyridylhydrazones, yield structure, yield increase, protein, amylose.