

УДК 547.83

UDC 547.83

**РЕГУЛЯТОРЫ РОСТА РАСТЕНИЙ В РЯДУ
ПРОИЗВОДНЫХ НИКОТИНОВОЙ
КИСЛОТЫ**

**PLANT GROWTH REGULATORS IN THE
SERIES OF NICOTINIC ACID
DERIVATIVES**

Кайгородова Елена Алексеевна
д.х.н., профессор
E-mail: e_kaigorodova@mail.ru

Kaigorodova Elena Alekseevna
Dr.Sci.Chem., professor
E-mail: e_kaigorodova@mail.ru

Барчукова Алла Яковлевна
к.с.-х.н., доцент

Barchukova Alla Yakovlevna
Cand.Agricult.Sci., associate professor

Костенко Екатерина Сергеевна
к.х.н., доцент

Kostenko Ekaterina Sergeevna
Cand.Chem.Sci., associate professor

Чернышева Наталья Викторовна
к.б.н., доцент

Chernysheva Natalia Viktorovna
Cand.Biol.Sci., associate professor

Пестунова Светлана Анатольевна
к.х.н., доцент

Pestunova Svetlana Anatolevna
Cand.Chem.Sci., associate professor

Гераскина Татьяна Вадимовна
студент

Geraskina Tatyana Vadimovna
student

Кубанский государственный аграрный университет, Краснодар, Россия

Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

Приведены данные по применению 2-R-сульфанилникотинатов калия на посевах риса. Установлено, что описанные соединения повышают урожай и улучшают его качество

The article shows the information of the use of 2-R-sulfanyl nicotinate of potassium on rice crops. We have found that the compounds described increase yield and improve its quality

Ключевые слова: СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО, РЕГУЛЯТОРЫ РОСТА РАСТЕНИЙ, ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ, 2-R-СУЛЬФАНИЛ НИКОТИНАТЫ

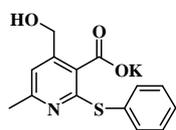
Keywords: AGRICULTURE, PLANT GROWTH REGULATORS, HETEROCYCLIC COMPOUNDS, 2-R-SULFANYL NICOTINATES

Важным компонентом современных технологий производства продукции растениеводства становятся природные и синтетические органические вещества, которые в малых дозах активно влияют на обмен веществ растений, что приводит к видимым изменениям в росте и развитии. Применяются эти вещества при обработке посевного или посадочного материала, вегетирующих растений, закладываемой на хранение сельхозпродукции, для увеличения урожайности, повышения качества, облегчения уборки, активизации или подавления процессов расхода энергетических запа-

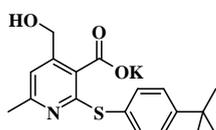
сов в период хранения. Специфической способностью регуляторов роста является их способность влиять на такие процессы, которые не могут регулироваться обычными агротехническими способами возделывания растений (орошение, применение удобрений и другие). Рострегуляторы помогают растению лучше раскрыть унаследованный им жизненный потенциал, который в данных условиях по ряду причин остается нереализованным [1-7].

Поскольку производные пиридина, в том числе и производные никотиновой кислоты, могут играть роль растительных гормонов или стимуляторов [4, 8, 9], несомненный интерес вызывает изучение действия синтезированных нами ранее соединений из этого ряда [10] на рост и развитие растений риса.

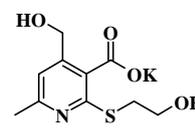
Изучение рострегулирующего действия 2-тиоарил(алкил)никотинатов калия проводилось в условиях лабораторного, вегетационного и полевого опытов. В качестве испытуемые соединений использовали:



4-гидрокси-метил-6-метил-2-фенилсульфанилникотинат калия (соединение 1)



4-гидроксиметил-6-метил-2-[4-(*tert*-бутил)фенилсульфанил]никотинат калия (соединение 2)



4-гидроксиметил-6-метил-2-(2-гидроксиэтилсульфанил)никотинат калия (соединение 3)

В качестве аналога применяли раствор никотиновой кислоты в концентрации 0,001%. В контрольном варианте семена замачивали в воде.

В качестве объекта исследования выбран рис сорта Спальчик.

Для установления оптимальной концентрации растворов испытуемых соединений для предпосевной обработки семян риса с целью улучшения качества посевного материала проводился лабораторный скрининг. Семена проращивали в чашках Петри на фильтровальной бумаге в термо-

стате при температуре +25 °С. В каждую чашку раскладывали по 50 штук семян, обработанных в воде (контрольный вариант) и в растворах испытуемых соединений (опытные варианты) с массовой долей растворенного вещества: 0,01; 0,005; 0,001; 0,0005 %. Экспозиция обработки (замачивания) семян – 1ч. В лабораторном опыте определяли энергию прорастания и всхожесть семян [11], силу роста – длину и массу корешков и ростков и их массу. На основании полученных данных установлены оптимальные концентрации растворов испытуемых соединений.

Исследования, направленные на изучение влияние обработки семян испытуемыми препаратами (в оптимальных концентрациях) на ростовые и формообразовательные процессы, проводились в условиях почвенной культуры – в вегетационных сосудах емкостью 10 литров. В каждый сосуд помещали по 6 кг очищенной от корневых остатков и смешанной со смесью Д. Н. Прянишникова лугово-болотной почвы из рисовой системы ООО «Анастасиевское» Славянского района Краснодарского края. В каждый сосуд высевали по 25 шт. семян, глубина заделки 15-20 см. Режим орошения – укороченное затопление. После посева почву насыщали водой, в фазу всходов проводили прореживание с оставлением 20 типичных растений на сосуд и создавали слой воды 8-10 см, который поддерживали ежедневными поливами до полной спелости. В фазу кущения проводили отбор растительных образцов для определения показателей роста (высоту растений, площадь листьев, объем и длину корней, биомассу и сухую массу корней и надземных органов). В фазу полной спелости при проведении биометрического анализа урожая определяли: кустистость, длину метелок, озерненность, массу зерна и соломы, уборочный индекс.

В полевом опыте изучали влияние обработки семян риса перед посевом растворами испытуемых соединений в оптимальных концентрациях на урожайность риса и технологические показатели качества зерна: массу 1000 зерен [12], стекловидность [13], пленчатость [14]. Опыты были по-

ставлены на рисовой системе ООО «Анастасиевское» Славянского района Краснодарского края. Учетная площадь делянок – 20 м². Уборку урожая проводили в фазу полной спелости. Повторность во всех опытах четырехкратная. Данные опытов обрабатывали математически методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову [15].

Известно, что семена, обладающие высокой энергией прорастания, способны давать более высокий урожай, чем семена с низкой энергией прорастания. Семена с высокой силой роста способны дать урожай на 20 % выше, а семена со слабой силой роста – ниже на 18 % [16].

Таблица 1 – Влияние обработки семян риса 2-тиоалкил(арил)никотинатами калия на интенсивность прорастания (лабораторный опыт)

Вариант	Концентрация, %	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %	Длина, см		Масса, г/100 шт. проростков	
				корешка	ростка	корешков	ростков
контроль	-	90,8	92,8	4,0	1,3	0,19	0,20
никотиновая кислота	0,001	98,0	94,0	4,4	1,4	0,20	0,20
соединение 1	0,01	92,8	92,8	3,6	1,4	0,18	0,20
	0,005	94,0	94,8	4,0	1,4	0,20	0,20
	0,001	94,0	94,8	4,3	1,5	0,24	0,24
	0,0005	94,8	96,0	4,6	1,6	0,25	0,25
соединение 2	0,01	92,0	92,8	4,1	1,4	0,20	0,20
	0,005	94,8	96,8	4,6	1,5	0,24	0,24
	0,001	92,8	92,8	4,2	1,4	0,20	0,24
	0,0005	92,0	92,8	4,0	1,4	0,18	0,21
соединение 3	0,01	94,8	94,8	4,4	1,4	0,21	0,24
	0,005	96,8	98,8	4,9	1,6	0,26	0,25
	0,001	94,8	94,0	4,8	1,5	0,24	0,24
	0,0005	92,0	92,8	4,6	1,4	0,22	0,24
НСР _{0,5}	-	-	-	0,2	0,05	0,01	0,01

Из приведенных в таблице 1 данных видно, что обработка семян риса перед посевом испытуемыми соединениями 2-тиоалкил(арил)никотинатами калия усилила процесс прорастания семян риса. При этом степень воздействия испытуемыми соединений на представленные в таблице 1 по-

казатели в значительной степени зависели как от химической структуры веществ, так и концентрации растворов. Максимальные значения показателей качества семян отмечены в вариантах с обработкой семян перед посевом соединением **1** в концентрации 0, 0005 %, соединениями **2** и **3** в концентрации 0,005 %. Эти концентрации являются оптимальными для испытуемых веществ. При этом следует отметить, что по совокупности показателей наиболее эффективной оказалась обработка семян соединением **3**, в результате которой значения рассматриваемых показателей были максимальными (энергия прорастания – 96,8 %, в контроле – 90,8; всхожесть – 98,8 и 92,8 %; длина корешка 4,9 и 4,0 см, ростка – 1,6 и 1,3 см; масса корешков – 0,26 и 0,19 г, ростков – 0,25 и 0,20 г/100 шт. проростков соответственно).

Целостность растительного организма обеспечивается системами регуляции и управления. Фитогормоны и их синтетические аналоги оказывают существенное влияние на формирование корневой системы растений.

Таблица 2 – Влияние испытуемых соединений на формирование корневой системы растений риса (вегетационный опыт)

Вариант	Концентрация, %	Длина корня, см	Объем корней, см ³	Масса корней, г/растение	
				сырая	сухая
контроль	-	25,8	24,0	7,56	0,93
никотиновая кислота	0,001	28,0	33,0	12,79	1,36
соединение 1	0,0005	28,0	29,0	11,00	1,26
соединение 2	0,005	28,4	30,0	10,73	1,25
соединение 3	0,005	28,6	40,0	13,78	1,73
НСР _{0,5}	-	1,0	1,1	0,37	0,05

Как видно из таблицы 2, обработка семян риса перед посевом растворами испытуемых соединений в оптимальной концентрации стимулировала процесс нарастания корневой системы. В опытных вариантах, особенно при применении соединения **3**, формировалась более мощная, чем в контроле, корневая система (объем – 29,0 – 40,0 см³, в контроле – 24,0 см³,

биомасса – 10,73 -13,78, в контроле – 7,56 г/растение, сухая масса – 1,25 – 1,73 и 0,93 г соответственно). Активизация развития корневой системы под действием испытуемых препаратов позволила растению более полно использовать влагу и питательные вещества, находящиеся в почве, а вместе с тем обеспечить в полной мере надземные части продуктами своей жизнедеятельности.

Таблица 3 – Влияние испытуемых соединений на показатели роста растений риса (вегетационный опыт)

Вариант	Концентрация, %	Высота растения, см	Площадь листьев, см ²	Масса надземных органов, г/растение	
				сырая	сухая
Контроль	-	36,2	113,7	17,72	2,73
никотиновая кислота	0,001	41,0	165,1	24,70	4,16
соединение 1	0,0005	42,0	151,4	19,80	3,20
соединение 2	0,005	41,0	144,5	24,73	3,95
соединение 3	0,005	43,2	181,8	30,04	5,00
НСР _{0,5}		1,4		0,65	0,12

Анализ данных таблицы 3 показывает, что применение в технологии возделывания испытуемых регуляторов активировало рост растений в высоту (41,0 – 43,2, в контроле – 36,2см), процесс нарастания биомассы надземных органов (19,80-30,04 и 17,72 г/растение) и сухого вещества (3,20 – 5,00 и 2,73 г соответственно). Установлено, что масса надземных органов возрастает с увеличением высоты растений и листовой поверхности, т.е. прирост сухого вещества надземной биомассы идет параллельно приросту листовой поверхности и высоты растений [17]. Как видно из данных таблицы 3, обработка семян испытуемыми препаратами стимулировала процесс листообразования (площадь листьев – 144,5 - 181,8, в контроле – 113,7 см²).

Для высокопродуктивных посевов большое значение имеет развитие ассимиляционного аппарата и корневой системы в течение вегетации и вы-

сокий прирост сухого вещества при формировании репродуктивных органов. Причём, важную роль играет способность трансформировать ассимиляты в зерновки [2].

Исследуемые соединения, при обработке ими семян перед посевом, способствуют формированию более крупных по размеру и озернённости метёлок (таблица 4).

Таблица 4 – Влияние испытуемых соединений на формирование структурных элементов урожая риса (вегетационный опыт)

Вариант, концентрация, %	Кустистость		Длина метелки	Озерненность, шт. / растение		Масса, г/растение		Уборочный индекс, (m_z/m_c)
	общая	продуктивная		общая озерненность, шт.	в том числе стерильных колосков	зерна, (m_z)	соломы, (m_c)	
контроль	3,8	2,9	10,9	240,5	38,7	5,69	6,62	0,86
никотиновая кислота, 10^{-3}	4,0	3,1	11,8	269,8	37,5	6,55	7,36	0,89
соединение 1, $5 \cdot 10^{-3}$	4,1	3,5	12,1	290,7	34,7	7,34	8,07	0,91
соединение 2, $5 \cdot 10^{-3}$	4,0	3,0	11,5	258,4	35,0	6,36	7,23	0,88
соединение 3, $5 \cdot 10^{-3}$	4,1	3,8	12,9	304,1	33,6	7,78	8,37	0,93
НСР _{0,5}	0,1	0,1	0,4	9,5	1,4	0,24	0,26	-

В опытных вариантах более активно протекает процесс побегообразования, особенно продуктивных стеблей (общая кустистость – 4,0 - 4,1 шт, в контроле – 3,8 шт; продуктивная – 3,0 - 3,8 и 2,9 шт. соответственно). Существенное увеличение числа продуктивных стеблей и количества зёрен с растения обуславливают повышение зерновой продуктивности (6,36 - 7,78 г, 5,69 г – в контроле). Последнее указывает и на тот факт, что испытуемые соединения, особенно соединение 3, усиливают ассимиляционные процессы и отток ассимилятов в зерновки. Кроме того, в опытных вариан-

тах значительно снизился процент пустозёрности (13,9 –11,4, в контроле – 16,1%).

Повышение зерновой продуктивности и снижение числа стерильных колосков сыграло решающую роль в увеличении урожайности риса и улучшении качества зерна риса.

Таблица 5 – Влияние испытуемых соединений на величину и качество урожая риса (полевой опыт)

Вариант, концентрация, %	Урожайность, ц/га	Прибавка к контролю		Технологические показатели качества зерна риса			
		ц/га	%	Масса 1000 зёрен, г	Стекловидность, %	Пленчатость, %	Трещиноватость, %
контроль	59,8	-	-	26,4	94,0	17,9	8,0
никотиновая кислота, 10^{-3}	67,8	8,0	13,4	27,9	97,5	16,6	6,5
соединение 1, $5 \cdot 10^{-3}$	66,9	7,1	11,9	27,8	97,0	16,8	7,0
соединение 2, $5 \cdot 10^{-3}$	65,1	5,3	8,9	27,7	97	16,9	7,5
соединение 3, $5 \cdot 10^{-3}$	68,7	8,9	14,9	28,1	98,5	16,3	6,5
НСР _{0,5}	3,1	-	-	1,0	-	-	-

Представленные в таблице 5 данные указывают на то, что обработка семян риса перед посевом испытуемыми соединениями, усиливая ростовые и формообразовательные процессы, способствуют получению более высокого, чем в контроле, урожая риса (65,1 – 68,7, в контроле – 59,8 ц/га, НСР₀₅ – 3,1 ц/га). Наиболее высокая прибавка урожая (14,9%) получена в варианте с обработкой семян раствором соединения 3 в концентрации 0,005 %. Во всех опытных вариантах получено более крупное и выполненное зерно (масса 1000 зёрен – 27,7 - 28,1 г, в контроле 26,4 г) с высокой стекловидной консистенцией (97,0 - 98,5, в контроле – 94,0 %), более низкой пленчатостью (16,9 - 16,3 %, в контроле – 17,9%) и трещиноватостью (7,5 - 6,5 и 8,0 % соответственно).

Таким образом, испытуемые соединения обладают высокой физиологической активностью, что проявилось в активизации роста и развития растений риса повышении урожайности и улучшении технологически свойств зерна. Наиболее эффективной оказалась обработка семян риса перед посевом 0,005% раствором соединения **3** – вариант, в контроле получена самая высокая прибавка (14,9%) урожая риса хорошего качества.

Литература

1. Влияние регуляторов роста на урожайность и качество риса-сырца / Барчукова А.Я., Чернышёва Н.В., Фаттахов С.Г., Коновалов А.И. // Научный журнал КубГАУ. 2009. Вып. № 4 (19). С. 119-122.
2. Благовещенская Э.К. Формирование урожая основных сельскохозяйственных культур. М.: Колос, 1984. – С. 26-30.
3. Кефели В.И. Рост растений. М.: Колос, 197. 120 с.
4. Применение N1-[2-гидрокси (фенил)-4-метоксиметил-6-метилтиено [2,3-в] пиридин-3-ил] пентанамида в качестве средства для активации прорастания семян пшеницы / Липунов М.М., Кайгородова Е.А., Ненько Н.Н., Бронникова Т.И., Крапивин Г.Д. // Патент РФ N 2307504. 2007, Бюл. N 28.
5. Новые производные тиено[2,3-*b*]пиридинов как рострегулирующие и антистрессовые препараты / Чухиль А.А., Костенко Е.С., Яблонская Е.К., Кайгородова Е.А. // Сборник Шестой международной конференции Radostim 2010. Биологические препараты и регуляторы роста растений в сельском хозяйстве. Краснодар, 2010. С. 205.
6. Тосунов Я.К. Урожайность и качество плодов пасленовых культур под действием препарата НВ – ЭКО / Я.К. Тосунов, А.Я. Барчукова // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2013. – №08 (092). С. 1282 – 1291. – IDA [article ID]: 0921308087. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2013/08/pdf/87>.
7. Шевелуха В.С. регуляторы роста растений. М.: Агропромиздат, 1990. 192с.
8. Кайгородова Е.А. 6-метил-3,4-диоксо-1Н-фуоро[3,4-С] пиридин: синтез, реакции и биологическое действие / Е.А. Кайгородова // Изв. Вузов. Химия и химическая технология. 2003. Т. 46. Вып. 8. С. 3-6.
9. Синтез и рострегулирующее действие 2-алкилтионитрилов / Е.А. Кайгородова, Е.С. Костенко, Н.В. Чернышева, Н.С. Томашевич, А.Я. Барчукова // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2012. Вып. № 2 (35). С. 160-164.
10. Костенко Е.С. Синтез 2-*R*-4-гидроксиметил-6-метилникотинатов щелочных металлов / Костенко Е.С., Кайгородова Е.А. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – №05(099). – IDA [article ID]: 0991405047. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/05/pdf/47.pdf>.
11. ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. – М.: Изд-во стандартов. 1984.
12. ГОСТ 10842-89. Зерно зерновых и бобовых культур и семена масличных культур. Метод определения 1000 зёрен и 1000 семян. – М.: Изд-во стандартов. 1990.
13. ГОСТ 10987-76. Зерно. Методы определения стекловидности. – М.: Изд-во стандартов. 1977.

14. ГОСТ 10843-76. Зерно. Метод определения пленчатости. – М.: Изд-во стандартов. 1977.
15. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1985. 351 с.
16. Строн И.Г. Промышленное семеноводство: справочник. М.: Колос. 1980. 287с.
17. Vrkoč F. Autoregulace a kompenzace porostu polních plodin. // Rostl. Vyroba. 1973. № 19. P. 963-973.

References

1. Vlijanie reguljatorov rosta na urozhajnost' i kachestvo risa-syrca / Barchukova A.Ja., Chernyshjova N.V., Fattahov S.G., Konovalov A.I. // Nauchnyj zhurnal KubGAU. 2009. Vyp. № 4 (19). S. 119-122.
2. Blagoveshenskaja Je.K. Formirovanie urozhaja osnovnyh sel'skohozjajstvennyh kul'tur. M.: Kolos, 1984. – S. 26-30.
3. Kefeli V.I. Rost rastenij. M.: Kolos, 197. 120 s.
4. Primenenie N1-[2-gidroksi (fenil)-4-metoksimetil-6-metiltieno [2,3-v] piridin-3-il] pentanamida v kachestve sredstva dlja aktivacii prorastanija semjan pshenicy / Lipunov M.M., Kajgorodova E.A., Nen'ko N.N., Bronnikova T.I., Krapivin G.D. // Patent RF N 2307504. 2007, Bjul. N 28.
5. Novye proizvodnye tieno[2,3-b]piridinov kak rostregulirujushhie i antistressovye preparaty / Chuhil' A.A., Kostenko E.S., Jablonskaja E.K., Kajgorodova E.A. // Sbornik Shestoj mezhdunarodnoj konferencii Radostim 2010. Biologicheskie preparaty i reguljatory rosta rastenij v sel'skom hozjajstve. Krasnodar, 2010. S. 205.
6. Tosunov Ja.K. Urozhajnost' i kachestvo plodov paslenovyh kul'tur pod dejstviem preparata NV – JeKO / Ja.K. Tosunov, A.Ja. Barchukova // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2013. – №08 (092). S. 1282 – 1291. – IDA [article ID]: 0921308087. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2013/08/pdf/87>.
7. Sheveluha V.S. reguljatory rosta rastenij. M.: Agropromizdat, 1990. 192s.
8. Kajgorodova E.A. 6-metil-3,4-diokso-1N-furo[3,4-S] piridin: sintez, reakcii i biologicheskoe dejstvie / E.A. Kajgorodova // Izv. Vuzov. Himija i himicheskaja tehnologija. 2003. T. 46. Vyp. 8. S. 3-6.
9. Sintez i rostregulirujushhee dejstvie 2-alkiltionikotinonitrilov / E.A. Kajgorodova, E.S. Kostenko, N.V. Chernysheva, N.S. Tomashevich, A.Ja. Barchukova // Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2012. Vyp. № 2 (35). S. 160-164.
10. Kostenko E.S. Sintez 2-R-4-gidroksimetil-6-metilnikotinatov shhelochnyh metallov / Kostenko E.S., Kajgorodova E.A. // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2014. – №05(099). – IDA [article ID]: 0991405047. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2014/05/pdf/47.pdf>.
11. GOST 12038-84. Semena sel'skohozjajstvennyh kul'tur. Metody opredelenija vshozhesti. – M.: Izd-vo standartov. 1984.
12. GOST 10842-89. Zerno zernovyh i bobovyh kul'tur i semena maslichnyh kul'tur. Metod opredelenija 1000 zjoren i 1000 semjan. – M.: Izd-vo standartov. 1990.
13. GOST 10987-76. Zerno. Metody opredelenija steklovidnosti. – M.: Izd-vo standartov. 1977.
14. GOST 10843-76. Zerno. Metod opredelenija plenchatosti. – M.: Izd-vo standartov. 1977.

15. Dospëhov B.A. Metodika polevogo opyta. M.: Kolos, 1985. 351 s.
16. Stron I.G. Promyshlennoe semenovodstvo: spravochnik. M.: Kolos. 1980. 287s.
17. Vrkoc F. Autoregulace a kompenzace porostu polnich plodin. // Rostl. Vyroba. 1973. № 19. P. 963-973.