

УДК 632.95

UDC 632.95

06.00.00 Сельскохозяйственные науки

Agricultural sciences

**НОВЫЕ РЕГУЛЯТОРЫ РОСТА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ**

**NEW GROWTH REGULATORS OF THE WINTER WHEAT**

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  
RSCI SPIN-code 1135-3336  
[ludm.dyadiuchenko@yandex.ru](mailto:ludm.dyadiuchenko@yandex.ru)

Морозовский Валентин Васильевич  
к.б.н.  
Старший научный сотрудник

Morozovsky Valentin Vassilievich  
Cand.Biol.Sci  
Senior research associate

Назаренко Дарья Юрьевна  
РИНЦ SPIN-код 8278-0942

Nazarenko Daria Yurievna  
RSCI SPIN-code 8278-0942

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

Balakhov Azamat Alfredovich  
Junior research associate  
[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  
[dm.a.dm@rambler.ru](mailto:dm.a.dm@rambler.ru)  
*Кубанский государственный аграрный университет, Краснодар, Россия*

Dmitrieva Irina Gennadievna  
Cand.Chem.Sci, associate professor  
RSCI SPIN-code 6882-9695  
[dm.a.dm@rambler.ru](mailto:dm.a.dm@rambler.ru)  
*Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia.*

Для поиска новых регуляторов роста озимой пшеницы синтезированы ряды производных 3-аминотиено[2,3-*b*]пиридинов, *N*-пиразоло-[3,4-*b*]пиридил-3-карбоксамидов и замещённых нафталин-2-сульфониламидов. Изучена рострегулирующая активность новых соединений и найдены вещества с высоким ростстимулирующим эффектом

Some derivatives of 3-aminothieno[2,3-*b*]pyridines, *N*-pyrazolo[3,4-*b*]pyridinyl-3-carboxamides and substituted naphthalene-2-sulfonic amides were synthesized for the search of the new winter wheat growth regulators. The growth regulating activity of the new compounds was studied and the substances with high growth stimulating effect were found

Ключевые слова: БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ, РЕГУЛЯТОРЫ РОСТА, ОЗИМАЯ ПШЕНИЦА, ПИРАЗОЛОПИРИДИНЫ, ТИЕНОПИРИДИНЫ, НАФТАЛИНСУЛЬФОНИЛХЛОРИДЫ

Keywords: BIOLOGICAL ACTIVITY, GROWTH REGULATORS, WINTER WHEAT, PYRAZOLOPYRIDINES, THIENOPYRIDINES, NAPHTHALENE SULFONYL CHLORIDES

Регуляторы роста растений достаточно широко применяются при решении многих задач в растениеводческой практике. С их помощью совершенствуются агротехнические приемы выращивания отдельных сельскохозяйственных культур. 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. Стимуляторы роста, которые применяются на фоне внесения удобрений, обеспечивают растение дополнительной энергией, они дают возможность растению использовать эту энергию для перекачки в клетки большего количества питательных веществ из почвы, а также органических и минеральных удобрений.

В настоящее время наша химическая промышленность выпускает или осваивает выпуск многих высокоэффективных стимуляторов, ингибиторов, дефолиантов, гербицидов и десикантов, известных в мировой науке и практике. Правда, мы ещё серьёзно отстаём в масштабах их производства.

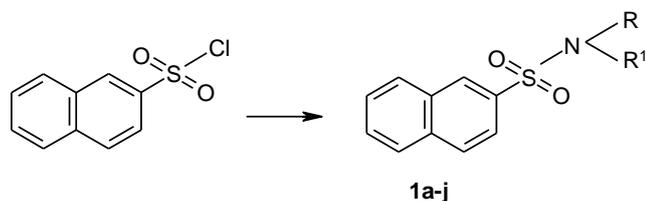
Отстает также от требований нашего растениеводства общий объем поисковых работ в области синтеза новых химических средств воздействия на растения, хотя за последние годы эти работы значительно расширились [1-10].

Данная работа направлена на поиск новых стимуляторов роста для озимой пшеницы – одной из наиболее значимых сельскохозяйственных культур.

Поиск проводили в классах ароматических и гетероциклических соединений, так как именно они широко распространены в природе в виде витаминов, алкалоидов, пигментов, являются составной частью животных и растительных клеток; многие из них имеют первостепенную важность для живых систем, служат ключевыми компонентами в биологических процессах.

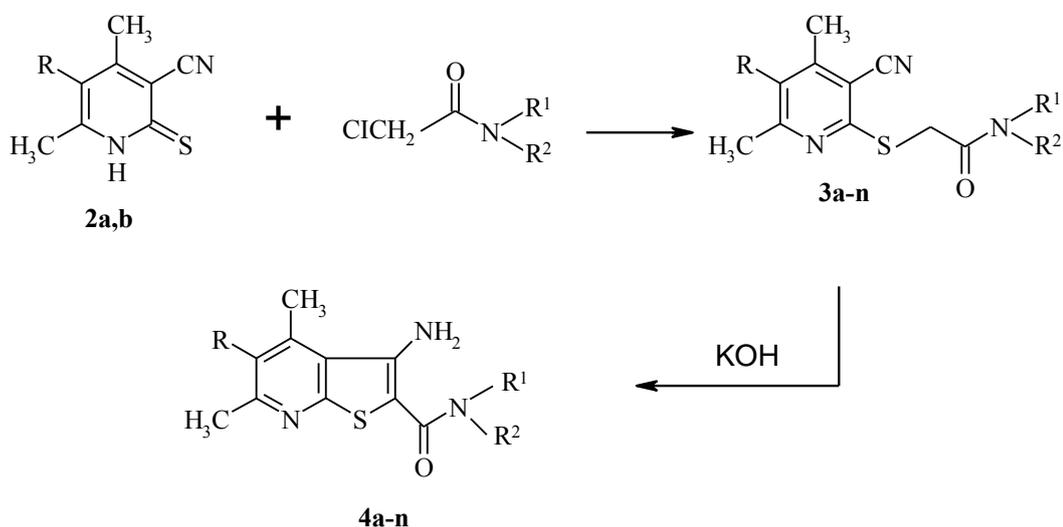
С целью поиска были синтезированы следующие ряды соединений:

— N-замещённые нафталин-2-сульфонамиды **1a-j**:



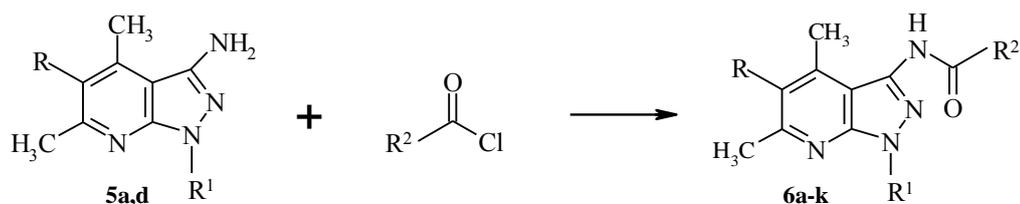
Где **1a** R = метил, R<sup>1</sup> = бензил; **1b** R = этил, R<sup>1</sup> = бензил; **1c** R = метил, R<sup>1</sup> = циклогексил; **1d** R = H, R<sup>1</sup> = 4-метоксибензил; **1e** R = H, R<sup>1</sup> = 2,5-диметоксифенил; **1f** R, R<sup>1</sup> = 2-метил-пиперидил; **1g** R = H, R<sup>1</sup>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

— производные 3-аминотиено[2,3-b]пиридинов **4a-n**:



Где **2a** R = Cl; **2b** R = H; **3, 4a** R = H; R<sup>1</sup> = H, R<sup>2</sup> = 2-бромфенил; **4b** R = H; R<sup>1</sup> = H, R<sup>2</sup> = 4-фторфенил; **4c** R = H; R<sup>1</sup> = H, R<sup>2</sup> = 3-фторфенил; **4d** R = Cl; R<sup>1</sup> = H, R<sup>2</sup> = 3-фторфенил; **4e** R = H; R<sup>1</sup> = пропил, R<sup>2</sup> = пропил; **4f** R = H; R<sup>1</sup> = пропил, R<sup>2</sup> = пропил; **4g** R = H; R<sup>1</sup> = H, R<sup>2</sup> = 2,5-диметокси-4-хлорфенил; **4h** R = Cl; R<sup>1</sup> = H, R<sup>2</sup> = 2,5-диметокси-4-хлорфенил; **4i** R = H; R<sup>1</sup>, R<sup>2</sup> = 2,5-диметилпиперидин; **4j** R = H, R<sup>1</sup>, R<sup>2</sup> = 2,5-диметилпиперидин; **4k** R = H, R<sup>1</sup> = H, R<sup>2</sup> = 2-йодфенил; **4l** R = Cl, R<sup>1</sup> = H, R<sup>2</sup> = 3-бромфенил; **4m** R = H, R<sup>1</sup> = H, R<sup>2</sup> = 4-хлор-2,6-диэтилфенил; **4n** R = Cl, R<sup>1</sup> = H, R<sup>2</sup> = 4-хлор-2,6-диэтилфенил.

— N-пиразоло-[3,4-b]пиридил-3-карбоксамидов **6a-k**:



Где **5a** R = Cl, R<sup>1</sup> = H; **5b** R = H, R<sup>1</sup> = H, **5c** R = Cl, R<sup>1</sup> = CH<sub>3</sub>; **5d** R = H, R<sup>1</sup> = CH<sub>3</sub>; **6a** R = Cl, R<sup>1</sup> = CH<sub>3</sub>, R<sup>3</sup> = 2-фторфенил; **6b** R = Cl, R<sup>1</sup> = CH<sub>3</sub>, R<sup>2</sup> = 4-бромфенил; **6c** R = Cl, R<sup>1</sup> = CH<sub>3</sub>, R<sup>2</sup> = 3-хлорфенил; **6d** R = H, R<sup>1</sup> = CH<sub>3</sub>, R<sup>2</sup> = метилфенил; **6e** R = Cl, R<sup>1</sup> = CH<sub>3</sub>, R<sup>2</sup> = бензил; **6f** R = Cl, R<sup>1</sup> = CH<sub>3</sub>, R<sup>2</sup> = циклогексил; **6g** R = Cl, R<sup>1</sup> = CH<sub>3</sub>, R<sup>2</sup> = неопентил; **6h** R = Cl, R<sup>1</sup> = CH<sub>3</sub>, R<sup>2</sup> = нафтил-1; **6i** R = Cl, R<sup>1</sup> = CH<sub>3</sub>, R<sup>2</sup> = 3-хлорметилфенил; **6j** R = Cl, R<sup>1</sup> = CH<sub>3</sub>, R<sup>2</sup> = циклогексил; **6k** R = Cl, R<sup>1</sup> = CH<sub>3</sub>, R<sup>2</sup> = 4-фторфенил; **6l** R = H, R<sup>1</sup> = H, R<sup>2</sup> = 2-хлорфенил; **6m** R = Cl, R<sup>1</sup> = CH<sub>3</sub>, R<sup>2</sup> = 2-метоксифенил; n R = Cl.

Для всех синтезированных соединений определены физико-химические константы (T<sub>пл.</sub>, T<sub>кип.</sub>), их структура подтверждена элементным анализом, а также методами ИК- и ЯМР <sup>1</sup>H-спектроскопии и масс-спектрометрии. Индивидуальность соединений установлена с помощью тонкослойной хроматографии.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Оценку рострегулирующей активности синтезированных соединений проводили на растениях озимой пшеницы сорта Калым на экспериментальном поле ВНИИБЗР по стандартной методике ЦИНАО [11].

Для посева использовали элитные семена озимой пшеницы (Калым). Лабораторная всхожесть семян 97-98 %, норма высева 220 кг/га. Сорт Калым включён в Госреестр РФ с 2008 г и широко используется в хозяйствах Южного Федерального округа. Растения этого сорта устойчивы к основным болезням, средняя урожайность за многолетний период превышает 50 ц/га. Кроме того сорт отличается качественными мукомольными и хлебопекарными свойствами.

Вегетирующие растения озимой пшеницы обрабатывали водным раствором синтезированного соединения дважды: в фазу кущения (доза 40 г/га) и в фазу флагового листа (доза 40 г/га). Опрыскивание проводили с помощью опрыскивателя ОЭМП-16. Площадь опытной делянки 8 м<sup>2</sup>, повторность 4-х кратная, размещение делянок последовательное.

Перед первой обработкой на делянках проведён учёт густоты стояния растений с помощью шаблонного квадрата (0,5 x 0,5) 0,25 м<sup>2</sup>. На опытном участке в процессе вегетации проводили наблюдения за основными фазами вегетации, болезнями и вредителями. Перед уборкой урожая на опытном участке проведён учёт густоты продуктивного стеблестоя и отбор модельных снопов для оценки основных элементов структуры урожая. Уборку урожая пшеницы осуществляли в период полного созревания зерна с помощью малогабаритного комбайна Хеге-125. С каждой делянки отбирали среднюю пробу зерна для последующего анализа качества.

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

Данные учётов и анализов подвергали статистической обработке методом дисперсионного анализа с помощью программы Microsoft Excel.

Рострегулирующую активность определяли по увеличению урожая зерна растений, обработанных исследуемыми соединениями, в сравнении с контролем (необработанные растения).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам полевого скрининга во всех синтезированных рядах соединений были найдены представители, проявляющие ростстимулирующий эффект на высоком уровне. В таблицах 1-2 представлены данные наиболее активных препаратов.

Влияние регуляторов роста на структуру урожая озимой пшеницы отражено в таблице 1. Вполне очевидно, что положительное воздействие препаратов проявляется в достоверном повышении продуктивности кущения и густоты продуктивного стеблестоя по сравнению с контрольными растениями. Фактическая густота стояния растений, которая определяется по соотношению продуктивный стеблестой: продуктивное кущение, составляет в опыте от 255 до 268 шт/м<sup>2</sup>, то есть разность между данными не превышает значения НСР<sub>05</sub> (13,8).

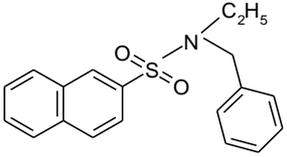
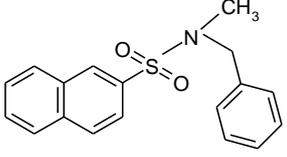
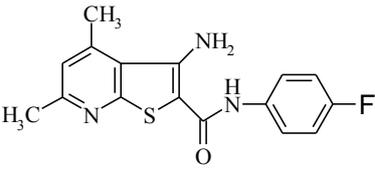
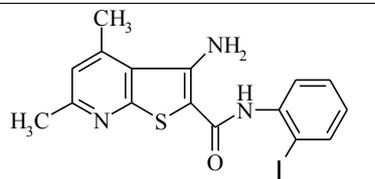
Что касается влияния изучаемых соединений на формирование элементов структуры урожая (длина колоса, количество колосков и зёрен, масса зерна) по сравнению с контролем, то оно наиболее выражено в увеличении количества колосков, особенно у соединений **4b** и **4k**. По озернённости колоса и массе зерна показатели были близкими между опытными вариантами и контролем.

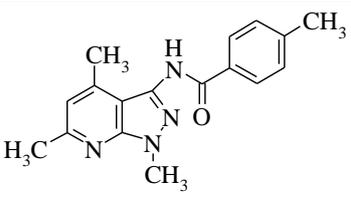
Таблица 1. Влияние регуляторов роста на структуру урожая, продуктивность и качество зерна озимой пшеницы

Шифр соединения	Продуктивность кущения	Продуктивный стеблестой, шт./м <sup>2</sup>	Средний показатель на один стебель				Масса 1000 зёрен, г
			Длина колоса, мм.	Кол-во колосков, шт.	Кол-во зерен, шт.	Масса зерна, г.	
Контроль	1,32	377	87,2	42,5	36,2	1,28	35,4
<b>1a</b>	1,64	425	88,2	45,8	35,1	1,32	37,6
<b>1b</b>	1,59	396	87,4	45,0	36,4	1,30	35,7
<b>4b</b>	1,61	433	85,6	45,5	38,2	1,36	35,6
<b>4k</b>	1,72	460	89,1	52,4	35,4	1,27	35,9
<b>6d</b>	1,68	448	85,3	50,4	36,8	1,32	35,9
НСР <sub>05</sub>	0,23	13,8	3,73	2,14	1,15	0,09	1,85

Анализ данных структуры урожая позволяет прогнозировать значительную эффективность препаратов в части повышения продуктивности озимой пшеницы, что подтверждается результатами учёта урожая, приведёнными в таблице 2.

Таблица 2. Рострегулирующая активность синтезированных соединений на озимой пшенице сорта Калым.

Формула (шифр) соединения	Доза, г/га	Урожайность зерна, ц/га	Прибавка к контролю		Содержание в зерне, %		
			ц/га	%	белка	клейковины	крахмала
Контроль	-	57,2	-	-	16,0	34,7	68,2
 <b>(1a)</b>	40 + 40	61,9	4,7	8,2	16,6	35,8	65,7
 <b>(1b)</b>	40 + 40	62,7	5,5	9,6	16,9	35,4	65,2
 <b>(4b)</b>	40 + 40	63,4	6,2	10,8	16,6	36,2	66,4
 <b>(4k)</b>	40 + 40	62,8	5,6	9,8	16,1	34,9	68,3

 <p style="text-align: center;"><b>(6d)</b></p>	40 + 40	63,3	6,1	10,7	15,8	35,4	66,5
НСР <sub>0,5</sub>	-	-	2,67		0,93	1,75	3,42

Во всех представленных опытных вариантах урожай зерна был существенно и достоверно выше, чем в контроле. Показатели качества зерна (содержание белка, клейковины и крахмала) в опытных вариантах и в контроле были идентичны.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, применение новых синтезированных соединений обеспечило существенное и достоверное повышение урожая зерна озимой пшеницы по сравнению с контролем. Прибавка урожая к контролю составила 4,7-6,2 ц/га или 8,2-10,8 %.

Использование препаратов положительно влияет на формирование таких элементов структуры урожая, как продуктивное кущение и продуктивный стеблестой, что обеспечивает существенное повышение продуктивности культуры. Качественные показатели зерна (содержание белка, клейковины, крахмала) аналогичны контролю.

Мы полагаем, что разработанные нами соединения при соответствующей технологической и токсикологической доработке могут найти применение качестве регуляторов роста озимой пшеницы, тем самым расширить спектр используемых средств защиты растений.

### Литература

1. Патент РФ, № 2432742. N-замещённые никотиноилмочевины, проявляющие рострегулирующую активность на проростках подсолнечника. Дмитриева И.Г., Дядюченко Л.В., Стрелков В.Д., Исакова Л.И. и др. Опубликовано 10.11.2011.

2. Патент РФ, № 2404582. N-Фурфурил-2-(4,5,6-триметил-3-циано-2-пиридилсульфанил)ацетамид в качестве регулятора роста сахарной свёклы. Дмитриева И.Г., Дядюченко Л.В., Назаренко В.Ю., Стрелков В.Д., и др. Опубликовано 27.11.2010.
3. Патент РФ, № 2422451. Стимулятор роста яровой пшеницы. Васильева Т.В., Елисеева Л.В., Кондратьева О.В., Митрасов Ю.Н., Щукина С.М. Опубликовано 27.06.2011.
4. Патент РФ, № 2408582. N-бензил-N-фенил-4,6-диметил-2-хлорпиридил-3-карбоксамид, проявляющий рострегулирующую активность. Дмитриева И.Г., Дядюченко Л.В., Стрелков В.Д., Исакова Л.И. и др. Опубликовано 10.01.2011.
5. Патент РФ, № 2408582. Стимулятор роста корневой системы озимых пшеницы и ячменя. Котова В.А., Рубанова Е.В., Яцинин В.Г. Опубликовано 27.09.2009.
6. Патент РФ, № 2395497. Способ стимулирования роста подсолнечника регулятором роста. Дмитриева И.Г., Дядюченко Л.В., Стрелков В.Д., Чеснюк А.А. и др. Опубликовано 27.07.2010.
7. Патент РФ, № 2357966. N-замещённые пиразоло[3,4-b]пиридил-3-сульфонамиды, проявляющие рострегулирующую активность. Дмитриева И.Г., Дядюченко Л.В., Стрелков В.Д., Макарова Н.А. Опубликовано 10.06.2009.
8. Пат. РФ, № 2098961. Способ регулирования роста растений пшеницы. Чекуров В.М.; Сергеева С.И.; Козлов В.Е.; Титков И.П. Дмитриева И.Г., Дядюченко Л.В., Стрелков В.Д., 20.12.1997.
9. Патент РФ, № 2359961. 6-{{2-(4-метилфенилкарбонил)-1-этил}гидразино}-4-метил-2-хлорникитинонитрил, проявляющий рострегулирующую активность. Дмитриева И.Г., Дядюченко Л.В., Стрелков В.Д., Доценко С.П. Опубликовано 27.06.2009.
10. Патент РФ, № 2411728. Стимулятор роста пшеницы. Чеснюк А.А., Чеснюк Л.П., Доценко С.П., Нещадим Н.Н. и др. Опубликовано 20.02.2011.
11. Краткие методические указания по проведению государственных испытаний регуляторов роста растений. ЦИНАО. Москва -1984 - с.20.

### References

1. Patent RU, № 2432742. N-zameshhyonnye nikotinoilmocheviny, proyavlyayushhie rostreguliruyushhuyu aktivnost' na prorostkah podsolnechnika. Dmitrieva I.G., Dyadyuchenko L.V., Strelkov V.D., Usakova L.I. i dr. Opublikovano 10.11.2011.
2. Patent RU, № 2404582. N- Furfuril-2-(4,5,6-trimetil-3-ziano-2-piridilsul'fanil)azetavid v kachestve regulyatora rosta saharnoj svekly. Dmitrieva I.G., Dyadyuchenko L.V., Nazarenko D. Yu., Strelkov V.D i dr. Opublikovano 27.11.2010.
3. Patent RU, № 2422451. Stimulyator rosta yarovoj pshenizy. Vasil'va T.V., Eliseeva L.V., Kondrat'eva O.V., Mitrasov Yu. N., Shhyukina S.M. Opublikovano 27.06.2011.
4. Patent RU, № 2408582. N-benzil-N-fenil-4,6-dimetil-2-hlorpiridil-3-karboksamid, proyavlyayushhij rostreguliruyushhuyu aktivnost'. Dmitrieva I.G., Dyadyuchenko L.V., Strelkov V.D., Usakova L.I. i dr. Opublikovano 10.01.2011.
5. Patent RU, № 2408582. Stimulyator rosta kornevoj sistemy ozimyh pshenizy i yachmenya. Kotova V.A., Rubanova E.V., Yazinin V.G. Opublikovano 27.09.2009.
6. Patent RU, № 2395497. Sposob stimulirovaniya rosta podsolnechnika regulyatorom rosta. Dmitrieva I.G., Dyadyuchenko L.V., Strelkov V.D., Shesnyuk A.A. i dr. Opublikovano 27.07.2010.
7. Patent RU, № 2357966. N-zameshhyonnye pirazolo[3,4-b]piridil-3-sul'fonilamidy, proyavlyayushhie rostreguliruyushhuyu aktivnost'. Dmitrieva I.G., Dyadyuchenko L.V., Strelkov V.D., Makarova N.A. Opublikovano 10.06.2009.

8. Patent RU, № 2098961. Sposob regulirovaniya rosta rastenij pshenizy. Chekurov V.M., Sergeeva S.I., Kozlov V.E., Titkov I.P. Opublikovano 20.12.1997.
9. Patent RU, № 2359961. 6-{{[2-(4-metilfenilkarbonil)-1-jetil]gidrazino}-4-metil-2-hlornikotinonitril, proyavlyashhij rostreguliruyushhuyu aktivnost'. Dmitrieva I.G., Dyadyuchenko L.V., Strelkov V.D., Dozenko S.P. Opublikovano 27.06.2009.
10. Patent RU, № 2411728. Stimulyator rosta pshenizy. Chesnyuk A.A., Chesnyuk L.P., Dozenko S.P., Neshhadim N.N. i dr. Opublikovano 20.02.2011.
11. Kratkie metodicheskie ukazaniya po provedeniyu gosudarstvennyh ispytaniy regulyatorov rosta rastenij. ZINAO. Moskva – 1984 – s. 20.