




DOI: 10.22363/2312-797X-2023-18-4-475-484

EDN: JTBZDL

УДК 632.952

Научная статья / Research article

## Разработка и синтез соединений с фунгицидной активностью в подавлении роста грибов

Ф.Д. Дахаева<sup>1</sup> , С. Бахман<sup>2</sup> , М.С. Гинс<sup>2,3</sup>  , М. Баят<sup>2</sup> <sup>1</sup>Чеченский государственный университет им. А.А. Кадырова, г. Грозный, Российская Федерация<sup>2</sup>Российский университет дружбы народов, г. Москва, Российская Федерация<sup>3</sup>Федеральный научный центр овощеводства, Московская обл., Российская Федерация  
 [gins-ms@rudn.ru](mailto:gins-ms@rudn.ru)

**Аннотация.** Проведено исследование с целью синтеза и изучения фунгицидной активности синтезированных химических соединений различных классов, в частности триазола и имидазола, ввиду широкого спектра действия и малых норм расхода. Разработанными методами синтеза получены несколько групп азотсодержащих гетероциклических соединений и проведена оценка их фунгицидной активности. Проверена ингибирующая активность соединений к штаммам грибов *Fusarium solani* (штамм, обладающий средней устойчивостью к фунгицидам) и *Sclerotinia sclerotiorum* (штамм, восприимчивый к большинству фунгицидов) из коллекции культур фитопатогенных микроорганизмов агробиотехнологического департамента РУДН. При синтезе новых химических соединений, обладающих фунгицидной активностью, установлены и структурно подтверждены производные мочевины 1-(3-(Дифторметил)-1-метил-1*H*-пиразол-5-ил)-3-(2-хлорфенил) мочевины. Все целевые соединения оценивались на их противогрибную активность по ингибированию роста мицелия. Предварительные результаты скрининга показали, что все синтезированные соединения обладают хорошей фунгицидной активностью в отношении *S. sclerotiorum*. Соединение 1-(3-(Дифторметил)-1-метил-1*H*-пиразол-5-ил)-3-(3-фторфенил) мочевины проявляла противогрибную активность в отношении *S. sclerotiorum*. В концентрации 100 ppm соединение подавляло рост штамма *S. sclerotiorum* на 90,5 %. Эксперимент *in vitro* выявил, что соединение 1-(3-(Дифторметил)-1-метил-1*H*-пиразол-5-ил)-3-(3-фторфенил) мочевины было эффективным для подавления склеротиниозной гнили — *S. Sclerotiorum* — в дозе 100 мг/л. Значимость исследований состоит в том, что производство экологически безопасной продукции в агропромышленном комплексе невозможно без разработки новых биологически активных соединений, обладающих низкими нормами расходов и показателями токсичности, контролируемой персистентностью, соответствующими мировому уровню. Полученные результаты можно внедрить в реальный сектор экономики, занимающийся производством химических средств защиты растений. Синтез и использование новых фунгицидов актуальны в сельскохозяйственном производстве как элемент развития и интенсификации существующих аграрных технологий.

© Дахаева Ф.Д., Бахман С., Гинс М.С., Баят М., 2023

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License  
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

**Ключевые слова:** триазолы, мочевины, средства защиты растений, азолы, пестициды, земледелие, химические гетероциклические соединения, биологическая эффективность





**Заявление о конфликте интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Финансирование. Благодарности.** Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБОУ ВО «ЧГУ им А. Кадырова (тема FEES-2023–0006).

**История статьи:** поступила в редакцию 13 сентября 2023 г., принята к публикации 3 октября 2023 г.

**Для цитирования:** Дахаева Ф.Д., Бахман С., Гинс М.С., Баят М. Разработка и синтез соединений с фунгицидной активностью в подавлении роста грибов // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2023. Т. 18. № 4. С. 475–484. doi: 10.22363/2312-797X-2023-18-3-475-484


## Development and synthesis of compounds with fungicidal activity in suppression of fungal growth

Fatima D. Dahaeva<sup>1</sup> , Sarah Bachman<sup>2</sup> ,  
Murat S. Gins<sup>2,3</sup>  , Maryam Bayat<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Chechen State University, Grozny, Russian Federation

<sup>2</sup>RUDN University, Moscow, Russian Federation

<sup>3</sup>Federal Scientific Vegetable Center, Moscow region, Russian Federation

 gins-ms@rudn.ru

**Abstract.** The research was conducted to synthesize and study fungicidal activity of synthesized chemical compounds of various classes, triazole and imidazole, and their mode of action due to the wide spectrum of action and low application rates. The developed synthesis methods resulted in several groups of nitrogen-containing heterocyclic compounds and evaluated their fungicidal activity. Inhibitory activity of compounds to strains of *Fusarium solani* (medium resistance to fungicides) and *Sclerotinia sclerotiorum* (susceptible to most fungicides) from the collection of phytopathogenic microorganisms of Agrobiotechnological Department, RUDN University, was tested. In the synthesis of new chemical compounds with fungicidal activity, urea derivatives 1-(3-(Difluoromethyl)-1-methyl-1H-pyrazole-5-yl)-3-(2-chlorophenyl) urea were identified and structurally confirmed. All target compounds were evaluated for their antifungal activity to inhibit mycelium growth. Preliminary screening results showed that all synthesized compounds have good fungicidal activity against *S. sclerotiorum*. The compound 1-(3-(Difluoromethyl)-1-methyl-1H-pyrazole-5-yl)-3-(3-fluorophenyl) urea showed antifungal activity against *S. sclerotiorum*. At concentration of 100 ppm, the compound suppressed growth of *S. sclerotiorum* strain by 90.5 %. An in vitro experiment revealed that the compound 1-(3-(Difluoromethyl)-1-methyl-1H-pyrazole-5-yl)-3-(3-fluorophenyl) urea was effective for suppressing white mold — *S. sclerotiorum*, at the dose of 100 mg/L. The significance of the research lies in the fact that production of eco-safe products in agroindustry is impossible without development of new biologically active compounds with low application rates and toxicity indicators, controlled persistence, corresponding to the world level. The results obtained can be implemented in real sector of economy engaged in production of chemical plant protection products. Synthesis and use of new fungicides are relevant in agricultural production as an element of development and intensification of existing agricultural technologies.

**Keywords:** triazoles, urea, plant protection products, azoles, pesticides, agriculture, chemical heterocyclic compounds, biological efficiency

**Conflicts of interest.** The authors declared no conflicts of interest.

**Funding.** The research was carried out on the government assignment of Chechen State University (FECS-2023–0006).

**Article history:** Received: 13 September 2023. Accepted: 3 October 2023.

**For citation:** Dahaeva FD, Bachman S, Gins MS, Bayat M. Development and synthesis of compounds with fungicidal activity in suppression of fungal growth. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2023; 18(3):475—484. doi: 10.22363/2312-797X-2023-18-3-475-484

## Введение

Более 30 % потерь при выращивании урожая в значительной мере обусловлены фитопатогенными грибами, вирусами, поэтому современное производство сельскохозяйственной продукции невозможно без применения фунгицидов, следовательно, разработка новых химических средств защиты растений актуальна для развития современного аграрного производства. «Быстрый рост населения Земли и связанная с этим нехватка продовольствия привели к развитию высокопроизводительной агроиндустрии с интегрированной системой защиты растений» [1]. При поражении фитопатогенными грибами сельскохозяйственная продукция может нести большие потери при производстве, а без применения фунгицидов — к полной гибели урожая при их выращивании. При многократном применении за один вегетационный год без учета механизма действия применяемые препараты становятся малоэффективными «ввиду возникновения резистентных штаммов микроорганизмов, в связи с чем поиск новых фунгицидов остается неизменно актуальным» [2, 3].

Низкой токсичностью для окружающей среды и человека из всего ассортимента различных классов системных фунгицидов обладают производные триазола и имидазола. Широкий спектр действия и малые нормы расхода обусловили их активное применение в сельском хозяйстве [4, 5]. Именно глобальная химизация сельского хозяйства позволила решить проблему нехватки продовольствия в мировом масштабе [6, 7]. Механизм действия «азольных фунгицидов состоит в ингибировании биосинтеза эргостерина (важнейшего компонента клеточных мембран грибов) на стадии окислительного деметилирования 14а-метильной группы ланостерина (фермент стерин-14а-деметилаза-СУР51)» [8, 9].

Наряду с положительным эффектом использование агрохимикатов в сельском хозяйстве имеет негативные последствия, связанные с загрязнением пестицидами и минеральными удобрениями окружающей среды, ухудшением показателей здоровья населения, глобальным изменением климата [10, 11]. Именно поэтому научными коллективами в различных странах ведутся исследования по разработке современных сельскохозяйственных технологий» [12, 13], поиску новых химических соединений, позволяющих уменьшить «негативное антропогенное влияние и обеспечивающих существенное снижение экологической нагрузки на окружающую среду, связанной с образованием

многочисленных отходов» [14, 15]. Эффективные подходы, позволяющие «существенно повысить качество аграрных технологий, часто заключаются в сбалансированном сочетании современных химических, биологических и аграрно-технологических достижений на каждом этапе производства сельскохозяйственной продукции, включая синтез действующего начала препарата, исследование его свойств, разработку препаративных форм, проведение биологических и полевых испытаний, создание технологических карт и рекомендаций по практическому применению» [16].

**Цель исследования** заключалась в синтезе химических соединений и разработке их методов получения, оценке фунгицидной активности в лабораторных условиях.

**Новизна исследований.** Разработаны общие методы синтеза нескольких групп азотсодержащих гетероциклических соединений с оценкой их фунгицидной активности. Получены химические соединения, обладающие ингибирующей активностью по отношению к штаммам грибов *Fusarium solani* (штамм, обладающий средней устойчивостью к фунгицидам) и *Sclerotinia sclerotiorum* (штамм, восприимчивый к большинству фунгицидов).

## Материалы и методы исследования

В работе использовали штаммы грибов *Fusarium solani* (штамм, обладающий средней устойчивостью к фунгицидам) и *Sclerotinia sclerotiorum* (штамм, восприимчивый к большинству фунгицидов) из коллекции культур фитопатогенных микроорганизмов агробиотехнологического департамента АТИ РУДН (табл. 1).

Таблица 1

### Штаммы грибов

Название штамма гриба	Растение	Видовое название гриба	Рост на среде КГА (PDA)
20МККК 1.1	Картофель	<i>Fusarium solani</i>	Медленный
КТОПС1	Топинамбур	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	Быстрый

Растворив синтезированное соединение в полярном апротонном растворителе диметилсульфоксиде, получали 1 % (1000 ppm) раствор препарата. После автоклавирования и застывания КГА (картофельно-глюкозный агар (состав компонентов на 1 л воды, г: картофель (200 г), глюкоза (20 г), агар (15 г)) исходный раствор использовали для приготовления смесей фунгицидов в концентрациях 10 и 100 ppm. Среду гомогенизировали и разливали в чашки Петри диаметром 85 мм из расчета примерно 20 мл на чашку. В середину чашки с отравленной средой КГА помещали блок агара с мицелием из 7-дневных культур. Для каждого варианта использовали 2 повторности. В тех же условиях выращивался контроль с ДМСО без фунгицида. Культуры инкубировали в термостате с заданной температурой  $22 \pm 2$  °С в течение

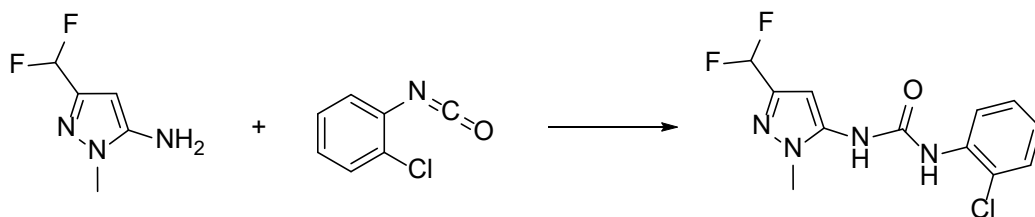
7 дней. Оценивали эффективность препаратов путем измерения радиального роста колоний каждого гриба. Радиальный рост измерялся по двум перпендикулярным осям, проведенным от основания каждой чашки Петри и пересекающимся в центре колонии. Опыт проводили в двух повторностях. В качестве показателя эффективности действия препаратов использовали процент подавления роста, который рассчитывали по формуле

$$D = \frac{D_0 - D_c}{D_0} 100,$$

где  $D$  — подавление роста колонии, %;  $D_0$  — диаметр колонии в контроле;  $D_c$  — диаметр колонии в опыте.

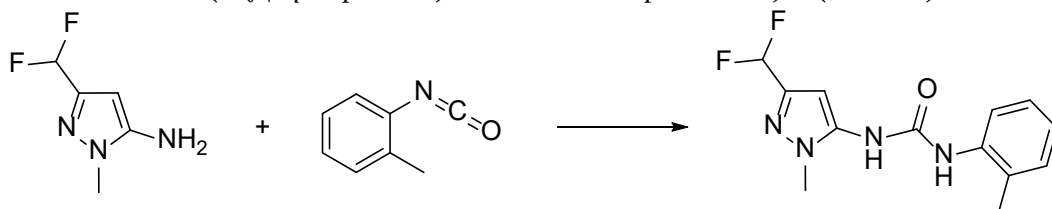
## Результаты исследований и обсуждение

1. Синтез производных мочевины 1-(3-(Дифторметил)-1-метил-1H-пиразол-5-ил)-3-(2-хлорфенил) мочевины



К раствору аминопиразола (0,129 г, 0,88 ммоль) в дихлорметане (5 мл) добавили 2-хлорфенилизоцианат (0,148 г, 0,96 ммоль) и кипятили 6 часов. По окончании реакции продукт очищали колоночной хроматографией на  $\text{SiO}_2$  на автоматическом хроматографе в смеси  $\text{EtOAc}$ /Гексан, что дает 0,176 г (66 %) мочевины. Спектр ЯМР<sup>1</sup>H (400 МГц, DMSO):  $\delta$  9,52 (с, 1H), 8,65 (с, 1H), 8,15 (д,  $J = 8,4$  Гц, 1H), 7,48 (д,  $J = 7,9$  Гц, 1H), 7,32 (т,  $J = 7,9$  Гц, 1H), 7,06 (дд,  $J = 11,3, 4,5$  Гц, 1H), 6,89 (т,  $J_F = 54,6$  Гц, 1H), 6,48 (с, 1H), 3,77 (с, 3H). ЯМР<sup>19</sup>F (283 МГц, DMSO).

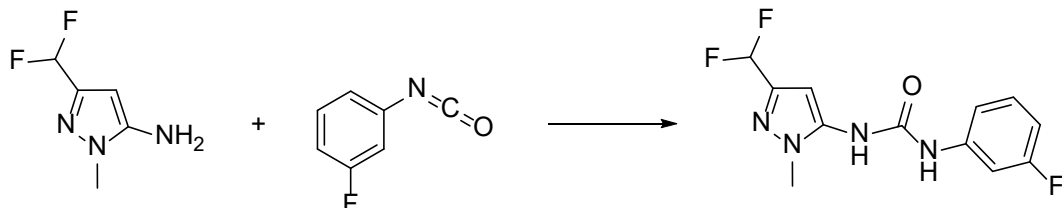
2. Синтез 1-(3-(Дифторметил)-1-метил-1H-пиразол-5-ил)-3-(о-толил) мочевины



К раствору аминопиразола (0,129 г, 0,88 ммоль) в дихлорметане (5 мл) добавили 2-толилизотиоцианат (0,128 г, 0,96 ммоль) и кипятили 18 часов. По окончании реакции продукт очищали колоночной хроматографией на  $\text{SiO}_2$  (картридж Agilent)

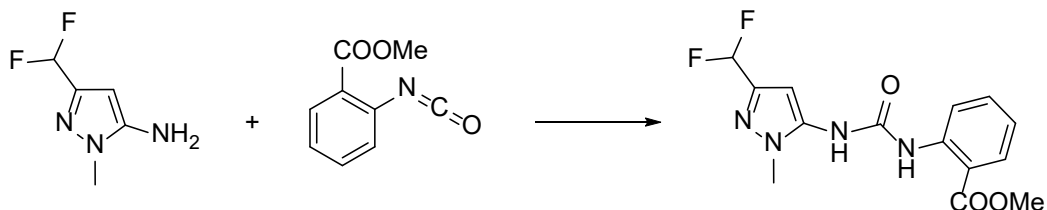
на автоматическом хроматографе в смеси EtOAc/Гексан, что дает 0,198 г (80 %) мочевины. Спектр ЯМР<sup>1</sup>H (400 МГц, DMSO): δ 9,11 (с, 1H), 8,24 (с, 1H), 7,79 (д,  $J = 7,8$  Гц, 1H), 7,29–7,09 (м, 2H), 6,99 (д,  $J = 9,0$  Гц, 1H), 6,86 (т,  $J_F = 46,4$  Гц, 1H), 6,46 (с, 1H), 3,75 (с, 3H), 2,26 (с, 3H). ЯМР<sup>19</sup>F (376 МГц, DMSO).

### 3. Синтез 1-(3-(Дифторметил)-1-метил-1H-пиразол-5-ил)-3-(3-фторфенил) мочевина



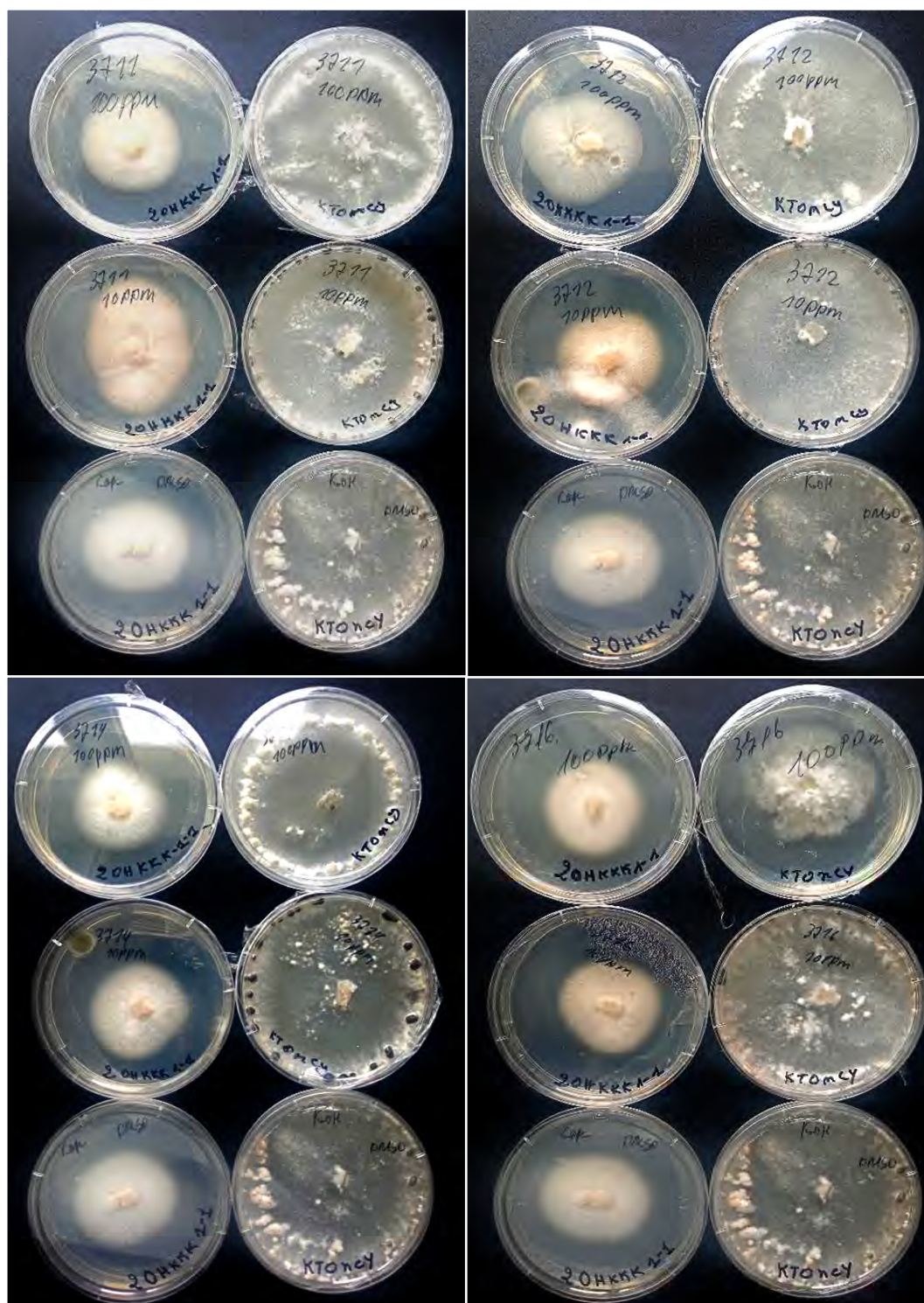
К раствору аминопиразола (0,129 г, 0,88 ммоль) в дихлорметане (5 мл) добавили 3-фторфенилизотиоцианат (0,131 г, 0,96 ммоль) и кипятили 4 часа. По окончании реакции продукт очищали колоночной хроматографией на SiO<sub>2</sub> (картридж Agilent) на автоматическом хроматографе в смеси EtOAc/Гексан, что дает 0,195 г (78 %) мочевины. Спектр ЯМР<sup>1</sup>H (400 МГц, CDCl<sub>3</sub>): δ 9,23 (с, 1H), 8,86 (с, 1H), 7,49 (д,  $J = 11,7$  Гц, 1H), 7,41–7,25 (м, 1H), 7,16 (д,  $J = 8,0$  Гц, 1H), 6,88 (т,  $J^F = 54,8$  Гц, 1H), 6,82 (т,  $J = 8,2$  Гц, 1H), 6,45 (с, 1H), 3,72 (с, 3H). <sup>19</sup>F (376 МГц, DMSO).

### 4. Синтез 1-(3-(Дифторметил)-1-метил-1H-пиразол-5-ил)-3-(2-метоксифенил) мочевина



К раствору аминопиразола (0,129 г, 0,88 ммоль) в дихлорметане (5 мл) добавили 2-(карбоксиметил) фенилизотиоцианат (0,170 г, 0,96 ммоль) и кипятили 4 часа. По окончании реакции после упаривания и промывания смесью эфира с гексаном получилось неочищенного продукта 0,035 г (12 %) мочевины продукт использовали без очистки.

Для оценки фунгицидных свойств методом *in vitro* использовали штаммы грибов *Fusarium solani* (штамм, обладающий средней устойчивостью к фунгицидам) и *Sclerotinia sclerotiorum* (штамм, восприимчивый к большинству фунгицидов) (рис.).



Влияние синтезированных соединений на рост грибов  
Источник: сделано авторами

1-(3-(Дифторметил)-1-метил-1Н-пиразол-5-ил)-3-(2-метоксифенил) мочевины оказал ингибирующий эффект против *S. sclerotiorum*, в концентрации 100 ppm, соответствующий 90,5 %.

Данные табл. 2 показывают, что соединения 1-(3-(Дифторметил)-1-метил-1Н-пиразол-5-ил)-3-(2-метоксифенил) мочевины проявляют более высокую фунгицидную активность по сравнению с широко используемым в качестве контроля триазолом.

Таблица 2

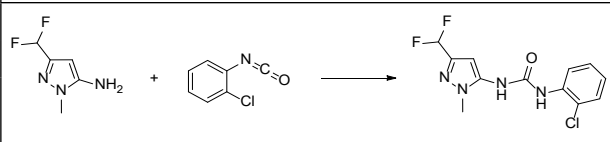
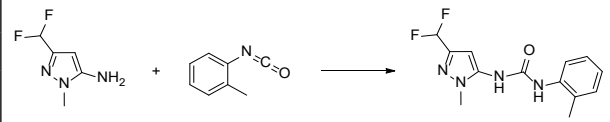
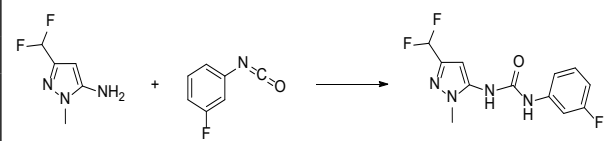
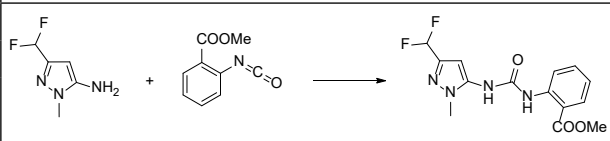
**Характеристика синтезированных соединений**

Соединение	Масса, мг	Молекулярный вес	Исходный раствор (1000 ppm)
	43	280	43 мг + 4300 мкл ДМСО
	40	301	40 мг + 4000 мкл ДМСО
	42	284	42 мг + 4200 мкл ДМСО
	35	340	35 мг + 3500 мкл ДМСО

Результатом синтеза является химическое соединение 1-(3-(Дифторметил)-1-метил-1Н-пиразол-5-ил)-3-(3-фторфенил) мочевины, обладающее фунгицидной активностью (табл. 3).

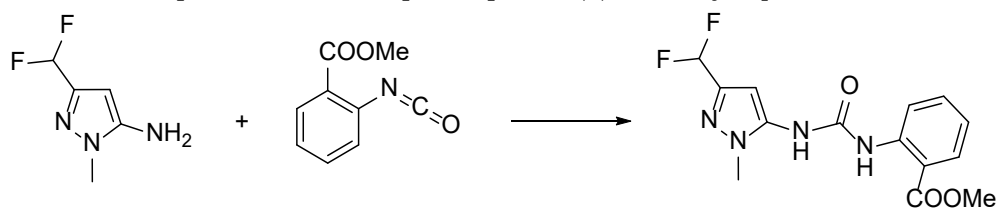


Фунгицидная активность синтезированного химического соединения

Соединение	Варианты	Снижение роста мицелия грибов, в % к контролю	
		<i>Fusarium solani</i>	<i>S. sclerotiorum</i>
	Контроль	49,5	65
	10 ppm	60	75
	100 ppm	79,5	85
	Контроль	49,5	75
	10 ppm	59,5	73
	100 ppm	79,5	77,2
	Контроль	49,5	65
	10 ppm	49,5	70
	100 ppm	49,5	72
	Контроль	49,5	75
	10 ppm	54,3	85
	100 ppm	65,5	90,5

## Заключение

Установлены структуры, обладающие фунгицидной активностью, содержащие синтез 1-(3-(Дифторметил)-1-метил-1Н-пиразол-5-ил)-3-(2-метоксифенил) мочевины, в концентрации 100 мг/л в растворителе Диметилсульфоксид.



## Список литературы

1. Гар М.М., Кривцова В.Г., Попков С.В. Синтез и фунгицидная активность 8-алкил-4-арил-3, 4, 5, 6, 7, 8- и 3, 4, 5, 6, 7, 10-гексагидро-2(7Я)-хиназолинтионов и их аналогов // *Агрохимия*. 2013. № 4. С. 60–68.
2. Попков С.В. Синтез и фунгицидная активность замещенных 1-азолилметилциклогексанолов: дис. ... канд. хим. наук. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 1994.
3. Гар М.М., Архипова О.Н., Попков С.В. Синтез и фунгицидная активность замещенных 2-тиокарбам оил-3-фенил-3,3а,4,5,6,7-гекса-гидро-2-индазолов // *Успехи в химии и хим. технологии: сб. науч. трудов*. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2007. Т. 21. № 12. С. 80.
4. Бехзад А., Астарханова Т.С. Биологическая эффективность фунгицидов нового поколения против листостебельных болезней озимой пшеницы // *Теоретические и прикладные проблемы АПК*. 2023. № 1 (55). С. 23–28. doi: 10.32935/2221-7312-2023-55-1-23-28

5. Cao F., Souders C.L. 2nd, Li P., Pang S., Qiu L., Martyniuk C.J. Developmental toxicity of the triazole fungicide cyproconazole in embryo-larval stages of zebrafish (*Danio rerio*) // *Environmental Science and Pollution Research International*. 2019. Vol. 26. № 5. P. 4913–4923. doi: 10.1007/s11356-018-3957-z
6. Беззад А., Бахман С., Астарханова Т.С., Пакина Е.Н. Характеристика гетероциклических соединений и активность синтезированных соединений против мучнисторосяных грибов *Erysiphe graminis* // III Международная научно-практическая конференция «WORLD OF SCIENCE». 2023. С. 79–91.
7. Burmaoglu S., Yilmaz A.O., Polat M.F., Kaya R., Gulcin I., Algul O. Synthesis of novel tris-chalcones and determination of their inhibition profiles against some metabolic enzymes // *Arch Physiol Biochem*. 2021. Vol. 127. № 2. P. 153–161. doi: 10.1080/13813455.2019.1623265
8. Гар М.М., Архипова О.Н., Попков С.В. Синтез и фунгицидная активность 7-замещенных 2-тиокарбамоил-3-арил-гексагидроиндазолов // *Агрохимия*. 2009. № 6. С. 40–45.
9. Астарханова Т.С., Пакина Е.Н. Синтез и характеристика соединений с фунгицидной активностью // II Международная научно-практическая конференция «Научный форум». Пенза, 2023. С. 31–34.
10. Гар М.М., Еремеев А.В., Попков С.В. Направленный синтез стереоизомерных 2-тиокарбамоил-3-арил-3,3а,4,5,6,7-гексагидро-2-индазолов, обладающих фунгиотоксичностью // XIX Менделеевский съезд по общей и прикладной химии: тез. докл.: в 4 т. Волгоград: ИУНЛ ВолгГТУ, 2011. Т. 1. С. 159.
11. Petricca S., Flati V., Celenza G., Di Gregorio J., Lizzi A.R., Luzzi C., Cristiano L., Cinque B., Rossi G., Festuccia C., Iorio R. Tebuconazole and econazole act synergistically in mediating mitochondrial stress, energy imbalance, and sequential activation of autophagy and apoptosis in mouse Sertoli TM4 cells: possible role of AMPK/ULK1 axis // *Toxicological Sciences*. 2019. Vol. 169. № 1. P. 209–223. doi: 10.1093/toxsci/kfz031
12. Шарупов М.Ю., Терентьев А.О. Создание фунгицидных препаратов на основе органических тиоцианатов // Тезисы докладов. Зимняя конференция молодых ученых по органической химии «WSOC-2016». Красновигово, 2016. С. 238.
13. Burmaoglu S., Yilmaz A.O., Taslimi P., Algul O., Kilic D., Gulcin I. Synthesis and biological evaluation of phloroglucinol derivatives possessing  $\alpha$ -glycosidase, acetylcholinesterase, butyrylcholinesterase, carbonic anhydrase inhibitory activity // *Arch Pharm (Weinheim)*. 2018. № 351(2). doi: 10.1002/ardp.201700314
14. Bayat M., Zargar M., Murtazova K.S., Nakhaev M.R., Shkurkin S.I. Ameliorating Seed Germination and Seedling of Nano-Primed Wheat and Flax Seeds Using Seven Biogenic Metal-Based Nanoparticles // *Agronomy*. 2022. Vol. 12. № 4. P. 811. doi: 10.3390/agronomy12040811
15. Liu A., Wang X., Liu X., Li J., Chen H., Hu L., Yu W., He L., Liu W., Huang M. Synthesis and Fungicidal Activity of Novel 2-Heteroatomthiazole-based Carboxanilides // *J. Heterocyclic. Chem*. 2017. Vol. 54. № 2. P. 1625–1629. doi: 10.1002/jhet.2668
16. Хаскин Б.А. Механизм действия системных фунгицидов // *Журнал Всесоюзного химического общества им. Д.И. Менделеева*. 1988. Т. 33. № 6. С. 698–710.

#### Об авторах:

Дахаева Фатима Дикалитовна — кандидат экономических наук, доцент кафедры информационных технологий, Чеченский государственный университет им. А.А. Кадьрова, Российская Федерация, 364021, Чеченская Республика, г. Грозный, ул. Шерипова, д. 32; e-mail: dahaeval@mail.ru  
ORCID: 0009-0003-9996-3981

Бахман Сара — соискатель агробиотехнологического департамента аграрно-технологического института, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 8/2; e-mail: khadem2021@mail.ru  
ORCID: 0009-0004-9647-9630

Гинс Мурат Сабирович — доктор биологических наук, член-кор., профессор агробиотехнологического департамента, аграрно-технологический институт, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 8; заведующий лабораторией физиологии и биохимии растений, интродукции и функционального продукта, Федеральный научный центр овощеводства, Российская Федерация, 143080, Московская обл., Одинцовский район, поселок ВНИИССОК, ул. Селекционная, д. 14; e-mail: anirr@bk.ru  
ORCID: 0000-0001-5995-2696; Scopus Author ID: 6603575024

Баят Марьям — кандидат биологических наук, ассистент агробиотехнологического департамента аграрно-технологического института, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 8/2; e-mail: baiat@mail.ru  
ORCID: 0000-0003-0432-3598