

УДК 581.144+547.71/.72/.78

**ВЛИЯНИЕ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ  
(ТИО)СЕМИКАРБАЗОНИМИ  
2,4-ДИАРИЛБИЦИКЛО[3.3.1]НОН-2-ЕН-9-ОНОВ  
НА РОСТ *TRITICUM AESTIVUM* L.**

**В. В. Коробко, Н. В. Пчелинцева, Н. В. Миронова,  
Я. Г. Крылатова, Е. С. Жестовская**

*Саратовский национальный исследовательский государственный  
университет имени Н. Г. Чернышевского  
Россия, 410012, Саратов, ул. Астраханская, 83  
E-mail: v.v.korobko@mail.ru*

Поступила в редакцию 12.02.2019 г.

После доработки 10.03.2019 г.

Принята к публикации 14.06.2019 г.

Проведено биологическое тестирование синтетических N-производных бициклических кетонов соединений – (тио)семикарбазонов 2,4-диарилбицикло[3.3.1]нон-2-ен-9-онов, которые отличаются характером арильных заместителей и N-нуклеофила. Исследуемые соединения получены на кафедре органической и биоорганической химии Института химии Саратовского национального исследовательского государственного университета. Объект исследования – яровая мягкая пшеница *Triticum aestivum* L. сорта Саратовская 36. Перед культивированием проводили обработку семян испытуемыми растворами. Для оценки физиологической активности соединений использовали сравнительный анализ морфометрических показателей роста корневой системы и побега опытных и контрольных растений. Установлено, что соединения, отличающиеся характером арильных заместителей и N-нуклеофила, оказывают различное действие на рост проростков. Семикарбазон 2, 4-дифенилбицикло[3.3.1]нон-2-ен-9-она в концентрации  $10^{-6}$  М способствует росту корневой системы, повышению показателя корнеобеспеченности и значения корневого индекса проростков относительно контроля. Тиосемикарбазон 2-фенил-4-(4'-метоксифенил)бицикло[3.3.1]нон-2-ен-9-она в концентрациях  $10^{-6}$  и  $10^{-12}$  М стимулирует рост корневой системы и побега, способствует повышению корневого индекса и корнеобеспеченности проростков. Обработка семян раствором тиосемикарбазона 2-(4'-хлорфенил)-4-фенилбицикло[3.3.1]нон-2-ен-9-она в концентрации  $10^{-6}$  М ингибирует рост

## ВЛИЯНИЕ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ НА РОСТ ПШЕНИЦЫ

побега, в концентрации  $10^{-12}$  М побега и корневой системы проростка.

**Ключевые слова:** регуляторы роста, биотестирование, рост и развитие растений, мягкая пшеница.

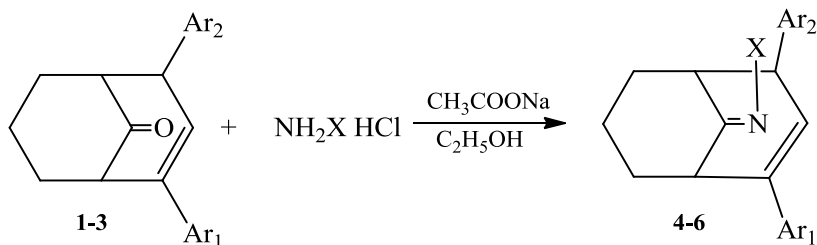
DOI: 10.18500/1682-1637-2019-2-3-124-132

Предпосевная обработка семян растений регуляторами роста проводится с целью повышения всхожести семян, устойчивости к заболеваниям, ускорения развития, повышения урожайности. Большое разнообразие и высокая биологическая активность органических соединений способствует их широкому использованию в качестве препаратов бактерицидного, фунгицидного, гербицидного действия, росторегулирующего действия (Мельников и др., 1995). Биологическое тестирование в лабораторных условиях является объективным, надежным и относительно быстрым способом оценки физиологической активности веществ (Коробко и др., 2018).

### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проводились в 2018 году на кафедре микробиологии и физиологии растений Саратовского национального исследовательского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского.

Биотестированию подвергнуты (тио)семикарбазоны 2,4-диарилбицикло[3.3.1]нон-2-ен-9-онов (рис.1, 4 – 6), отличающиеся характером арильных заместителей и N-нуклеофила, а именно семикарбазон 2,4-дифенилбицикло[3.3.1]нон-2-ен-9-она (СК), тиосемикарбазон 2-(4'-хлорфенил)-4-фенилбицикло[3.3.1]нон-2-ен-9-она (ХТСК) и тиосемикарбазон 2-фенил-4-(4'-метоксифенил)бицикло[3.3.1]нон-2-ен-9-она (МТСК). Исследуемые соединения получены с выходом 70 – 86% при кипячении в абсолютном этаноле с добавлением ацетата натрия или пропанол-2 исходных кетонов с (тио)семикарбазидом (рис. 1) на кафедре органической и биоорганической химии Института химии СГУ (Колеватова, 2009; Жестовская, Крылатова, 2012). Синтезированные N-производные 2,4-диарилбицикло[3.3.1]нон-2-ен-9-онов представляют собой бесцветные кристаллические вещества, с высокими температурами плавления хорошо растворимые в этаноле, плохо – в хлороформе и воде. Концентрацию веществ устанавливали по молекулярному весу, в трех характерных для физиологически активных веществ действующих дозах:  $10^{-6}$  М,  $10^{-9}$  М,  $10^{-12}$  М.



**Рис. 1.** Получение (тио)семикарбазонов 2,4-диарилбисцикло[3.3.1]нон-2-ен-9-онов: 1, 4  $Ar_1=Ar_2= C_6H_5$ ,  $X=NHC(O)-NH_2$  (СК); 2,5  $Ar_1=4-ClC_6H_4$ ,  $Ar_2= C_6H_5$ ,  $X= NHC(S)-NH_2$  (ХТСК), 3,6  $Ar_1=C_6H_5$ ,  $Ar_2= 4-CH_3OC_6H_4$ ,  $X= NHC(S)-NH_2$  (МТСК).

**Fig. 1.** Preparation of (thio) semicarbazones 2,4-diaryl bicyclo [3.3.1] non-2-en-9-ones: 1, 4  $Ar_1 = Ar_2 = C_6H_5$ ,  $X = NHC(O)-NH_2$  (SC); 2,5  $Ar_1=4-ClC_6H_4$ ,  $Ar_2= C_6H_5$ ,  $X= NHC(S)-NH_2$  (CTSK), 3,6  $Ar_1=C_6H_5$ ,  $Ar_2= 4-CH_3OC_6H_4$ ,  $X= NHC(S)-NH_2$  (MTSK).

Объектом исследования служили проростки яровой мягкой пшеницы *Triticum aestivum* L. сорта Саратовская 36. Использовали неповрежденные, выровненные по размеру семена 2016 года репродукции, с хорошей всхожестью ( $\geq 95\%$ ). Для изучения влияния предварительной обработки посевного материала на развитие растений семена замачивали в испытуемых растворах в течение двух суток, затем культивировали в чашках Петри на дистиллированной воде.

Культивирование проростков осуществлялось в климатостате при температуре  $+ 18^\circ C$ . На семидневных проростках проводили количественный учет роста и развития: определяли длину корневой системы проростка, длину побега ( $n = 20$ ). По полученным данным рассчитывали показатели корневого индекса. Результаты исследований подвергались статистической обработке в табличном процессоре Excel пакета программ MS Office 2010.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Все испытуемые растворы в концентрации  $10^{-6}$  М оказали в той или иной степени стимулирующее действие на рост корневой системы проростка (таблица). При обработке семян растворами СК и МТСК общая длина корней проростков составила 222 – 225 мм, ХТСК – 212 мм.

## ВЛИЯНИЕ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ НА РОСТ ПШЕНИЦЫ

Наибольшая длина корневой системы характерна проросткам, зерновки которых подвергались предпосевной обработке раствором МТСК в концентрации  $10^{-12}$  М; их длина составила 247 мм, что на 21% выше, чем в контроле.

**Таблица.** Влияние предпосевной обработки семян на рост корневой системы и побега проростков пшеницы сорта Саратовская 36

**Table.** The effect of presowing seed treatment on the growth of the root system and the shoot of wheat seedlings of the variety Saratovskaya 36

Варианты Options		Показатели / Indicators		
		корневой индекс, отн.ед. root index, rel. units	длина корней, мм root length, mm	длина побега, мм shoot length, mm
Контроль / Control		1.00	204.0±7.1	54.3±3.7
СК	C= $10^{-6}$ М	1.12	222.2±7.7	52.5±3.0*
	C= $10^{-9}$ М	0.58	103.6±9.8	43.7±2.7
	C= $10^{-12}$ М	1.11	196.8±9.2*	56.4±2.8*
МТСК	C= $10^{-6}$ М	1.16	225.3±10.3	56.8±2.7*
	C= $10^{-9}$ М	0.98*	195.1±7.1*	51.2±3.1*
	C= $10^{-12}$ М	1.16	246.8±13.5	57.5±3.4*
ХТСК	C= $10^{-6}$ М	1.00*	212.0±7.1*	46.2±3.1
	C= $10^{-9}$ М	1.07	195.9±10.4*	54.2±2.8*
	C= $10^{-12}$ М	1.00*	190.1±5.4	49.3±2.9

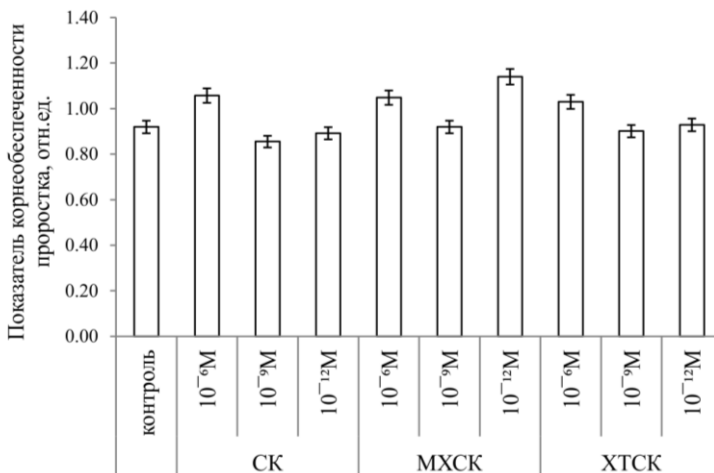
*Примечание:* \* – различия между контрольными и опытными значениями недостоверны.

*Note:* \* – differences between control and test values are not reliable.

Предпосевная обработка растворами (тио)семикарбазонов кетонов в некоторых концентрациях оказали негативное влияние на рост корневой системы в длину. Такой эффект отмечен при действии СК в концентрации  $10^{-9}$  М (длина корневой системы опытных растений составила 84% от контроля) и ХТСК в концентрации  $10^{-12}$  М (длина корневой системы опытных растений составила 93% от контроля). Длина корневой системы проростка в других вариантах опыта не отличалась или имела не существенные отличия от контрольных значений.

Корневой индекс рассчитывали как среднее значение длины самых длинных корней, отнесенное к аналогичному значению в контроле. Повышению данного показателя роста опытных растений на 11 – 16% способствовала предпосевная обработка растворами СК и МТСК в концен-

трациях  $10^{-6}$  и  $10^{-12}$  М. Негативное действие на данный показатель обнаружено при использовании СК в концентрации  $10^{-9}$  М. Корневой индекс проростков в других вариантах опыта соответствует контрольным значениям или имеет несущественные отличия.



**Рис. 2.** Влияние предпосевной обработки (тио)семикарбазонами 2,4-диарил-бицикло[3.3.1]нон-2-ен-9-онов на показатель корнеобеспеченности проростков: СК – семикарбазон 2,4-дифенилбицикло[3.3.1]нон-2-ен-9-она; ХТСК – тиосемикарбазон 2-(4'-хлорфенил)-4-фенилбицикло[3.3.1]нон-2-ен-9-она; МТСК – тиосемикарбазон 2-фенил-4-(4'-метоксифенил)бицикло[3.3.1]нон-2-ен-9-она.

**Fig. 2.** The effect of preplanting cultivation of (thio)semicarbazone 2,4-diaryl-bicyclo[3.3.1]non-2-en-9-ones on the root-availability index of seedlings: СК – semicarbazone 2,4-diphenylbicyclo[3.3.1] non-2-en-9-one; ХТСК – thiosemicarbazone 2-(4'-chlorophenyl)-4-phenylbicyclo[3.3.1]non-2-en-9-one; МТСК – thiosemicarbazone 2-phenyl-4-(4'-methoxyphenyl)bicyclo[3.3.1]non-2-ene-9-one.

Одним из показателей развития проростка является корнеобеспеченность, как отношение абсолютно сухой массы корневой системы к абсолютно сухой массе побега (Коробко, Стапанов, 2017). Исследование влияния предпосевной обработки семян испытываемыми растворами на корнеобеспеченность проростка показало, что благоприятное

## ВЛИЯНИЕ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ НА РОСТ ПШЕНИЦЫ

действие на данный показатель роста растений оказали растворы ХТСК и СК в концентрации  $10^{-6}$  М: корнеобеспеченность проростков опытных растений составила 1.03 и 1.06 отн.ед соответственно, что на 12 – 15% выше контрольных значений, и растворы МТСК в концентрациях  $10^{-6}$  и  $10^{-12}$  М: корнеобеспеченность проростков составила 1.05 и 1.14, что превышает контроль на 14 и 24% (рис. 2).

Наименьшим значением корнеобеспеченности – 0.86 отн. ед. (93% от контроля) – характеризуются проростки, семена которых перед культивированием были обработаны раствором  $10^{-9}$  М СК. В других вариантах эксперимента показатель корнеобеспеченность опытных растений варьирует в пределах 0.89 – 0.93 отн. едн, что соответствует корнеобеспеченности контрольных растений (0.92 отн. ед.) или статистически от них не отличаются.

Растворы (тио)семикарбазонов кетонов в некоторых концентрациях оказывают влияние на рост надземной части (см. таблицу). Предпосевная обработка семян растворами  $10^{-12}$  М ХТСК приводит к подавлению роста проростка в длину на 9%, а  $10^{-9}$  М СК и  $10^{-6}$  М ХТСК на 15 – 20% по сравнению с контролем. В остальных вариантах опыта влияние испытуемых растворов на рост побега не выявлено или является статистически не достоверным.

### ВЫВОДЫ

Проведенное исследование позволяет оценить физиологическую активность (тио)семикарбазонов 2,4-диарилбицикло[3.3.1]нон-2-ен-9-онов, отличающихся характером арильных заместителей и N-нуклеофила при использовании их растворов для предпосевной обработки семян. Установлено, что обработка зерновок СК в концентрации  $10^{-6}$  М способствует росту корневой системы, повышению показателя корнеобеспеченности и значения корневого индекса относительно контроля. Менее концентрированные растворы СК подавляют рост корневой системы, при этом корнеобеспеченность растений составляет 93 – 97% от контроля.

Обработка семян перед культивированием растворами МТСК в концентрациях  $10^{-6}$  и  $10^{-12}$  М положительно влияет на рост корневой системы и побега, способствует повышению корневого индекса проростков на 20%, корнеобеспеченности на 14 – 24% относительно контрольных растений.

Предпосевная обработка семян растворами ХТСК ингибирует

рост корневой системы ( $10^{-12}$  М) и побега ( $10^{-6}$  и  $10^{-12}$  М) в длину или не оказывает на них существенного влияния. При этом показатель корнеобеспеченности и корневой индекс проростков статистических различий с контрольными растениями не имеют; исключение составили растения, полученные из зерновок, обработанных раствором ХТСК в концентрации  $10^{-6}$  М, корнеобеспеченность которых на 12% выше контрольных значений.

Таким образом, следует заключить, что изученные (тио)семикарбазоны 2,4-диарилбицикло[3.3.1]нон-2-ен-9-онов, отличающиеся характером арильных заместителей и N-нуклеофила, обладают различной физиологической активностью при обработке семенного материала их растворами.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

*Жестовская Е. С., Крылатова Я. Г.* Синтез 2,4-динитрофенилгидразонов и тиосемикарбазонов 2,4-диарилбицикло[3.3.1]нон-2-ен-9-онов // Вопросы биологии, экологии, химии и методики обучения: сб. науч. ст. Вып.14. Саратов, 2012. С. 38 – 39.

*Колеватова Я. Г.* 2,4-Диарилбицикло[3.3.1]нон-2-ен-9-оны: синтез, строение и некоторые химические превращения: дис. ...канд. хим. наук. Саратов, 2009. 139 с.

*Коробко В. В., Пчелинцева Н. В., Самсонова Е. А., Баталин С. Д., Лунёва М. А.* Влияние N,O,S-содержащих гетероциклических соединений на рост корневой системы проростков *Triticum aestivum* L. // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Химия. Биология. Экология. 2018. Т. 18, № 1. С. 45 – 51.

*Коробко В. В., Степанов С. А.* Влияние температуры на развитие корневой системы проростков твёрдой пшеницы // Вопросы биологии, экологии, химии и методики обучения: сб. науч. ст. Вып. 19. Саратов, 2017. С. 3 – 6.

*Мельников Н. Н., Новожилов К. В., Белан С. Р.* Пестициды и регуляторы роста растений. Справочник. М.: Химия. 1995. 576 с.

---

#### Образец для цитирования:

*Коробко В. В., Пчелинцева Н. В., Миронова Н. В., Крылатова Я. Г., Жестовская Е. С.* Влияние предпосевной обработки (тио)семикарбазонами 2,4-диарилбицикло[3.3.1]нон-2-ен-9-онов на рост *Triticum aestivum* L. // Бюл. Бот. сада Саратов. гос. ун-та. 2019. Т. 17, вып. 2 – 3. С. 124 – 132.  
DOI: 10.18500/1682-1637-2019-2-3-124-132.

ВЛИЯНИЕ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ НА РОСТ ПШЕНИЦЫ

**EFFECT OF PREPLANTING CULTIVATION  
BY (THIO) SEMICARBAZONES  
2,4-DIARYLBICYCLO [3.3.1] NON-2-EN-9-ONES ON GROWTH  
OF *TRITICUM AESTIVUM* L.**

**V. V. Korobko, N. V. Pchelintseva, N. V. Mironova,  
Ya. G. Krylatova, E. S. Zhestovskaya**

*N. G. Chernyshevsky Saratov State University  
83 Astrakhanskaya Str., Saratov 410012, Russia  
E-mail: v.v.korobko@mail.ru*

Received February 12, 2019; Revised March 10, 2019; Accepted June 14, 2019

Biological testing of synthetic compounds – (thio)semicarbazones 2,4-diaryl-bicyclo[3.3.1]non-2-en-9-ones, differing in the nature of aryl substituents and N-nucleophile, was carried out. The compounds under study were obtained at the Department of Organic and Bioorganic Chemistry of the Institute of Chemistry of the Saratov National Research State University. The object of the study was seedlings of spring soft wheat *Triticum aestivum* L. of the Saratovskaya 36 variety. Before cultivation, seed treatment with test solutions was performed. To assess the physiological activity of the tested compounds, we used a valuable analysis of the morphometric parameters of growth and development of the root system and shoot of the test and control plants. It has been established that compounds, differing in the character of aryl substituents and N-nucleophile, have a different effect on the growth of the aerial part of plants. Semicarbazone 2,4-diphenylbicyclo[3.3.1]non-2-en-9-one at a concentration of  $10^{-6}$  M contributes to the growth of the root system, an increase in the index of root-supply and the root index of seedlings relative to the control. Thiosemicarbazone 2-phenyl-4-(4'-methoxyphenyl) bicyclo[3.3.1] non-2-en-9-one in the concentration of  $10^{-6}$  and  $10^{-12}$  M stimulates the growth of the root system and the shoot, contributes to the increase root index and the index of root-supply. Seed treatment by thiosemicarbazone 2-(4'-chlorophenyl)-4-phenylbicyclo[3.3.1] non-2-en-9-one at a concentration of  $10^{-6}$  M inhibits shoot growth at a concentration of  $10^{-12}$  M shoots and seedling root system.

**Key words:** growth regulators, biotesting, plant growth and development, soft wheat.

DOI: 10.18500/1682-1637-2019-2-3-124-132

**REFERENCES**

Zhestovskaya E. S., Krylatova Ya. G. Synthesis of 2,4-dinitrophenylhydrazones and thiosemicarbazones 2,4-diaryl-bicyclo[3.3.1] non-2-en-9-ones. *Questions*



В. В. Коробко, Н. В. Пчелинцева, Н. В. Миронова и др.

*of biology, ecology, chemistry and teaching methods: Collection of scientific articles*, 2012, vol. 14, pp. 38 – 39. (in Russian).

Kolevatova Ya. G. *2,4-Diarylbiocyclo[3.3.1] non-2-en-9-ones: synthesis, structure and some chemical transformations*: dis. ... cand. chemical sciences Saratov, 2009. 139 p. (in Russian).

Korobko V. V., Pchelintseva N. V., Samsonova E. A., Batalin S. D., Luneva M. A. Effect of N, O, S-containing heterocyclic compounds on the growth of the root system of *Triticum aestivum* L. seedlings. *Izvestiya of Saratov University. New series. Series: Chemistry. Biology. Ecology*, 2018, vol. 18, iss. 1, pp. 45 – 51. (in Russian).

Korobko V. V., Stepanov S. A. The influence of temperature on the development of the root system of durum wheat seedlings. *Questions of biology, ecology, chemistry and methods of learning: Collection of scientific articles*, 2017, vol. 19, pp. 3 – 6. (in Russian).

Melnikov N. N., Novozhilov K. V., Belan S. R. *Pesticides and plant growth regulators*. Directory. Moscow: Khimiya, 1995. 576 p. (in Russian).

---

**Cite this article as:**

Korobko V. V., Pchelintseva N. V., Mironova N. V., Krylatova Ya. G., Zhestovskaya E. S. Effect of preplanting cultivation by (thio) semicarbazones 2,4-diarylbiocyclo [3.3.1] non-2-en-9-ones on growth of *Triticum aestivum* L. *Bulletin of Botanic Garden of Saratov State University*, 2019, vol. 17, iss. 2 – 3, pp. 124 – 132. (in Russian).  
DOI: 10.18500/1682-1637-2019-2-3-124-132.