

СТРУКТУРНАЯ БОТАНИКА, ФИЗИОЛОГИЯ И БИОХИМИЯ РАСТЕНИЙ

УДК 581.144+547.71/.72/.78

ВЛИЯНИЕ (ТИО)СЕМИКАРБАЗОНОВ 2,4-ДИАРИЛБИЦИКЛО[3.3.1]НОН-2-ЕН-9-ОНОВ НА РОСТ ПРОРОСТКОВ *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 04.03.2019 г., принята 25.03.2019 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. Объектом исследования служили проростки яровой мягкой пшеницы *Triticum aestivum* L. сорта Саратовская 36. Для оценки физиологической активности испытуемых соединений использовали сравнительный анализ морфометрических показателей роста и развития корневой системы и побега опытных и контрольных растений. Исследование физиологической активности (тио)семикарбазонов 2,4-диарилбицикло[3.3.1]нон-2-ен-9-онов показало, что энергия прорастания семян в контроле и во всех вариантах опыта не имеет существенных различий. Показатель корнеобеспеченности опытных растений превышает контрольные значения. Испытуемые соединения оказывают стимулирующее действие на рост корневой системы растений. Исключение составили семикарбазон 2,4-дифенилбицикло[3.3.1]нон-2-ен-9-она в концентрации 10^{-6} М и тиосемикарбазон 2-(4'-хлорфенил)-4-фенилбицикло[3.3.1]нон-2-ен-9-она. Установлено, что соединения, отличающиеся

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

характером арильных заместителей и N-нуклеофила, оказывают различное действие на рост надземной части растений. Установлена зависимость между концентрацией растворов и их влиянием на рост.

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

DOI: 10.18500/1682-1637-2019-1-55-64

Высокая биологическая активность органических соединений способствует их широкому использованию в качестве препаратов бактерицидного, фунгицидного, гербицидного действия (Мельников, Новожилов, Белан, 1995). В связи с этим, изучение влияния этих веществ на рост и развитие растительных организмов является необходимой составляющей изучения их свойств. Биологическое тестирование является объективным, надежным и относительно быстрым способом оценки физиологической активности веществ. Оценивая влияние на растительный организм веществ, обладающих физиологически активными свойствами, целесообразным является использование комплекса морфометрических показателей, сопоставление которых позволит выявить особенности роста и развития проростка в целом (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 пропаноле-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 темпера-

ВЛИЯНИЕ БИЦИКЛИЧЕСКИХ КЕТОНОВ НА РОСТ ПРОРОСТКОВ

турами 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.

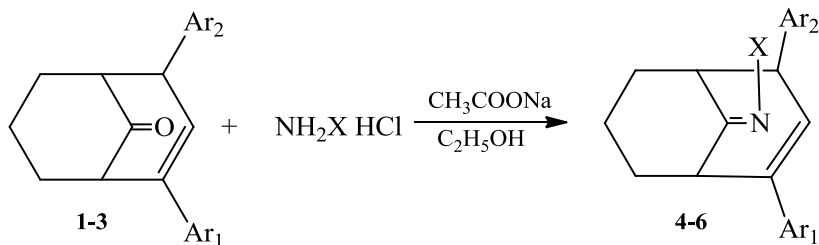


Рис. 1. Получение (тио)семикарбазонов 2,4-диарилбисцикло[3.3.1]нон-2-ен-9-онов: 1, 4 Ar₁ = Ar₂ = C₆H₅, X = NHC(O)-NH₂ (СК); 2, 5 Ar₁ = 4-ClC₆H₄, Ar₂ = C₆H₅, X = NHC(S)-NH₂ (ХТСК), 3, 6 Ar₁ = C₆H₅, Ar₂ = 4-CH₃OC₆H₄, X = NHC(S)-NH₂ (МТСК)

Fig. 1. Preparation of (thio) semicarbazones 2,4-diaryl bicyclo [3.3.1] non-2-en-9-ones: 1, 4 Ar₁ = Ar₂ = C₆H₅, X = NHC(O)-NH₂ (SC); 2, 5 Ar₁ = 4-ClC₆H₄, Ar₂ = C₆H₅, X = NHC(S)-NH₂ (CTSK), 3, 6 Ar₁ = C₆H₅, Ar₂ = 4-CH₃OC₆H₄, X = NHC(S)-NH₂ (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 веществ на рост и развитие растений зерновки проращивали в воде в течение двух суток, затем культивировали на водных растворах испытуемых веществ. Контролем служили растения, выращенные на дистиллированной воде.

Культивирование проростков осуществлялось в климатостате при температуре +18°C. Ежедневно проводили учет проросших семян; в соответствии с общепринятой методикой определяли скорость прорастания и энергию прорастания. На семидневных проростках проводили количественный учет роста и развития: определяли абсолютно сухую массу надземной и подземной части, длину и количество корней проростка, длину пластинки и влагалища первого листа (n = 20). По полученным данным рассчитывали показатели корневого индекса

и корнеобеспеченности. Результаты исследований подвергались статистической обработке в табличном процессоре Excel пакета MS Office 2010.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Скорость прорастания, наряду с всхожестью, является важнейшим показателем посевных качеств семян. По мнению ряда авторов (Бухаров и др., 2016) термин «скорость прорастания» является недостаточно точным. Более точно отражает суть этот показателя термин «средне взвешенное значение периода прорастания семян», который рассчитывается как частное от деления суммы всех отдельных произведений процента проросших семян и соответствующего числа дней от начала до завершения их прорастания на суммарный процент всхожести семян за весь срок испытания (Бухаров и др., 2016.). Установлено, что данный показатель во всех вариантах опыта варьирует в пределах 2.6 – 3.2 дней. При этом средне взвешенное значение периода прорастания семян, культивированных на растворах СК в концентрации 10^{-12} М и ХТСК в концентрациях 10^{-6} М и 10^{-9} М, составило 3.2 – 3.3 дня, что соответствует контрольному значению. В других вариантах опыта средне взвешенное значение периода прорастания семян на 14 – 19% меньше, чем в контроле.

Исследование показало, что энергия прорастания семян в контроле и во всех вариантах опыта не имеет существенных различий.

Одним из показателей развития проростка является корнеобеспеченность, как отношение абсолютно сухой массы корневой системы к абсолютно сухой массе побега. Установлена связь между данным показателем и устойчивостью растений к неблагоприятным условиям окружающей среды (Шарипова и др., 2017; Коробко, Степанов, 2017). Исследование показало, что корнеобеспеченность семидневных контрольных растений составляет 0.92 отн.ед. Показатель корнеобеспеченности опытных растений превышает контрольные значения (рис. 2). Исключение составили проростки, культивированные на растворе ХТСК наименьшей концентрации, показатель корнеобеспеченности которых на 1.5% ниже контрольных значений (различия статистически не достоверны). Максимальные значения корнеобеспеченности – 1.19 – 1.21 отн.ед. характерны проросткам, культивированным на СК и МХСК в концентрации 10^{-6} М. При уменьшении концен-

ВЛИЯНИЕ БИЦИКЛИЧЕСКИХ КЕТОНОВ НА РОСТ ПРОРОСТКОВ

трации этих растворов показатель корнеобеспеченности снижается, составляя 1.13 – 1.15 отн. ед. в варианте с СК и 1.09 – 1.12 – с МХСК.

При культивировании растений на растворах ХТСК наибольшие значения исследуемого показателя отмечены при концентрации 10^{-9} М (1.16 отн.ед., что на 26% выше контрольных значений), наименьшие – при концентрации 10^{-12} М (0.91, что составляет около 99% от контроля).

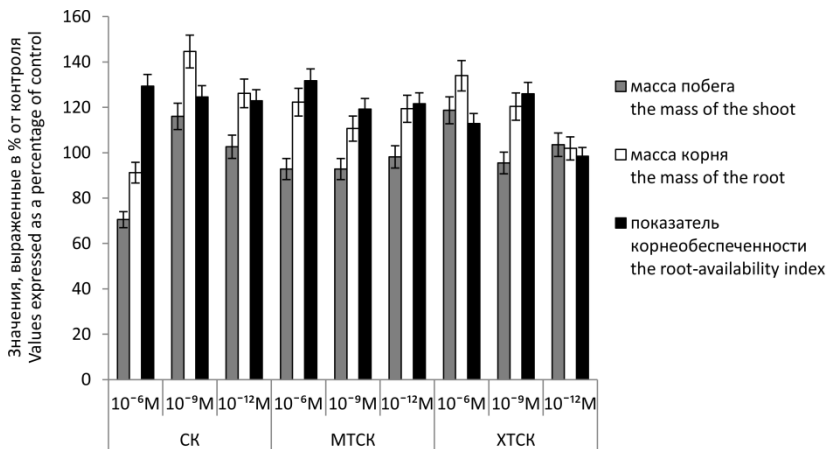


Рис. 2. Влияние (тио)семикарбазонов 2,4-диарилбицикло[3.3.1]нон-2-ен-9-онов на показатель корнеобеспеченности проростков: СК – семикарбазон 2,4-ди-фенилбицикло[3.3.1]нон-2-ен-9-она; ХТСК – тиосемикарбазон 2-(4'-хлорфенил)-4-фенилбицикло[3.3.1]нон-2-ен-9-она; МТСК – тиосемикарбазон 2-фенил-4-(4'-метоксифенил)бицикло[3.3.1]нон-2-ен-9-она.

Fig. 2. The effect of (thio)semicarbazone 2,4-diarylbiyclo[3.3.1]non-2-en-9-ones on the root-availability index of seedlings: СК – semicarbazone 2,4-diphenylbiyclo[3.3.1] non-2-en-9-one; ХТСК – thiosemicarbazone 2-(4'-chlorophenyl)-4-phenylbiyclo[3.3.1]non-2-en-9-one; МТСК – thiosemicarbazone 2-phenyl-4-(4'-methoxyphenyl)biyclo[3.3.1]non-2-ene-9-one.

Растворы исследуемых соединений (за исключением ХТСК в концентрации 10^{-12} М и СК в концентрации 10^{-6} М) оказали стимулирующее действие на рост корневой системы (таблица). Общая длина корней опытных растений на 13 – 30% превысила контроль; при этом максимальные

значения отмечены при использовании в качестве субстрата культивирования СК в концентрациях 10^{-12} и 10^{-9} М, МТСК – в концентрации 10^{-6} М.

Таблица. Влияние карбоциклических соединений на рост корневой системы и побега проростков пшеницы сорта Саратовская 36

Table. The influence of carbocyclic compounds 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 ± 8.20	54.3 ± 2.3
СК	C= 10^{-6} М	0.76	168.6 ± 7.05	33.9 ± 3.2
	C= 10^{-9} М	1.26	265.6 ± 12.3	66.0 ± 4.2
	C= 10^{-12} М	1.17	251.8 ± 9.54	57.0 ± 3.6*
МТСК	C= 10^{-6} М	1.11	257.9 ± 11.2	51.4 ± 2.1
	C= 10^{-9} М	1.16	239.7 ± 9.91	54.6 ± 3.1*
	C= 10^{-12} М	1.16	240.8 ± 12.10	59.9 ± 1.9
ХТСК	C= 10^{-6} М	1.09	242.0 ± 10.3	57.7 ± 2.9*
	C= 10^{-9} М	1.08	230.3 ± 8.12	53.3 ± 2.2*
	C= 10^{-12} М	0.86	158.2 ± 7.01	50.6 ± 1.2

Примечание: * – различия между контрольными и опытными значениями недостоверны. СК – семикарбазон 2,4-ди-фенилбикакло[3.3.1]нон-2-ен-9-она; ХТСК – тиосемикарбазон 2-(4'-хлор-фенил)-4-фенилбикакло[3.3.1]нон-2-ен-9-она; МТСК – тиосемикарбазон 2-фенил-4-(4'-метоксифенил)бикакло[3.3.1]нон-2-ен-9-она.

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

Корневой индекс рассчитывали как среднее значение длины самых длинных корней, отнесенное к аналогичному в контроле. Максимальными значениями данного показателя – на 26% выше контрольных – характеризуются проростки, выращенные на растворе СК в концентрации 10^{-9} М; минимальными – 76% от контроля – на растворе СК в концентрации 10^{-6} М. Значения корневого индекса семидневных проростков, культивированных на растворах МТСК, возрастают при снижении концентрации испытуемого раствора и превышают контроль на

ВЛИЯНИЕ БИЦИКЛИЧЕСКИХ КЕТОНОВ НА РОСТ ПРОРОСТКОВ

11 – 16%, тогда как при культивировании растений на растворах ХТСК в ряду понижения концентрации опытного раствора наблюдается снижение корневого индекса проростков.

Растворы (тио)семикарбазонов кетонов в некоторых концентрациях оказывают влияние на рост надземной части. Ингибирующий рост побега эффект проявился при культивировании растений на растворах СК и МТСК в наибольшей концентрации, растворе ХТСК – в наименьшей концентрации. Стимулирующим действием на рост надземной части растений характеризуются растворы СК в концентрации 10^{-9} М (на 22% выше контроля) и МТСК в концентрации 10^{-12} М (на 10% выше контроля). В остальных вариантах опыта влияние испытуемых растворов на рост побега не выявлено или является статистически не достоверным.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

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.

Установлено, что семикарбазон 2,4-дифенилбицикло[3.3.1]нон-2-ен-9-она (СК) в концентрации 10^{-6} М оказывает ингибирующее действие на рост корней и побега. Менее концентрированные растворы СК обладают ростостимулирующими свойствами, которые максимально проявляются при культивировании растений на СК в концентрации 10^{-9} М. При этом показатель корнеобеспеченности варьирует в пределах 1.13 – 1.18 отн.ед, что превышает контрольные значения на 23 – 29%.

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) оказывают положительное влияние на рост корневой системы (исключение составил раствор ХТСК в наименьшей концентрации из испытуемых), при этом следует отметить, что при культивировании растений на растворах МТСК наблюдается больший стимулирующий эффект, чем при культивировании на растворах ХТСК тех же концентраций. Различный характер действия испытуемых соединений проявился в отношении роста побега: наблюдается прямая зависимость между длиной надземной части опытных растений и концентрацией раствора ХТСК, тогда как при культивировании на растворах МТСК – зависимость обратная.

Таким образом, следует заключить, что изученные

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

(тио)семикарбазоны 2,4-диарилбицикло[3.3.1]нон-2-ен-9-оны, отличающиеся характером арильных заместителей и N-нуклеофила, обладают различной физиологической активностью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Бухаров А. Ф., Балеев Д. Н., Бухарова А. Р. Кинетика прорастания семян. Система методов и параметров: учеб.-метод. пособ. М.: Изд-во РГАЗУ, 2016. 60 с.

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: Изд-во Саратов. ун-та, 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, вып. 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: Изд-во Саратов. ун-та, 2017. С. 3 – 6.

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

Шарипова Г. В., Веселов Д. С., Чернов В. Е., Пендинен Г. И., Кудоярова Г. Р. Ростовая реакция на засоление у растений разных сортов ячменя и ее связь с соотношением массы побег/корень и характером изменения транспирации // Современная физиология растений: от молекул до экосистем: тез. докл. междунар. конф. Сыктывкар: Коми НЦ УрО РАН, 2007. С. 427 – 429.

Образец для цитирования:

Коробко В. В., Пчелинцева Н. В., Миронова Н. В., Крылатова Я. Г., Жестовская Е. С. Влияние (тио)семикарбазонов 2,4-диарилбицикло[3.3.1]нон-2-ен-9-онов на рост проростков *Triticum aestivum* L. // Бюл. Бот. сада Саратов. гос. ун-та. 2019. Т. 17, вып. 1. С. 55 – 64. DOI: 10.18500/1682-1637-2019-1-55-64.

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

**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 4 March 2019, Accepted 25 March 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. 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. The study of the physiological activity of (thio) semicarbazones 2,4-diaryl-bicyclo [3.3.1] non-2-en-9-ones showed that the germination energy of the seeds in the control and in all variants of the experiment does not have significant differences. The index of root-supply of experimental plants exceeds the control values. The tested compounds have a stimulating effect on the growth of the root system of plants. The exception was semicarbazone 2,4-diphenylbicyclo [3.3.1] non-2-en-9-one at a concentration of 10^{-6} M and thiosemicarbazone 2-(4'-chlorophenyl)-4-phenylbicyclo[3.3.1]non-2-en-9-one. 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. The relationship between the concentrations of solutions and their effect on growth is established.

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

DOI: 10.18500/1682-1637-2019-1-55-64

REFERENCES

Bukharov A. F., Baleev D. N., Bukharova A. R. *Kinetics of Seed Germination. The System of Methods and Parameters: a teaching aid.* Moscow: Izdatel'stvo RGAZU, 2016. 60 p. (in Russian).

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

Zhestovskaya E. S., Krylatova Ya. G. Synthesis of 2,4-dinitrophenylhydrazones and thiosemicarbazones 2,4-diarylbiacyclo[3.3.1] non-2-en-9-ones. In: *Questions of biology, ecology, chemistry and teaching methods: Collection of scientific articles. Vol. 14.* Saratov: Izdatr'l'stvo Saratovskogo Gosudarstvennogo Universiteta, 2012. pp.38 – 39. (in Russian).

Kolevatova Ya. G. *2,4-Diarylbiacyclo[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. In: *Questions of biology, ecology, chemistry and methods of learning: Collection of scientific articles. Vol. 19.* Saratov: Izdatr'l'stvo Saratovskogo Gosudarstvennogo Universiteta, 2017. pp. 3 – 6. (in Russian).

Melnikov N. N., Novozhilov K. V., Belan S. R. *Pesticides and Plant Growth Regulators.* M.: Khimiya Publ., 1995. 576 p. (in Russian).

Sharipova G. V., Veselov D. S., Chernov V. E., Pendinen G. I., Kudoyarova G. R. Growth response to salinity in plants of different varieties of barley and its relationship with the ratio of the shoot / root mass and the nature of changes in transpiration. In: *Modern Plant Physiology: from molecules to ecosystems: Abstracts of the international conference.* Syktyvkar: Izdatel'stvo Komi SC UB RAS, 2007. pp. 427 – 429. (in Russian).

Cite this article as:

Korobko V. V., Pchelintseva N. V., Mironova N. V., Krylatova Ya. G., Zhestovskaya E. S. Influence (thio) semicarbazones 2,4-diarylbiacyclo [3.3.1] non-2-en-9-ones on growth of *Triticum aestivum* L. seedling. *Bulletin of Botanic Garden of Saratov State University*, 2019, vol. 17, iss. 1, pp. 55 – 64. (in Russian).

DOI: 10.18500/1682-1637-2019-1-55-64