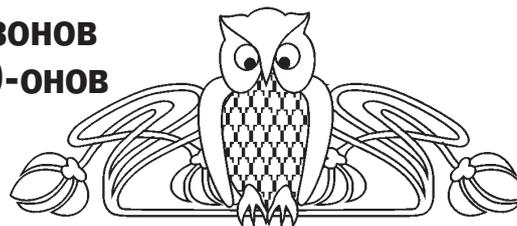




УДК 581.144+547.71/72/78

Фитотестирование (тио)семикарбазонов 2,4-диарилбицикло[3.3.1]нон-2-ен-9-онов

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



Миронова Наталья Викторовна, студент биологического факультета, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, mironovanatasha97@mail.ru

Коробко Валерия Валерьевна, кандидат биологических наук, доцент кафедры микробиологии и физиологии растений, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, v.v.korobko@mail.ru

Пчелинцева Нина Васильевна, доктор химических наук, профессор кафедры органической и биоорганической химии, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, pchelinzevanv555@mail.ru

Крылатова Яна Георгиевна, кандидат химических наук, доцент кафедры органической и биоорганической химии, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, yana.krylatova@yandex.ru

Жестовская Елизавета Сергеевна, научный сотрудник Федерального государственного унитарного предприятия «Научный центр «Сигнал», Москва, zhestovskaya@gmail.com

Проведено фитотестирование 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. 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 корневой системы и побега опытных и контрольных растений, определяли количественное содержание хлорофилла *a*, хлорофилла *b* и каротиноидов в пластинке первого листа. Исследование физиологической активности (тио)семикарбазонов 2,4-диарилбицикло[3.3.1]нон-2-ен-9-онов показало, что испытуемые соединения в некоторых концентрациях оказывают влияние на рост надземной части растений, оказывают положительное действие на показатель корнеобеспеченности растений. Выявлена зависимость между ростом побега и концентрацией испытуемых растворов. Установлено, что (тио)семикарбазоны 2,4-диарилбицикло[3.3.1]нон-2-ен-9-онов в концентрации 10^{-6} М способствуют повышению содержания хлорофилла *b* и снижению соотношения хлорофиллов *a/b*.

Ключевые слова: карбоциклические соединения, биотестирование, *Triticum aestivum* L.

DOI: <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2019-19-3-305-311>

Карбоциклические соединения, являясь одним из основных классов органических соединений, чрезвычайно распространены в природе.

Интерес к изучению биологической активности этих соединений, в том числе и синтезированных, в настоящее время довольно высок и носит как научный, так и практический характер [1].

Впервые «мостиковый» непредельный кетон был получен почти 100 лет назад, и хотя эти соединения являются перспективными для проведения биоскрининговых исследований, так как содержат бициклононеновый фрагмент, ответственный за биологическую активность природных аналогов [2–5], сведения о реакционной способности и биологических свойствах замещенных бициклононенов немногочисленны [6]. Несмотря на возможность применения компьютерной оценки биологической активности синтезированных соединений [6–8], изучение влияния этих веществ на рост и развитие живых организмов является необходимой составляющей изучения их свойств [9, 10].

Цель работы – фитотестирование синтетических N-производных бициклических кетонов – (тио)семикарбазонов 2,4-диарилбицикло[3.3.1]нон-2-ен-9-онов, которые отличаются характером арильных заместителей и N-нуклеофила. Для реализации цели были поставлены следующие задачи: установить влияние (тио)семикарбазонов 2,4-диарилбицикло[3.3.1]нон-2-ен-9-онов на рост растений пшеницы; определить влияние (тио)семикарбазонов 2,4-диарилбицикло[3.3.1]нон-2-ен-9-онов на содержание фотосинтезирующих пигментов в листе проростков пшеницы.

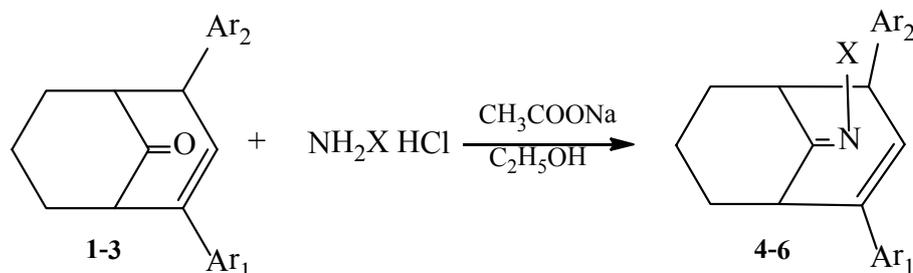
Материалы и методы

Исследования проводились на кафедре микробиологии и физиологии растений Саратовского национального исследовательского государственного университета им. Н. Г. Чернышевского.

Проведено тестирование следующих соединений: семикарбазона 2,4-дифенилбицикло[3.3.1]нон-2-ен-9-она (СК), тиосемикарбазона 2-(4'-хлорфенил)-4-фенилбицикло[3.3.1]нон-2-ен-9-она (ХТСК) и тиосемикарбазона 2-фенил-4-(4'-метоксифенил)бицикло[3.3.1]нон-2-ен-9-она (МТСК). Данные соединения (4–6), отличающиеся характером арильных заместителей



лей и N-нуклеофила (4–6), получены с выходом 70–86% при кипячении в абсолютном этаноле с добавлением ацетата натрия или пропаноле-2 исходных кетонов с (тио)семикарбазидом на кафедре органической и биоорганической химии Института химии СГУ [11, 12]. Синтезированные N-производные 2,4-диарилбицикло[3.3.1]нон-2-ен-9-онов представляют собой бесцветные



Объектом исследования служили проростки яровой мягкой пшеницы *Triticum aestivum* L. сорта Саратовская 36. Для изучения влияния испытуемых соединений на рост растений неповрежденные, выровненные по размеру семена, характеризующиеся всхожестью $\geq 95\%$, проращивали в воде в течение 48 ч, затем переносили на водные растворы испытуемых веществ в концентрациях 10^{-6} , 10^{-9} и 10^{-12} М. Контролем служили растения, выращенные на дистиллированной воде.

Культивирование опытных и контрольных проростков осуществлялось в климатостате при температуре $+18^\circ \pm 1^\circ$ С. Количественный учет роста проводили на семидневных проростках: определяли абсолютно сухую массу побега и корневой системы, длину и количество корней проростка, длину пластинки и влагаллища первого листа ($n = 20$). На основании полученных данных рассчитывали корневой индекс как среднее значение длины самых длинных корней, отнесенное к аналогичному в контроле. Корнеобеспеченность проростка определяли как отношение абсолютно сухой массы корневой системы к абсолютно сухой массе побега [13]. Количественное содержание фотосинтетических пигментов в пластинке первого листа определяли спектрофотометрическим методом [14] с использованием сканирующего спектрофотометра LEKI SS2109UV.

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

Результаты и их обсуждение

Проведенное исследование показало, что СК в концентрации 10^{-6} М оказывает ингибирующее действие на рост корней, тогда как менее

кристаллические вещества с высокими температурами плавления, хорошо растворимые в этаноле, плохо – в хлороформе и воде. Получение (тио)семикарбазонов 2,4-диарилбицикло[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).

концентрированные растворы этого соединения обладают ростостимулирующими свойствами, которые максимально проявляются при культивировании растений на растворе СК в концентрации 10^{-9} М (таблица). ХТСК и МТСК оказывают положительное влияние на рост корневой системы (исключение составил раствор ХТСК в наименьшей концентрации из испытуемых). Следует отметить, что при культивировании растений на растворах МТСК наблюдается больший стимулирующий эффект, чем при культивировании на растворах ХТСК тех же концентраций.

Испытуемые N-производные 2,4-диарилбицикло[3.3.1]нон-2-ен-9-онов в некоторых концентрациях оказывают влияние на рост надземной части растений. Растворы СК и МТСК в наибольшей концентрации оказали ингибирующее действие на рост побега, тогда как раствор ХТСК аналогичный эффект оказал в наименьшей опытной концентрации. Стимулирующим действием характеризуются растворы СК в концентрации 10^{-9} М (на 22% выше контроля) и МТСК в концентрации 10^{-12} М (на 10% выше контроля). В других вариантах опыта влияние испытуемых соединений на рост побега не выявлено или является статистически недостоверным.

На основании анализа полученных данных выявлена зависимость между ростом побега и концентрацией испытуемых растворов: зависимость между длиной надземной части опытных растений и концентрацией раствора ХТСК имеет прямой характер, тогда как при культивировании на растворах МТСК зависимость обратная.

Проведено измерение абсолютно сухой массы побега и корневой системы, рассчитан показатель корнеобеспеченности, который, по мнению



ряда авторов, характеризует устойчивость растений к неблагоприятным условиям окружающей среды [15, 16]. Корнеобеспеченность опытных растений превышает контрольные значения (исключение составили проростки, культивированные на растворе ХТСК). Максимальными значениями корнеобеспеченности – 1.19–1.21

отн. ед. – характеризуются проростки, выращенные на растворах СК и МТСК в концентрации 10^{-6} М. При уменьшении концентрации этих растворов показатель корнеобеспеченности снижается, составляя 1.13–1.15 отн. ед. у проростков, культивированных на СК и 1,09–1,12 – МТСК (см. таблицу).

Влияние (тио)семикарбазонов 2,4-диарилбицикло[3.3.1]нон-2-ен-9-онов на рост корневой системы и побега проростков пшеницы сорта Саратовская 36
The influence of (thio)semicarbazones 2,4-diarylbi-cyclo[3.3.1]non-2-en-9-ones on the growth of the root system and the shoot of wheat seedlings of the variety Saratovskaya 36

Тестируемое соединение / Test compound		Длина, мм / Length, mm		Корнеобеспеченность, отн. ед. / Root-availability, rel. Units
		корней / root	побега / shoot	
Контроль / Control		204,0 ± 8,20	54,3 ± 2,3	0,92
СК / SK	10^{-6} М	168,6 ± 7,05	33,9 ± 3,2	1,19
	10^{-9} М	265,6 ± 12,3	66,0 ± 4,2	1,15
	10^{-12} М	251,8 ± 9,54	57,0 ± 3,6*	1,13
МТСК / CTSK	10^{-6} М	257,9 ± 11,2	51,4 ± 2,1	1,21
	10^{-9} М	239,7 ± 9,91	54,6 ± 3,1*	1,10
	10^{-12} М	240,8 ± 12,10	59,9 ± 1,9	1,12
ХТСК / MTSC	10^{-6} М	242,0 ± 10,3	57,7 ± 2,9*	1,04
	10^{-9} М	230,3 ± 8,12	53,3 ± 2,2*	1,16
	10^{-12} М	158,2 ± 7,01	50,6 ± 1,2	0,91

Примечание. * – различия между контрольными и опытными значениями недостоверны; 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.

Note. * – differences between control and test values are not reliable; SK – semicarbazone 2,4-diphenylbicyclo[3.3.1]non-2-en-9-one; CTSK – thiosemicarbazone 2-(4'-chlorophenyl)-4-phenylbicyclo[3.3.1]non-2-en-9-one; MTSC – thiosemicarbazone 2-phenyl-4-(4'-methoxyphenyl)bicyclo[3.3.1]non-2-ene-9-one.

При действии ХТСК наибольшие значения исследуемого показателя – на 26% выше контрольных – отмечены при концентрации 10^{-9} М, наименьшие – при концентрации 10^{-12} М.

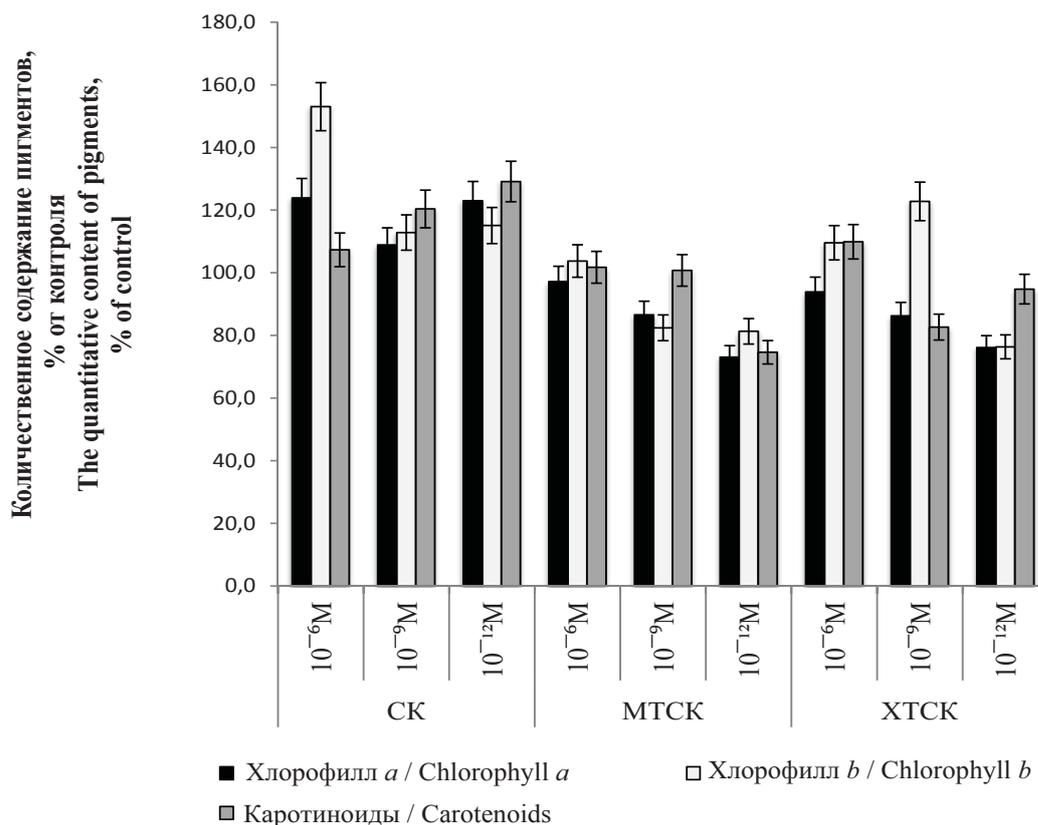
Корневой индекс проростков, выращенных на растворе СК в концентрации 10^{-9} М, имеет максимальное значение и на 26% выше, чем в контроле. Наименьшим корневым индексом – 76% от контроля – характеризуются проростки при действии раствора СК в концентрации 10^{-6} М. Значения корневого индекса семидневных проростков, культивированных на растворах МТСК, возрастают при снижении концентрации испытуемого раствора и превышают контроль на 11–16%, тогда как при культивировании растений на растворах ХТСК в ряду понижения концентрации опытного раствора наблюдается снижение данного показателя.

При изучении влияния испытуемых растворов на количественное содержание пигментов в пластинке первого листа не только учитывали абсолютное содержание пигментов в тканях лис-

та, но и вычисляли их соотношение. Изменение соотношения фотосинтетических пигментов приводит к изменению активности фотосинтетического аппарата, определяет скорость накопления ассимилятов, что в конечном итоге отражается на устойчивости, росте и продуктивности растений [17, 18].

Все испытуемые соединения в концентрации 10^{-6} М способствуют повышению содержания хлорофилла *b* и снижению соотношения хлорофиллов *a/b* (рисунок).

Принято считать, что повышение доли хлорофилла *b* в фотосинтезирующих тканях свидетельствует о повышении их светособирающей способности в области дальнего красного света [19]. А значит, показатель *a/b* определяет адаптационную способность к изменению условий окружающей среды, в первую очередь освещенности, позволяя регулировать процессы распределения ресурсов с целью поддержания оптимальных скоростей физиологических процессов.



Влияние (тио)семикарбазонов 2,4-диарилбicyclo[3.3.1]нон-2-ен-9-онов на содержание фотосинтетических пигментов в пластинке первого листа

The effect of (thio) semicarbazones 2,4-diaryl bicyclo [3.3.1] non-2-en-9-ones on the content of photosynthetic pigments in the plate of the first leaf

Первый лист растений, культивируемых на растворах СК, характеризуется повышенным суммарным содержанием зеленых пигментов по сравнению с контролем на 10–31%. Максимальными значениями содержания хлорофилла *a* в листовой пластинке (на 24% выше контрольных значений) характеризуются растения, культивируемые при концентрации раствора 10⁻⁶М и 10⁻¹²М, хлорофилла *b* – при концентрации раствора 10⁻⁶М. При этом соотношение хлорофилла *a* и хлорофилла *b* при концентрации раствора 10⁻⁶М составляет 2,54 мг/г (что меньше контроля на 19%) и повышается при разбавлении СК, составляя при наименьшей концентрации испытуемого раствора 3,36 мг/г, что незначительно (на 7%) превышает контроль.

При культивировании проростков на растворах МТСК и ХТСК сумма зеленых пигментов в пластинке первого листа опытных растений на 15–25% ниже (МТСК в концентрации 10⁻⁹М и 10⁻¹²М, ХТСК – 10⁻¹²М) или не имеет существенного отличия от контроля (другие варианты опыта). Отмечено, что в ряду снижения концентрации ингибирующее действие растворов

МТСК и ХТСК на количественное содержание хлорофилла *a* усиливается. Раствор МТСК в концентрациях 10⁻⁹М и 10⁻¹²М негативно влияет на содержание хлорофилла *b* и не оказывает статистически значимого воздействия на данный показатель при концентрации 10⁻⁶М.

Показатель относительного содержания зеленых пигментов (*a/b*) при выращивании растений на растворах ХТСК и МТСК ниже контрольных значений, за исключением объектов, на рост которых оказали влияние растворы 10⁻⁹М МТСК и 10⁻¹²М ХТСК (различие анализируемого показателя функциональной активности листа контрольных и опытных растений статистически недостоверно).

Анализ количественного содержания каротиноидов в листе опытных растений показал, что их количество превышает контрольные значения и увеличивается в ряду снижения концентрации раствора СК на 7, 20 и 30% соответственно. Слабое положительное действие на содержание каротиноидов оказал раствор ХТСК в концентрации 10⁻⁶М, тогда как растворы меньшей концентрации характеризуются сни-



жающим количество каротиноидов действием. Установлено, что в варианте опыта с наименее концентрированным – 10^{-12} М – раствором МТСК анализируемый показатель составляет 75% от контрольного значения, тогда как влияния МТСК двух других концентраций на количественное содержание каротиноидов в пластинке первого листа опытных растений не обнаружено.

Количественное соотношение каротиноидов и хлорофиллов (Кар/Хл) используют для оценки стрессоустойчивости растений. Если принимать во внимание роль каротиноидов в защите фотосинтетического аппарата в условиях стресса, его повышение указывает на увеличение устойчивости фитообъекта в неблагоприятных условиях среды [20].

Для некоторых вариантов опыта установлено повышение соотношения каротиноидов и хлорофиллов относительно контрольного значения. Так, данный показатель фотосинтетической активности тканей листа растений, культивированных на растворе в концентрации 10^{-9} М, на 8% (СК) – 16% (МТСК) выше контроля. Соотношение каротиноидов и хлорофиллов в тканях листовой пластинки растений, выращенных на растворе ХТСК 10^{-6} М и 10^{-12} М, составило 0,26 и 0,28, что на 11 и 23% выше, чем у растений, культивированных на воде.

Заключение

На основании проведенного исследования можно заключить, что семикарбазон 2,4-дифенилбицикло[3.3.1]нон-2-ен-9-она (СК) оказывает ингибирующее действие на рост корней и побега в концентрации 10^{-6} М, при этом менее концентрированные растворы СК обладают ростостимулирующим действием. 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 10^{-12} М ХТСК) и разный характер действия 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.

Установлено, что испытуемые (тио)семикарбазоны 2,4-диарилбицикло[3.3.1]нон-2-ен-9-онов, отличающиеся характером арильных заместителей и N-нуклеофила, в концентрации 10^{-6} М способствуют повышению содержания хлорофилла *b* и снижению соотношения хлорофиллов *a/b*. Семикарбазон 2,4-дифенилбицикло[3.3.1]нон-2-ен-9-она (СК) в концентрации 10^{-6} М и тиосемикарбазон 2-(4'-хлорфенил)-4-фенилбицикло[3.3.1]нон-2-ен-9-она (ХТСК) в концентрации 10^{-9} М оказывают негативное действие на соотношение каротиноидов и хлорофиллов, тогда как последний в концентрации 10^{-12} М, а также 10^{-9} М растворы тиосемикарбазона 2-фенил-4-(4'-метоксифенил)бицикло[3.3.1]нон-2-ен-9-она (МТСК) способствуют повышению этого соотношения на 16–23%.

ло[3.3.1]нон-2-ен-9-она (СК) в концентрации 10^{-6} М и тиосемикарбазон 2-(4'-хлорфенил)-4-фенилбицикло[3.3.1]нон-2-ен-9-она (ХТСК) в концентрации 10^{-9} М оказывают негативное действие на соотношение каротиноидов и хлорофиллов, тогда как последний в концентрации 10^{-12} М, а также 10^{-9} М растворы тиосемикарбазона 2-фенил-4-(4'-метоксифенил)бицикло[3.3.1]нон-2-ен-9-она (МТСК) способствуют повышению этого соотношения на 16–23%.

Список литературы

1. Романовский И. В., Болтромаев В. В., Гидранович Л. Г., Ринейская О. Н. Биоорганическая химия : учебник. Минск : Новое знание ; М. : ИНФРА-М, 2015. 504 с.
2. Bystrov N. S., Chernov B. K., Dobrynin V. N., Kolesov M. N. The structure of hyperforin // Tetrahedron Letters. 1975. Vol. 16, № 32. P. 2791–2794.
3. Spessard S. J., Stoltz B. M. Progress toward the synthesis of garsubellin A and related phloroglucins : the direct diastereoselective synthesis of the bicyclo3.3.1.nonane core // Organic letters, 2002. Vol. 4, № 11. P. 1943–1946. DOI: 10.1021/015020043
4. Kraus G. A., Hon Y. S., Sy J. Synthesis of bicycle3.2.1.octanes by ring contraction // The Journal of Organic Chemistry. 1986. Vol. 51. P. 2625–2627.
5. Bronz I., Greibrokk T., Groth P. A., Aasen A. J. The relative stereochemistry of hyperforin—an antibiotic from *Hypericum perforatum* L. // Tetrahedron Letters. 1982. Vol. 23, № 12. P. 1299–1300.
6. Колеватова Я. Г., Меньшова М. А., Пчелинцева Н. В. 2,4-Диарилбицикло[3.3.1]нон-2-ен-9-оны: синтез, строение, свойства // Карбонильные соединения в синтезе гетероциклов : сб. науч. тр. Саратов : Научная книга, 2008. С. 128–130.
7. Садым А. В., Лагунин А. А., Филимонов Д. А., Пороиков В. В. Интернет-система прогноза спектра биологической активности химических соединений // Хим.-фарм. журн. 2002. Т. 36, №10. С. 21–26.
8. Poroikov V. V., Filimonov D. A., Borodina Yu. V., Lagunin A. A., Kos A. Robustness of biological activity spectra predicting by computer program PASS for non-congeneric sets of chemical compounds // J. of Chem. Inform. and Computer Sci. 2000. Vol. 40, № 6. P. 1349–1355.
9. 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. // Изв. Саратов. ун-та. Нов.сер. Сер. Химия. Биология. Экология. 2018. Т. 18, вып. 1. С. 45–51. DOI: 10.18500/1816-9775-2018-18-1-45-51
10. Губина Т. И., Ухова А. А., Исаева С. В., Тумский Р. С., Аниськов А. А., Клочкова И. Н. Определение характера биологического действия новых полигетероциклических соединений на растения и оценка экологической безопасности их применения // Изв. Саратов. ун-та. Нов.сер. Сер. Химия. Биология. Экология. 2017. Т. 17, вып. 3. С. 267–273.



11. Колеватова Я. Г. 2,4-Диарилбифицикло[3.3.1]нон-2-ен-9-оны : синтез, строение и некоторые химические превращения : дис. ... канд. хим. наук. Саратов, 2009. 139 с.
12. Жестовская Е. С., Крылатова Я. Г. Синтез 2,4-динитрофенилгидразонов и тиосемикарбазонов 2,4-диарилбифицикло[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.
13. Голуб Н. А. Параметры первичной корневой системы озимой пшеницы и возможности их использования в оценке сортов // Физиология продуктивности и устойчивости зерновых культур : сб. науч. тр. Краснодар : КНИИСХ, 1988. С. 42–47.
14. Гавриленко В. Ф., Жигалова Т. В. Большой практикум по фотосинтезу. М. : ИЦ «Академия», 2003. 256 с.
15. Ткачев В. И.; Гуляев Б. И. Реакция растений разных сортов озимой пшеницы на кратковременную почвенную засуху // Физиология и биохимия культурных растений. 2010. Т. 42, № 6. С. 522–529.
16. Коробко В. В., Степанов С. А. Влияние температуры на развитие корневой системы проростков твердой пшеницы // Вопросы биологии, экологии, химии и методики обучения : сб. науч. ст. Вып. 19. Саратов : Изд-во Сарат. ун-та, 2017. С. 3–6.
17. Иванов Л. А., Иванова Л. А., Ронжина Д. А., Юдина П. К. Изменение содержания хлорофиллов в листьях степных растений вдоль широтного градиента на Южном Урале огу // Физиология растений. 2013. Т. 60, № 6. С. 812–820.
18. Maslova T. G., Popova I. A. Adaptive properties of the plant pigment systems // Photosynthetica. 1993. Vol. 29. P. 195–203.
19. Мокронос А. Т., Гавриленко В. Ф., Жигалова Т. В. Фотосинтез : Физиолого-экологические и биохимические аспекты. М. : АCADEMIA, 2006. 448 с.
20. Смоликова Г. Н., Ламан Н. А., Борискевич О. В. Роль хлорофиллов и каротиноидов в устойчивости семян к абиотическим стрессорам // Физиология растений. 2011. Т. 58, № 6. С. 817–825.

Образец для цитирования:

Миронова Н. В., Коробко В. В., Пчелинцева Н. В., Крылатова Я. Г., Жестовская Е. С. Фитотестирование (тио)семикарбазонов 2,4-диарилбифицикло[3.3.1]нон-2-ен-9-онов // Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. Сер. Химия. Биология. Экология. 2019. Т. 19, вып. 3. С. 305–311. DOI: <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2019-19-3-305-311>

The Phytotesting of (thio)semicarbazones 2,4-diarylbiacyclo[3.3.1]non-2-en-9-ones

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

Natalya V. Mironova, <https://orcid.org/0000-0003-1322-8277>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia, mironovanatasha97@mail.ru

Valeria V. Korobko, <https://orcid.org/0000-0002-0444-8238>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia, v.v.korobko@mail.ru

Nina V. Pchelintseva, <https://orcid.org/0000-0002-5830-9807>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia, pchelintzevanv555@mail.ru

Yana G. Krylatova, <https://orcid.org/0000-0002-9486-6774>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia, yana.krylatova@yandex.ru

Elizaveta S. Zhestovskaya, <https://orcid.org/0000-0002-1297-8562>, Research Center "Signal", 8 Bolshaya Olenya St., Moscow 107014, Russia, zhestovskaya@gmail.com

Biological testing of (thio) semicarbazones 2,4-diarylbiacyclo [3.3.1] non-2-en-9-ones, differing in the nature of aryl substituents and nucleophile, was carried out. 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 of the root system and shoots of the test and control plants and the quantitative content of chlorophyll *a*, chlorophyll *b*, and carotenoids in the first leaf. The study

of the physiological activity of (thio)semicarbazones 2,4-diarylbiacyclo [3.3.1] non-2-en-9-ones showed that the test compounds in some concentrations affect the growth of the aerial parts of plants, having a positive effect on the indicator of the root-availability. The tests revealed the relationship between shoot growth and the concentration of the tested solutions. It has been established that (thio)semicarbazones 2,4-diarylbiacyclo[3.3.1]non-2-en-9-ones at a concentration of 10^{-6} M contribute to an increase in chlorophyll *b* content and a decrease in the ratio of chlorophylls *a* and *b*.

Keywords: carbocyclic compounds, biotesting, *Triticum aestivum* L.

References

1. Romanovskiy I. V., Boltromeyuk V. V., Gidranovich L. G., Rineyskaya O. N. *Bioorganicheskaya khimiya: uchebnik* [Bioorganic chemistry: a textbook]. Minsk, Novoe znanie Publ.; Moscow, INFRA-M Publ., 2015. 504 p. (in Russian).
2. Bystrov N. S., Chernov B. K., Dobrynin V. N., Kolosov M. N. The structure of hyperforin. *Tetrahedron Letters*, 1975, vol. 16, no. 32, pp. 2791–2794.
3. Spessard S. J., Stoltz B. M. Progress toward the synthesis of garsubellin A and related phloroglucins: the direct diastereoselective synthesis of the bicyclo3.3.1.nonane core. *Organic Letters*, 2002, vol. 4, no. 11, pp. 1943–1946. DOI: 10.1021/015020043
4. Kraus G. A., Hon Y. S., Sy J. Synthesis of bicycle 3.2.1.octanes by ring contraction. *The Journal of Organic Chemistry*, 1986, vol. 51, pp. 2625–2627.
5. Brondz I., Greibrokk T., Groth P. A., Aasen A. J. The relative stereochemistry of hyperforin—an antibiotic from *Hypericum perforatum* L. *Tetrahedron Letters*, 1982, vol. 23, no. 12, pp. 1299–1300.



6. Kolevatova Ya. G., Men'shova M. A., Pchelintseva N. V. 2,4-Diarilbicyclo[3.3.1]non-2-en-9-ony: sintez, stroenie, svoystva [2,4-Diarylbiyclo [3.3.1] non-2-en-9-ones: synthesis, structure, properties]. In: *Karbonil'nye soedineniya v sinteze geterotsiklov: sb. nauch. tr.* [Carbonyl compounds in the synthesis of heterocycles. Coll. of Sci. Papers]. Saratov, Nauchnaya kniga Publ., 2008, pp. 128–130 (in Russian).
7. Sadyun A. V., Lagunin A. A., Filimonov D. A., Poroykov V. V. Internet system for predicting the spectrum of biological activity of chemical compounds. *Chemical Pharmaceutical Journal*, 2002, vol. 36, no. 10, pp. 21–26 (in Russian). DOI: 10.30906/0023-1134-2002-36-10-21-26
8. Poroikov V. V., Filimonov D. A., Borodina Yu. V., Lagunin A. A., Kos A. Robustness of biological activity spectra predicting by computer program PASS for non-congeneric sets of chemical. *Journal of Chemical Information and Computer Sciences*, 2000, vol. 40, no. 6, pp. 1349–1355.
9. Korobko V. V., Pchelintseva N. V., Samsonova E. A., Batalin S. D., Lunejva M. A. Effect of N, O, S-containing Heterocyclic Compounds on Growth of Root System of *Triticum aestivum* L. *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Chemistry. Biology. Ecology*, 2018, vol. 18, iss. 1, pp. 45–51 (in Russian). DOI: 10.18500/1816-9775-2018-18-1-45-51
10. Gubina T. I., Ukhova A. A., Isaeva S. V., Tumskiy R. S., Anis'kov A. A., Klochkova I. N. The Determination of Biological Effects of New Heterocyclic Compounds on Plants and the Evaluation of Environmental Safety of Their Application. *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Chemistry. Biology. Ecology*, 2017, vol. 17, iss. 3, pp. 267–273 (in Russian). DOI: 10.18500/1816-9775-2017-17-3-267-273
11. Kolevatova Ya. G. 2,4-Diarilbicyclo[3.3.1]non-2-en-9-ony: sintez, stroenie i nekotorye khimicheskie prevrashcheniya [2,4-Diarylbiyclo[3.3.1]non-2-en-9-ones: synthesis, structure and some chemical transformations. Dis. Cand. Sci. (Chem.)]. Saratov, 2009. 139 p. (in Russian).
12. Zhestovskaya E. S., Krylatova Ya. G. Sintez 2,4-dinitrofenilgidrazonov i tiosemikarbazonov 2,4-diarilbicyclo[3.3.1]non-2-en-9-onov [Synthesis of 2,4-dinitrophenylhydrazones and thiosemicarbazones 2,4-diarylbiyclo [3.3.1] non-2-en-9-ones]. *Voprosy biologii, ekologii, himii i metodiki obucheniya: sb. nauch. st.* [Questions of Biology, Ecology, Chemistry and Teaching Methods : Coll. of Sci. Articles], 2012, iss. 14, pp. 38–39 (in Russian).
13. Golub N. A. Parametry pervichnoy kornevoy sistemy ozimoy pshenitsy i vozmozhnosti ikh ispol'zovaniya v otsenke sortov [Parameters of the primary root system of winter wheat and the possibility of their use in the evaluation of varieties]. In: *Fiziologiya produktivnosti i ustoychivosti zernovykh kul'tur: sb. nauch. tr.* [Physiology of productivity and stability of grain crops: coll. of proc.]. Krasnodar, KNIICH Publ., 1988, pp. 42–47 (in Russian).
14. Gavrilenko V. F., Zhigalova T. V. *Bol'shoy praktikum po fotosintezu* [Great Photosynthesis Workshop]. Moscow, "Akademiya" Publ., 2003. 256 p. (in Russian).
15. Tkachev V. I., Gulyaev B. I. Response of plants of different winter wheat varieties to a brief soil drought. *Physiology and Biochemistry of Cultivated Plants*, 2010, vol. 42, no. 6, pp. 522–529 (in Russian).
16. Korobko V. V., Stepanov S. A. Vliyanie temperatury na razvitiye kornevoy sistemy proroskov tvyordoy pshenitsy [The effect of temperature on the development of the root system of durum wheat seedlings]. *Voprosy biologii, ekologii, himii i metodiki obucheniya: sb. nauch. st.* [Questions of Biology, Ecology, Chemistry and Teaching Methods: Coll. of Sci. Articles]. Saratov, Izd-vo Sarat. un-ta, 2017, iss. 19, pp. 3–6 (in Russian).
17. Ivanov L. A., Ivanova L. A., Ronzhina D. A., Yudina P. K. Changes in the chlorophyll and carotenoid contents in the leaves of steppe plants along a latitudinal gradient in South Ural. *Russian Journal of Plant Physiology*, 2013, vol. 60, no. 6, pp. 812–820 (in Russian). DOI: 10.7868/S0015330313050072
18. Maslova T. G., Popova I. A. Adaptive properties of the plant pigment systems. *Photosynthetica*, 1993, vol. 29, pp. 195–203.
19. Mokronosov A. T., Gavrilenko V. F., Zhigalova T. V. *Fotosintez: Fiziologo-ekologicheskie i biohimicheskie aspekty* [Photosynthesis: Physiological, Environmental and Biochemical Aspects]. Moscow, "Akademiya" Publ., 2006. 448 p. (in Russian).
20. Smolikova G. N., Laman N. A., Boriskevich O. V. The role of chlorophylls and carotenoids in seed resistance to abiotic stressors. *Russian Journal of Plant*, 2011, vol. 58, no. 6, pp. 817–825 (in Russian).

Cite this article as:

Mironova N. V., Korobko V. V., Pchelintseva N. V., Krylatova Ya. G., Zhestovskaya E. S. The Phytotesting of (thio)semicarbazones 2,4-diarylbiyclo[3.3.1]non-2-en-9-ones. *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Chemistry. Biology. Ecology*, 2019, vol. 19, iss. 3, pp. 305–311 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2019-19-3-305-311>
