

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ  
ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ РОСТОВОЙ АКТИВНОСТИ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ И ДЕКОРАТИВНЫХ РАСТЕНИЙТ.В. ВОСТРИКОВА<sup>1</sup>, Х.С. ШИХАЛИЕВ<sup>2</sup>, С.М. МЕДВЕДЕВА<sup>2</sup><sup>1</sup> В сероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы и сахара  
им. А.Л. Мазлумова;<sup>2</sup> В оронежский государственный университет)

*Изучали влияние органических соединений, синтезированных на кафедре органической химии Воронежского госуниверситета, на посевные качества и ростовые показатели листопадного кустарника рододендрона желтого (*Rhododendron luteum* Sweet) и сахарной свеклы (*Beta vulgaris* L.). Цель работы – выявить действие 6-гидрокси-2,2,4-триметил-1,2-дигидрохинолина и его производных на ростовую активность рододендрона желтого и сахарной свеклы. Обработка недрожженных семян сахарной свеклы водным раствором 6-гидрокси-2,2,4-триметил-1,2-дигидрохинолином увеличивает энергию прорастания семян на 37–46%, всхожесть семян на 32–40%, среднюю длину проростка на 53–94%, массу 100 проростков на 69–125% по отношению к контролю. Для *Rhododendron luteum* более эффективными веществами на ранних этапах развития можно считать дигидрохинолины, и в меньшей степени – тетрагидрохинолины. Соединение 6-гидрокси-2,2,4-триметил-1,2-дигидрохинолин оказало положительное действие на ростовую активность рододендрона желтого и сахарной свеклы. Под влиянием синтезированных органических соединений значительно улучшились посевные качества и ростовые показатели исследуемых растений.*

**Ключевые слова:** стимуляторы, ростовая активность, синтезированные органические соединения, декоративные растения, сахарная свекла

**Введение**

В производство внедряют различные химические вещества, регуляторы роста, стимулирующие и ускоряющие развитие растений. В связи с этим работы в направлении выбора физиологически активных веществ (ФАВ) и эффективных концентраций этих соединений являются достаточно актуальными.

Производные гидрохинолина являются важными гетероциклическими соединениями для синтеза органической и медицинской химии. Большинство соединений содержит хинолоновое кольцо, используемое в сердечно-сосудистых [9], противомаларийных [21] и противоопухолевых средствах [14], антифунгальных препаратах [13], веществах, обладающих противовоспалительной активностью [15]. Кроме того, производные хинолина находят применение в синтезе фунгицидов, вируцидов, биоцидов, алкалоидов и ароматизаторов [21]. Велика роль хинолина как подструктуры в широком спектре натуральных и синтезированных продуктов, поэтому все еще большие усилия по-прежнему направлены на разработку новых структур на его основе [8, 11, 12, 17–20]. Источники литературы свидетельствует о том, что одни

и те же соединения хинолинового ряда в разных концентрациях могут являться как стимуляторами, так и ингибиторами биологических процессов [9, 10, 16]. В связи с этим важными являются исследования, направленные не только на поиск новых соединений и путей их синтеза, но и на расширение области применения – в частности, выявление биологических эффектов воздействия на живые объекты.

Ранее нами было разработано применение синтезированных химических веществ: 6-гидрокси-2,2,4-триметил-1,2-дигидрохинолина, его производных и их гидрированных аналогов [22] и соединения ряда 1-алкил-2,2,4-триметил-6-аминокарботиоил-1,2-дигидрохинолина в диапазоне концентраций 0,01–0,1% для повышения ростовой активности рододендрона Ледебура и других видов рода *Rhododendron* L. [23].

С другой стороны, некоторые из перечисленных соединений снижали высоту растений у однолетника *Salvia splendens* Ker Gawl. и были рекомендованы как ретарданты [4]. Различные проявления биологической активности позволяют называть эти соединения физиологически активными веществами. Однако по ценной технической культуре – сахарной свекле – исследования в направлении поиска регуляторов роста немногочисленны.

Для повышения эффективности размножения все чаще используемых в озеленении города и приусадебных участков рододендронов необходимо использовать дополнительные средства – физиологически активные вещества.

Цель исследований: выявить действие 6-гидрокси-2,2,4-триметил-1,2-дигидрохинолина и его производных на ростовую активность рододендрона желтого и сахарной свеклы.

### Материал и методы исследований

Исследования проводили в два этапа: первый – на базе ботанического сада им. профессора Б.М. Козо-Полянского Воронежского госуниверситета, второй – во Всероссийском научно-исследовательском институте сахарной свеклы и сахара им. А.Л. Мазлумова. Изучали влияние ФАВ, синтезированных на кафедре органической химии Воронежского госуниверситета, на посевные качества и ростовые показатели листопадного кустарника рододендрона желтого (*Rhododendron luteum* Sweet) и сахарной свеклы (*Beta vulgaris* L.).

Объектом исследований являлись недражированные семена *Rh. luteum* и *B. vulgaris* линии МС-2113, полученной путем опыления мужскостерильной линии гамма-облученной пылью [1–3].

Перед проращиванием семена замачивали в водных растворах ФАВ в концентрации 0,01%; 0,05%; 0,1% – с экспозицией 18 ч в трех повторностях по 100 семян. В качестве контроля использовали семена, замоченные в водопроводной воде и растворе стандартного стимулятора роста эпинбрасинолида (коммерческий препарат Эпин-экстра производства ННПП «НЭСТ М», РФ) в рабочей концентрации 0,05%. На 21-й день эксперимента производили подсчет проростков для определения всхожести семян и измерение высоты проростков линейкой.

Под посевными качествами семян сахарной свеклы мы понимали энергию прорастания (проростки подсчитывали на 4-й день проращивания) [7] всхожесть семян (проростки подсчитывали на 10-й день проращивания) согласно ГОСТ 22617.2–94 РФ, 21.10.1994 г.). Под ростовыми показателями подразумевали признаки: длина проростка (измеряли на 10-й день начала эксперимента при помощи линейки), масса 100 проростков (определяли на 10-й день на технических весах).

Семена замачивали в водных растворах 6-гидрокси-2,2,4-триметил-1,2-дигидрохинолина с массовой долей 0,01%; 0,05%; 0,1% с экспозицией 18 ч в четырех повторностях по 100 шт. и проращивали при комнатной температуре.

Признак «Масса 100 проростков» является традиционным при исследовании влияния различных факторов на семена, реакцию проростков и посевные качества семян полевых культур [5, 6].

Производили компьютерную статистическую обработку данных с помощью пакета программ «Stadia» 7.0. Энергию прорастания и всхожесть семян в контрольном и опытных вариантах сравнивали с использованием Z-аппроксимации для критерия равенства частот, остальные показатели – по t-критерию Стьюдента. Рассчитывали увеличение энергии прорастания, всхожести семян, средней длины проростков и массы 100 проростков сахарной свеклы в опыте относительно контроля, %.

### Результаты и их обсуждение

Всхожесть семян видов рода *Rhododendron luteum* после обработки ФАВ представлена в таблице 1, высота проростков – в таблице 2.

Таблица 1

#### Всхожесть семян, %, *Rh. luteum* после обработки ФАВ

Концентрация	Контроль	Эпин	Стимулятор 1	Стимулятор 2	Стимулятор 3	Стимулятор 4	Стимулятор 5
0,01%	52,3	54,8	56,1	64,2* <sup>1</sup>	54,6	57,8*	64,2** <sup>2</sup>
0,05%			62,5* <sup>1</sup>	68,7** <sup>2</sup>	55,4	63,5* <sup>1</sup>	71,7** <sup>2</sup>
0,1%			65,5** <sup>2</sup>	74,6** <sup>2</sup>	67,3** <sup>2</sup>	68,2** <sup>2</sup>	78,4** <sup>2</sup>

\*Отличия от контроля (P<0,05).

\*\*Отличия от контроля (P<0,01).

\*\*\*Отличия от контроля (P<0,001).

<sup>1</sup> Отличия от варианта «Эпин» (P<0,05).

<sup>2</sup> Отличия от варианта «Эпин» (P<0,01).

<sup>3</sup> Отличия от варианта «Эпин» (P<0,001).

Таблица 2

#### Высота проростков, см, *Rh. luteum* после обработки ФАВ

Концентрация	Контроль	Эпин	Стимулятор 1	Стимулятор 2	Стимулятор 3	Стимулятор 4	Стимулятор 5
0,01%	1,1±0,03	1,2±0,02	1,3±0,03* <sup>1</sup>	1,4±0,02** <sup>2</sup>	1,3±0,02* <sup>1</sup>	1,4±0,02** <sup>2</sup>	1,5±0,04*** <sup>3</sup>
0,05%			1,4±0,02** <sup>2</sup>	1,5±0,02*** <sup>3</sup>	1,4±0,03** <sup>2</sup>	1,5±0,03** <sup>2</sup>	1,6±0,03*** <sup>3</sup>
0,1%			1,5±0,03*** <sup>3</sup>	1,6±0,03*** <sup>3</sup>	1,5±0,03*** <sup>3</sup>	1,6±0,03*** <sup>3</sup>	1,7±0,04*** <sup>3</sup>

\*Отличия от контроля (P<0,05).

\*\*Отличия от контроля (P<0,01).

\*\*\*Отличия от контроля (P<0,001).

<sup>1</sup> Отличия от варианта «Эпин» (P<0,05).

<sup>2</sup> Отличия от варианта «Эпин» (P<0,01).

<sup>3</sup> Отличия от варианта «Эпин» (P<0,001).

Для увеличения всхожести семян рододендрона желтого соединения 2 и 5 были наиболее эффективными в концентрациях 0,05 и 0,1%. Всхожесть в наибольшей степени повышалась после обработки семян всеми испытанными веществами в концентрации 0,1%. Однако наибольший эффект оказывали соединения 2 и 5 (дигидрохинолины) во всех концентрациях, а также соединения 1 (тетрагидрохинолин) и 4 (дигидрохинолин) концентрациях 0,05 и 0,1% (табл. 1). Та же тенденция влияния предпосевной обработки семян отмечена при анализе высоты проростков рододендрона желтого (табл. 2). Высоту проростков увеличивали соединения 2, 4 и 5 во всех испытанных концентрациях. Соединение 3 (тетрагидрохинолин) проявляло наибольшую активность в концентрации 0,1%.

Приходим к выводу о том, что более эффективными веществами на ранних этапах развития *Rhododendron luteum* можно считать дигидрохинолины, и в меньшей степени – тетрагидрохинолины.

Влияние фактора «обработки ФАВ» и «концентрации» оценивали по результатам дисперсионного анализа, который показал действие на высоту проростков *Rh. luteum* ( $P < 0,05$ ).

Соединение 2 (6-гидрокси-2,2,4-триметил-1,2-дигидрохинолин), одно из наиболее сильных ФАВ для декоративного растения, было испытано на сахарной свекле.

В таблице 4 представлены результаты изменения количественных признаков сахарной свеклы после обработки семян ФАВ: 6-гидрокси-2,2,4-триметил-1,2-дигидрохинолином.

Анализируя таблицу 4, отмечаем повышение энергии прорастания и всхожести семян сахарной свеклы после обработки семян растворами 6-гидрокси-2,2,4-триметил-1,2-дигидрохинолина во всех вариантах у исследуемой линии по сравнению с контролем ( $P < 0,05$ ;  $P < 0,01$ ) и в сравнении со стандартным стимулятором роста коммерческим препаратом Эпин-экстра – вариантом обработки «Эпин» ( $P < 0,05$ ;  $P < 0,01$ ).

Из таблицы 4 следует положительное влияние обработки недражированных семян сахарной свеклы водными растворами 6-гидрокси-2,2,4-триметил-1,2-дигидрохинолина на длину проростка и массу 100 проростков и увеличение средних значений относительно контроля и варианта обработки «Эпин» ( $P < 0,05$ ;  $P < 0,01$ ).

Таблица 4

**Количественные признаки сахарной свеклы после обработки семян 6-гидрокси-2,2,4-триметил-1,2-дигидрохинолином**

Концентрация соединения, %	Длина проростка, см	Масса 100 проростков, г	Энергия прорастания, %	Всхожесть семян, %
Контроль (вода)	5,8±0,1	5,2±0,1	58	64
Эпин 0,05%	6,9±0,1	6,7±0,1	67	75
0,01%	11,3±0,1**2	11,7±0,1**2	85**2	90**2
0,05%	10,7±0,2**2	10,8±0,2**2	85**2	90**2
0,1%	8,9±0,2**2	8,8±0,1**2	80*1	85*1

\*Отличия от контроля ( $P < 0,05$ ).

\*\*Отличия от контроля ( $P < 0,01$ ).

<sup>1</sup> Отличия от варианта «Эпин» ( $P < 0,05$ ).

<sup>2</sup> Отличия от варианта «Эпин» ( $P < 0,01$ ).

В таблице 5 представлено увеличение количественных признаков сахарной свеклы относительно контроля, %, после обработки 6-гидрокси-2,2,4-триметил-1,2-дигидрохинолином. Во всех вариантах использования водных растворов отмечается положительное влияние обработки семян на их посевные качества и стимуляцию ростовых показателей.

Таблица 5

**Увеличение количественных признаков сахарной свеклы относительно контроля, %, после обработки семян 6-гидрокси-2,2,4-триметил-1,2-дигидрохинолином**

Концентрация соединения, %	Длина проростка, см	Масса 100 проростков, г	Энергия прорастания, %	Всхожесть семян, %
0,01%	94,8	125,0	46,6	40,6
0,05%	84,4	100,8	46,6	40,6
0,1%	53,4	69,2	37,9	32,8

**Выводы**

Таким образом, обработка недражированных семян сахарной свеклы водным раствором 6-гидрокси-2,2,4-триметил-1,2-дигидрохинолина увеличивает энергию прорастания семян на 37–46%, всхожесть семян на 32–40%, среднюю длину проростка на 53–94%, массу 100 проростков на 69–125% по отношению к контролю.

Для *Rhododendron luteum* более эффективными веществами на ранних этапах развития можно считать дигидрохинолины, и в меньшей степени – тетрагидрохинолины. Соединение 6-гидрокси-2,2,4-триметил-1,2-дигидрохинолин (стимулятор 2) оказал положительное действие на ростовую активность рододендрона желтого и сахарной свеклы. Под влиянием синтезированных органических соединений значительно улучшились посевные качества и ростовые показатели исследуемых растений.

*Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания вузам в сфере научной деятельности на 2023–2025 годы, проект № FZGU-2023–0009.*

**Библиографический список**

1. Богомолов М.А. Гетерозис у сахарной свеклы // Сахарная свекла. – 2020. – № 7. – С. 27–30.
2. Богомолов М.А. Использование апомиктических МС-линий при создании гибридов сахарной свеклы (*Beta vulgaris* L.) // Сахар. – 2018. – № 8. – С. 41–45.
3. Богомолов М.А., Федулова Т.П. Интрогрессия апомиксиса – новый путь создания гибридов сахарной свеклы (*Beta vulgaris* L.) // Сахарная свекла. – 2018. – № 2. – С. 2–4.
4. Вострикова Т.В., Калаев В.Н., Бутова Л.С., Медведева С.М., Шихалиев Х.С. Биологические эффекты соединений хинолинового ряда на ростовую активность *Salvia splendens* // Вестник Воронежского государственного университета. Серия «Химия. Биология. Фармация». – 2012. – № 1. – С. 103–106.

5. Колесникова М.В., Безлер Н.В. Биологический способ воспроизводства плодородия почвы в посевах сахарной свеклы // Земледелие. – 2013. – № 4. – С. 6–8.
6. Подвигина О.А., Нечаева О.М. Лазерная активация семян сахарной свеклы // Земледелие и защита растений. – 2019. – № 5. – С. 41–42.
7. Сельскохозяйственный словарь-справочник / Ред. А.И. Гайстер. – М. – Л.: Сельхозгиз, 1934. – 1280 с.
8. Azizian J., Delbari A.S., Yadollahzadeh K. One-Pot, Three-Component Synthesis of Pyrimido[4,5-b]quinoline-tetraone Derivatives in Water // Synthetic Commun. – 2011. – № 44 (22). – Pp. 3277–3286.
9. Balalaie S., Abdolmohammadi S., Bijanzadeh H.R., Amani A.M. Diammonium hydrogen phosphate as a versatile and efficient catalyst for the one-pot synthesis of pyrano [2,3-d] pyrimidinone derivatives in aqueous media // Mol. Diversity. – 2008. – № 12. – Pp. 85–91.
10. Brown C.W., Liu S., Klucik J., Berlin K.D., Brennan P.J., Kaur D., Benbrook D.M. Novel heteroarotinoids as potential antagonists of Mycobacterium bovis BCG // Journal of Medicinal Chemistry. – 2004. – № 47 (4). – Pp. 1008–1017.
11. Denmark S., Venkatraman S. On the mechanism of the Skraup-Doebner-Von Miller quinoline synthesis // J. Org. Chem. – 2006. – № 71. – Pp. 1668–1676.
12. Elkholy Y.M., Morsy M.A. Facile Synthesis of 5, 6, 7, 8-Tetrahydropyrimido[4, 5-b]-quinoline Derivatives // Molecules. – 2006. – № 11. – Pp. 890–903.
13. El-Sayed O.A., Al-Bassam B.A., Hussein M.E. Synthesis of some novel quinoline-3-carboxylic acids and pyrimidoquinoline derivatives as potential antimicrobial agents // Archiv Pharmazie. – 2002. – № 335. – Pp. 403–410.
14. El-Sayed O.A., El-Bieh F.M., El-Aqeel S.I., Al-Bassam B.A. Hussein, M.E. Novel 4-aminopyrimido[4,5-b]quinoline derivatives as potential antimicrobial agents // Bollettino Chimico Farmaceutico. – 2002. – № 141. – Pp. 461–465.
15. El-Sayed O.A., Al-Turki T.M., Al-Daffiri H.M., Al-Bassam B.A., Hussein M.E. Tetrazolo[1,5-a] quinoline derivatives as anti-inflammatory and antimicrobial agents // Bollettino Chimico Farmaceutico. – 2004. – № 143. – Pp. 227–238.
16. Fotie J., Kaiser M., Delfi 'n D.A., Manley J., Reid C.S., Paris J. – M., Wenzler T., Maes L., Mahasenan K.V., Li C., Werbovetz K.A. Antitrypanosomal Activity of 1,2-Dihydroquinolin-6-ols and Their Ester Derivatives // Journal of Medicinal Chemistry. – 2010. – № 53. – Pp. 966–982. – DOI: 10.1021/jm900723w.
17. Ghoneim A.A., Assy M.G. Synthesis of Some New Hydroquinoline and Pyrimido[4,5-b] Quinoline Derivatives // Current Research in Chemistry. – 2015. – № 7 (1). – Pp. 14–20. – DOI: 10.3923/crc.2015.14.20.
18. Marjani A.P., Khalafy J., Ebrahimlo M.A.R. Facile Synthesis of Some New Pyrimidoquinolines // Synthetic Commun. – 2011. – № 41 (16). – Pp. 2475–2482 (<https://doi.org/10.1080/00397911.2010.505701>).
19. Mosalam M.A., El Hamouly S.H., Mahmoud A.A., Khalil A. Binary copolymerizations of 8-methacryloxy-quinoline with methyl methacrylate, methyl acrylate, styrene and acrylonitrile // J. Polym. Res. – 2011. – № 18. – Pp. 2141–2150. – DOI: 10.1007/s10965-011-9624-4.
20. Saudi M.N.S., Rostom S.A., Fahmy H.T.Y., El-Ashmawy I. Synthesis of 2-(4Biphenyl)quinoline-4-carboxylate and Carboxamide Analogues // Article in ChemInform. – 2003. – № 34 (39). – DOI: 10.1002/chin.200339123.
21. Trivedi A., Dodiya D., Surani J., Jarsania S., Mathukiya H., Ravat N., Shah V. Facile one-pot synthesis and antimycobacterial evaluation of pyrazolo[3,4 d]pyrimidines // Archiv Pharmazie. – 2008. – № 341. – Pp. 435–439.

22. Vostrikova T.V., Kalaev V.N., Medvedeva S.M., Novichikhina N.P., Shikhaliev K.S. Synthesized organic compounds as growth stimulators for woody plants // *Periódico Tchê Química*. – 2020. – Vol. 17, № 35. – Pp. 327–337.

23. Vostrikova T.V., Kalaev V.N., Potapov A.Yu., Potapov M.A., Shikhaliev K.S. Use of new compounds of the quinoline series as effective stimulants of growth processes // *Periódico Tchê Química*. – 2020. – Vol. 17, № 35. – Pp. 781–790.

## USE OF PHYSIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES TO INCREASE THE GROWTH ACTIVITY OF AGRICULTURAL AND ORNAMENTAL PLANTS

T.V. VOSTRIKOVA<sup>1</sup>, KH.S. SHIKHALIEV<sup>2</sup>, S.M. MEDVEDEV<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>A.L. Mazlumov All-Russian Research Institute of Sugar Beet and Sugar;  
<sup>2</sup>Voronezh State University)

*The effect of organic compounds synthesized at the Department of Organic Chemistry of Voronezh State University on the sowing qualities and growth performance of the deciduous shrub Rhododendron yellow (Rhododendron luteum Sweet) and sugar beet (Beta vulgaris L.) was studied. The purpose of the work was to identify the effects of 6-hydroxy-2,2,4-trimethyl-1,2-dihydroquinoline and its derivatives on the growth activity of Rhododendron yellow and sugar beet. Treatment of uncoated sugar beet seeds with an aqueous solution of 6-hydroxy-2,2,4-trimethyl-1,2-dihydroquinoline increased the seed germination energy by 37–46%, the seed germination by 32–40%, average seedling length by 53–94%, and the weight of 100 seedlings by 69–125% compared to the control. Dihydroquinolines and, to a lesser extent, tetrahydroquinolines may be considered more effective substances in the early stages of development of Rhododendron luteum. The compound 6-hydroxy-2,2,4-trimethyl-1,2-dihydroquinoline had a positive effect on the growth activity of Rhododendron yellow and sugar beet. The sowing qualities and growth traits of the plants studied significantly improved under the effect of synthesized organic compounds.*

**Key words:** stimulants, growth activity, synthesized organic compounds, ornamental plants, sugar beet.

### References

1. Bogomolov M.A. Heterosis in sugar beet. *Sakharnaya svekla*. 2020;7:27–30. (In Russ.)
2. Bogomolov M.A. Use of apomictic MS lines in the creation of sugar beet hybrids (Beta vulgaris L.). *Sakhar*. 2018;8:41–45. (In Russ.)
3. Bogomolov M.A., Fedulova T.P. Introgression of apomixis – a new way to create hybrids of sugar beet (Beta vulgaris L.). *Sakharnaya svekla*. 2018;2:2–4. (In Russ.)
4. Vostrikova T.V., Kalaev V.N., Butova L.S., Medvedeva S.M., Shikhaliev H.S. Biological effects substances of hynolins range for the growth activity tagetes patulal. *Proceedings of Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy*. 2012;1:103–106. (In Russ.)
5. Kolesnikova M.V., Bezler N.V. Biological method of reproduction fertility in sugar beet crops. *Zemledelie*. 2013;4:6–8. (In Russ.)
6. Podvigina O.A., Nechaeva O.M. Laser activation of sugar beet seeds. *Zemledelie i zashhita rasteniy*. 2019;5:41–42. (In Russ.)

7. Agricultural dictionary-reference book. Ed. by A.I. Gayster. M. – L.: Sel'khozgiz, 1934:1280. (In Russ.)
8. Azizian J., Delbari A.S., Yadollahzadeh K. One-Pot, Three-Component Synthesis of Pyrimido[4,5-b]quinoline-tetraone Derivatives in Water. *Synthetic Commun.* 2011;44(22):3277–3286.
9. Balalaie S., Abdolmohammadi S., Bijanzadeh H.R. Amani, A.M. Diammonium hydrogen phosphate as a versatile and efficient catalyst for the one-pot synthesis of pyrano[2,3-d]pyrimidinone derivatives in aqueous media. *Mol. Diversity.* 2008;12:85–91.
10. Brown C.W., Liu S., Klucik J., Berlin K.D., Brennan P.J., Kaur D., Benbrook D.M. Novel heteroarotinoids as potential antagonists of *Mycobacterium bovis* BCG. *Journal of Medicinal Chemistry.* 2004;47(4):1008–1017.
11. Denmark S., Venkatraman S. On the mechanism of the Skraup-Doebner-Von Miller quinoline synthesis. *J. Org. Chem.* 2006;71:1668–1676.
12. Elkholy Y.M., Morsy M.A. Facile Synthesis of 5, 6, 7, 8-Tetrahydropyrimido [4, 5-b]-quinoline Derivatives. *Molecules.* 2006;11:890–903.
13. El-Sayed O.A., Al-Bassam B.A., Hussein M.E. Synthesis of some novel quinoline-3-carboxylic acids and pyrimidoquinoline derivatives as potential antimicrobial agents. *Archiv Pharmazie.* 2002;335:403–410.
14. El-Sayed O.A., El-Bieh F.M., El-Aqeel S.I., Al-Bassam B.A. Hussein, M.E. Novel 4-aminopyrimido[4,5-b]quinoline derivatives as potential antimicrobial agents. *Bollettino Chimico Farmaceutico.* 2002;141:461–465.
15. El-Sayed O.A., Al-Turki T.M., Al-Daffiri H.M., Al-Bassam B.A., Hussein M.E. Tetrazolo[1,5-a] quinoline derivatives as anti-inflammatory and antimicrobial agents. *Bollettino Chimico Farmaceutico.* 2004;143:227–238.
16. Fotie J., Kaiser M., Delfi'n D. A., Manley J., Reid C.S., Paris J. – M., Wenzler T., Maes L., Mahasenan K.V., Li, C., Werbovetz K.A. Antitrypanosomal Activity of 1,2-Dihydroquinolin-6-ols and Their Ester Derivatives. *Journal of Medicinal Chemistry.* 2010;53:966–982. <https://doi.org/10.1021/jm900723w>
17. Ghoneim A.A., Assy M.G. Synthesis of Some New Hydroquinoline and Pyrimido[4,5-b] Quinoline Derivatives. *Current Research in Chemistry.* 2015;7(1):14–20. <https://doi.org/10.3923/crc.2015.14.20>
18. Marjani A.P., Khalafy J., Ebrahimlo M.A.R. Facile Synthesis of Some New Pyrimidoquinolines. *Synthetic Commun.* 2011;41(16):2475–2482. <https://doi.org/10.1080/00397911.2010.505701>
19. Mosalam M.A., ElHamouly S.H., Mahmoud A.A., Khalil A. Binary copolymerizations of 8-methacryloxy-quinoline with methyl methacrylate, methyl acrylate, styrene and acrylonitrile. *J. Polym. Res.* 2011;18:2141–2150. <https://doi.org/10.1007/s10965-011-9624-4>
20. Saudi M.N.S., Rostom S.A., Fahmy H.T.Y., El-Ashmawy I. Synthesis of 2-(4Biphenyl)quinoline-4-carboxylate and Carboxamide Analogues. *Article in ChemInform.* 2003;34(39). <https://doi.org/10.1002/chin.200339123>
21. Trivedi A., Dodiya D., Surani J., Jarsania S., Mathukiya H., Ravat N., Shah V. Facile one-pot synthesis and antimycobacterial evaluation of pyrazolo[3,4 d]pyrimidines. *Archiv Pharmazie.* 2008;341:435–439.
22. Vostrikova T.V., Kalaev V.N., Medvedeva S.M., Novichikhina N.P., Shikhaliev K.S. Synthesized organic compounds as growth stimulators for woody plants. *Periódico Tchê Química.* 2020;17(N35):327–337.
23. Vostrikova T.V., Kalaev V.N., Potapov A.Yu., Potapov M.A., Shikhaliev K.S. Use of new compounds of the quinoline series as effective stimulants of growth processes. *Periódico Tchê Química.* 2020;17(N35):781–790.

## Сведения об авторах

**Вострикова Татьяна Валентиновна**, канд. биол. наук, научный сотрудник лаборатории селекции исходного материала и гетерозисных опылителей ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы и сахара им. А.Л. Мазлумова»; 396030, Российская Федерация, Воронежская область, Рамонский район, ВНИИСС, 86; e-mail: tanyavostric@rambler.ru

**Медведева Светлана Михайловна**, канд. хим. наук, доцент кафедры органической химии, ФБГОУ ВО «Воронежский государственный университет»; 394018, Российская Федерация, г. Воронеж, Университетская пл., 1; e-mail: smmedvedeva@rambler.ru

**Шихалиев Хидмет Сафарович**, д-р хим. наук, профессор, заведующий кафедрой органической химии ФБГОУ ВО «Воронежский государственный университет»; 394018, Российская Федерация, г. Воронеж, Университетская пл., 1; e-mail: shikh1961@yandex.ru

**Tatyana V. Vostrikova**, Research Associate at the Laboratory for Selection of Source Material and Heterotic Pollinators, A.L. Mazlumov All-Russian Research Institute of Sugar Beet and Sugar (86, VNIISS, Ramonsky district, Voronezh region, 396030, Russian Federation; e-mail: tanyavostric@rambler.ru)

**Svetlana M. Medvedeva**, CSc (Chem), Associate Professor at the Department of Organic Chemistry, Voronezh State University (1, Universitetskaya Sq., Voronezh, 394018, Russian Federation; e-mail: smmedvedeva@rambler.ru)

**Khidmet S. Shikhaliev**, DSc (Chem), Professor, Head of the Department of Organic Chemistry, Voronezh State University (1, Universitetskaya Sq., Voronezh, 394018, Russian Federation; e-mail: shikh1961@yandex.ru)