

**БИОТЕХНОЛОГИЯ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ И БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ /
BIOTECHNOLOGY OF FOOD AND BIOLOGICAL ACTIVE SUBSTANCES**
DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2025.53.4>**СИНТЕЗ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ СОЛЕЙ В-ФОРМИЛАКРИЛОВОЙ КИСЛОТЫ**

Научная статья

Посконин В.В.^{1,*}¹ ORCID : 0000-0002-9924-9986;¹ Кубанский государственный технологический университет, Краснодар, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (vposkonin[at]mail.ru)

Аннотация

Целью работы является синтез растворимых Na- и Ca-солей биологически активной *цис*-b-формилакриловой кислоты (ФАК) и изучение их рострегулирующей и антистрессовой активности. Синтез ФАК с выходом 35% осуществлен по улучшенной методике, основанной на реакции фурфурола с 30%-ным водным H₂O₂ в присутствии V₂O₅ в качестве катализатора. Взаимодействием выделенного циклического таутомера ФАК (5-гидрокси-2(5H)-фуранона) с Na₂CO₃ и Ca(OH)₂ с количественным выходом получены натриевая и кальциевая соли ФАК соответственно. Биологическое действие полученных солей изучено на семенах и проростках озимой пшеницы. Рострегулирующую активность препаратов изучали на семенах озимой пшеницы сорта Юна модельными методами лабораторного скрининга. В ходе исследований определяли оптимальную рострегулирующую концентрацию препаратов и их влияние, в том числе в условиях водного стресса, на посевные качества семян озимой пшеницы, оцениваемые по длине и массе побеговой и корневой системы проростков.

Натриевая соль в оптимальной стимулирующей рост концентрации, равной 0,005% масс., проявляет существенное ретардантное действие на ростки и корни проростков, но в условиях водного стресса способствует сохранению интенсивности синтетических процессов в ростках. Кальциевая соль в такой же оптимальной концентрации оказывает выраженное положительное влияние на корневую систему проростков, однако способствует угнетению растений при дефиците влаги. Полученные результаты показывают, что *цис*-b-формилакриловая кислота и ее Na- и Ca-соли оказывают различное воздействие на отдельные показатели развития проростков озимой пшеницы.

Изученные соли представляют интерес как добавки к композиционным стимуляторам роста растений и как реагенты для тонкого органического синтеза. Полученные результаты создают перспективу для синтеза и изучения рострегулирующих свойств других солей *цис*-b-формилакриловой кислоты.

Ключевые слова: *цис*-b-формилакриловая кислота, натриевая соль, кальциевая соль, синтез, рострегулирующая активность, антистрессовая активность.

SYNTHESIS AND BIOLOGICAL ACTIVITY OF B-FORMYLACRYLIC ACID SALTS

Research article

Poskonin V.V.^{1,*}¹ ORCID : 0000-0002-9924-9986;¹ Kuban State Technological University, Krasnodar, Russian Federation

* Corresponding author (vposkonin[at]mail.ru)

Abstract

The aim of this work is to synthesize soluble Na- and Ca-sols of biologically active *cis*-b-formylacrylic acid (FLA) and to study their growth-regulating and anti-stress activity. The synthesis of FLA in 35% yield was carried out by an improved method based on the reaction of furfural with 30% aqueous H₂O₂ in the presence of V₂O₅ as a catalyst. By interaction of the isolated cyclic tautomer of FLA (5-hydroxy-2(5H)-furanone) with Na₂CO₃ and Ca(OH)₂, sodium and calcium salts of FLA were obtained in quantitative yield, respectively. The biological effect of the obtained salts was studied on winter wheat seeds and seedlings. Growth-regulating activity of drugs was studied on winter wheat seeds of Yuna variety by model methods of laboratory screening. In the course of research we determined the optimal growth-regulating concentration of preparations and their effect, including underwater stress conditions, on sowing qualities of winter wheat seeds estimated by the length and weight of shoot and root system of seedlings.

Sodium salt in optimal growth stimulating concentration equal to 0.005% wt. shows significant retardant effect on seedlings and roots, but under conditions of water stress favours preservation of intensity of synthetic processes in seedlings. Calcium salt in the same optimal concentration has a pronounced positive effect on the root system of seedlings, but contributes to plant suppression under moisture deficit. The obtained results show that *cis*-b-formylacrylic acid and its Na- and Ca-salts have different effects on some indicators of winter wheat seedlings development.

The studied salts are of interest as additives to composite plant growth stimulants and as reagents for fine organic synthesis. The results obtained create a prospect for the synthesis and study of growth-regulating properties of other salts of *cis*-b-formylacrylic acid.

Keywords: *cis*-b-formylacrylic acid, sodium salt, calcium salt, synthesis, growth regulating activity, anti-stress activity.

Введение

Цис-в-формилакриловая кислота (1) и ее производные известны как важные реагенты тонкого органического синтеза [1], [4] и как вещества, обладающие разнообразной биологической (антибиотической, бактерицидной, противораковой, противовоспалительной, антиаллергенной, инсектицидной, фунгицидной и др.) активностью [1], [3], [6], [8]. Такое разнообразие полезных свойств соединения 1 обусловлено возможностью его существования в виде двух таутомерных форм 1а и 1б, содержащих различные функциональные группы – полуацетальную, лактонную, карбонильную и карбоксильную, а также связь C=C (схема 1).

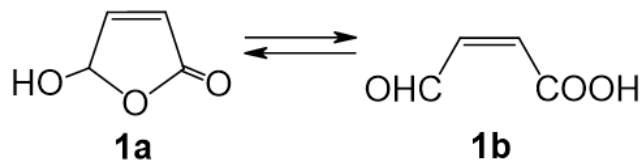


Рисунок 1 - Схема 1

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2025.53.4.1>

Между таутомерами 1а и 1б в водных растворах существует подвижное равновесие, тогда как в безводном состоянии вещество 1 преимущественно существует в циклической форме 1а.

Возможности препаративного синтеза *цис-в*-формилакриловой кислоты (1) окислением фурановых соединений в условиях фото- и электрохимического инициирования, а также их озонированием [9], [11], [13], [14] весьма ограничены из-за сложности и повышенной опасности этих процессов. Нами на основе реакций фурфурола с водным пероксидом водорода в условиях гомогенного катализа соединениями ванадия [15] и анодного окисления [16] разработаны доступные способы получения соединения 1.

Нами установлено также, что водные растворы *цис-в*-формилакриловой кислоты (1) обладают значительной рострегулирующей и антистрессовой активностью по отношению к семенам и проросткам озимой пшеницы [17]. О работах других авторов в этой области в литературе не сообщается. В связи с этим перспективным представилось изучить биологическое действие солей кислоты 1, которое также ранее не изучалось.

Целью настоящей работы является синтез растворимых Na- и Ca-солей *цис-в*-формилакриловой кислоты и изучение их рострегулирующей и антистрессовой активности.

Методы и принципы исследования

2.1 Материалы

Нами разработан способ получения *цис-в*-формилакриловой кислоты (1) с выходом до 90 % [15], используя фурфурол марки «ч» и 30 %-ный водный раствор пероксида водорода в качестве реагентов в присутствии 2-оксинафтената ванадия и гидрохинона в среде водного ацетона. Однако данная методика имеет существенный недостаток, обусловленный трудностью выделения целевого продукта с требуемой степенью чистоты из реакционной смеси. Поэтому с целью повышения степени чистоты целевого продукта синтез гидроксифуранона 1а в настоящей работе осуществляли по приведенной ниже улучшенной методике. Для синтеза солей соединения 1 использовали карбонат натрия марки «х.ч.» и гидроксид кальция марки «х.ч.».

2.2 Синтез *цис-в*-формилакриловой кислоты

Смесь 0,12 моль (10 мл) фурфурола с 8 г силикагеля для колоночной хроматографии марки Silufol или СТХ-1А выдерживали 3 суток. Затем фурфурол отфильтровывали, при 40-45 °С добавляли $6 \cdot 10^{-4}$ моль (0,01 г) VOSO_4 , 70 мл воды и 0,36 моль (27,6 мл) 38,5 % пероксида водорода, перемешивали 2-3 мин до прекращения экзотермической реакции. Реакцию вели 6-6,5 ч при 55-60 °С до полного превращения H_2O_2 и промежуточно образующихся органических пероксидов. Реакционную смесь охлаждали, отгоняли воду при пониженном давлении и 40-50 °С, полученный остаток сушили на воздухе и в эксикаторе над безводным CaCl_2 . Полученную смесь продуктов окисления разделяли на хроматографической колонке (адсорбент – силикагель для колоночной хроматографии марки Silufol или СТХ-1А, элюент – хлороформ), выделяли 0,042 моль (4,2 г, выход 35 % от исходного фурфурола) *цис-в*-формилакриловой кислоты 1 в виде циклического таутомера 1а.

2.3 Синтез натриевой и кальциевой солей *в*-формилакриловой кислоты

Синтез натриевой соли кислоты 1б осуществляли следующим образом. К 20 %-ному водному раствору 0,5 моль (50 г) синтезированного соединения 1 при перемешивании приливали 20 %-ный раствор 0,25 моль (26,5 г) карбоната натрия, полученную смесь упаривали досуха, сушили на воздухе и получали искомую натриевую соль с количественным выходом.

Для получения кальциевой соли таутомера 1б к 10 %-ному раствору 0,5 моль (50 г) соединения 1 добавляли 0,25 моль (18,5 г) гидроксида кальция. Смесь перемешивали до полного исчезновения осадка $\text{Ca}(\text{OH})_2$. После упаривания раствора и сушки полученного остатка получали искомую кальциевую соль с количественным выходом.

2.4 Исследование биологической активности синтезированных солей

Рострегулирующую активность препаратов изучали на семенах озимой пшеницы сорта Юна модельными методами лабораторного скрининга. В ходе исследований определяли оптимальную рострегулирующую концентрацию препарата и его влияние на посевные качества семян озимой пшеницы, оцениваемые по длине и массе побеговой и корневой системы проростков.

В качестве аналогов по свойствам использовали гиббереллин в концентрации 0,001% масс. Кислоту 1 и ее соли испытывали в виде водных растворов с массовой долей 0,01; 0,005; 0,001; 0,0005 и 0,0001 % масс.

Опыты проводили по следующей методике. Семена озимой пшеницы замачивали в водных растворах изучаемого препарата в течение 18 ч и выкладывали на проращивание в рулоны фильтровальной бумаги. Общая продолжительность проращивания всех образцов составила 7 суток. При изучении каждого препарата использовали по 50 шт. семян. Установлено, что испытанные препараты в анализируемом диапазоне концентраций проявляет свойства регуляторов роста, причем их оптимальная стимулирующая рост концентрация составляет 0,005% масс.

Антистрессовую активность *цис*-*b*-формилакриловой кислоты и ее солей на семенах озимой пшеницы сорта Юна изучали по следующей методике.

Семена озимой пшеницы замачивали в водном растворе исследуемых препаратов с оптимальной концентрацией 0,005% масс. в течение 18 ч и выкладывали на проращивание в рулоны фильтровальной бумаги. При изучении каждого препарата использовали по 50 шт. семян. Через трое суток от начала проращивания проросшие семена каждого образца подвергали подсушиванию в течение 1 ч и затем выкладывали в рулоны фильтровальной бумаги для последующего проращивания. Общая продолжительность проращивания всех образцов составила 7 суток.

Результаты и обсуждение

Результаты влияния кислоты 1 и ее Na- и Ca-солей на посевные качества семян озимой пшеницы сорта Юна, в том числе в условиях водного стресса, приведены в табл. 1.

Таблица 1 - Влияние натриевой и кальциевой солей *b*-формилакриловой кислоты на семена озимой пшеницы Юна

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2025.53.4.2>

Действующее вещество	Энергия прорастания, %	Длина проростков, см		Масса проростков, г		Сохранение интенсивности процессов при водном стрессе, %			
		Ростки	Корни	Ростки	Корни	Ростовых		Синтетических	
						Ростки	Корни	Ростки	Корни
Вода (контроль)	87	7,88	5,39	6,39	4,67	93,7	67,7	95,6	87,2
Гиббереллин	96	8,97	5,32	6,70	5,55	93,7	85,5	97,8	84,1
Кислота 1	91	8,03	5,65	7,36	6,17	98,8	95,2	84,6	88,7
Na-соль кислоты 1b	96	7,74	4,90	5,69	5,51	87,1	87,6	99,5	82,4
Ca-соль кислоты 1b	92	8,20	5,81	6,34	5,86	73,3	66,8	88,3	69,3

Из таблицы видно, что *цис*-*b*-формилакриловая кислота (1), как и заявлено в патенте [17], проявляет заметное рострегулирующее и антистрессовое действие. При этом кислота 1, как в обычных условиях, так и при водном стрессе, оказывает большее, по сравнению с гиббереллином, влияние на развитие корней проростков озимой пшеницы.

Примечательно, что Na- и Ca-соли этой кислоты по-разному влияют на развитие проростков, при этом результаты их действия отличаются от действия исходного соединения 1. Так, натриевая соль в обычных условиях проявляет существенное ретардантное действие на ростки и корни проростков по сравнению не только с кислотой 1, но и с чистой водой. В то же время в условиях водного стресса она способствует близкому к 100 %-ному сохранению интенсивности синтетических процессов в ростках проростков.

Характерно, что кальциевая соль в обычных условиях оказывает наиболее выраженное положительное влияние на корневую систему проростков среди всех испытанных препаратов. Однако, в отличие от них, она не только не обладает антистрессовым действием, но, наоборот, способствует угнетению растений при дефиците влаги.

Заключение

Представленные результаты показывают, что *цис*-*b*-формилакриловая кислота (1) и ее Na- и Ca-соли оказывают различное воздействие на отдельные показатели развития проростков озимой пшеницы. В практическом плане изученные соли представляют интерес как добавки к стимуляторам роста для управления процессами развития растений в зависимости от условий их возделывания, а также как ранее не изученные реагенты для тонкого органического синтеза.

Полученные результаты создают перспективу для синтеза и изучения рострегулирующих свойств солей *цис*-*b*-формилакриловой кислоты (1), содержащих другие биогенные металлы – калий, магний, цинк и др.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Palai Y.N. Unlocking the Potential of 5-Hydroxy-2(5H)-furanone as a Platform for Bio-Based Four Carbon Chemicals / Y.N. Palai, A. Fukuoka, A. Shrotri // ACS Catalysis. — 2024. — Vol. 14. — P. 2545–2551. — DOI: 10.1021/acscatal.3c04872.
2. Lattmann E. Synthesis and Antibacterial Activities of 5-Hydroxy-4-amino-2(5H)-furanones / E. Lattmann, S. Dunn, S. Niamsanit [et al.] // Bioorg. Med. Chem. Lett. — 2005. — Vol. 15. — № 4. — P. 919–921. — DOI: 10.1016/j.bmcl.2004.12.051.
3. Wang X. Design, Synthesis and Insecticidal Activities of Novel 5-Alkoxyfuran-2(5H)-one Derivatives / X. Wang, J. Li, G. Wang [et al.] // Chemical Research in Chinese Universities. — 2019. — Vol. 35. — P. 799–805. — DOI: 10/1007/s40242-019-9122-5.
4. Бадовская Л.А. 2(5H)-Фуранон и 5-гидрокси-2(5H)-фуранон: реакции и синтезы на их основе / Л.А. Бадовская, В.В. Посконин, Н.Д. Кожина [и др.] // Журнал общей химии. — 2021. — Т. 91. — № 2. — С. 167–189. — DOI: 10.31857/S0044460X21020013.
5. Villamizar-Mogotocoro A.-F. α,β -Butenolides [Furan-2(5H)-ones]: Ring Construction Approaches and Biological Aspects / A.-F. Villamizar-Mogotocoro, A.-F. León-Rojas, J.-M. Urbina-González // Mini-Reviews in Organic Chemistry. — 2020. — Vol. 17. — P. 922–945. — DOI: 10.2174/1570193X17666200220130735.
6. Hashem A. The chemistry of 2(5H)-furanones / A. Hashem, E. Kleinpeter // Adv. Heterocycl. Chem. — 2001. — Vol. 81. — P. 107–165. — DOI: 10.1016/S0065-2725(01)81011-4.
7. Zurawska K. 3,4-Dihalo-5-hydroxy-2(5H)-furanones: highly reactive small molecules / K. Zurawska, A. Byczek-Wyrostek, A. Kasprzycka [et al.] // Molecules. — 2024. — Vol. 29. — P. 5149–5173. — DOI: 10.3390/molecules29215149.
8. Kumar S. Review on butenolides / S. Kumar, R. Garg, A. Kabra // WJPRT Chandigarh Univ. — 2013. — Vol. 1. — P. 83.
9. Thiyagarajan S. Selective production of maleic acid from furfural via a cascade approach combining photochemistry and electro- or biochemistry / S. Thiyagarajan, D. Franciolus, R.J.M. Bisselink [et al.] // ACS Sustainable Chem. Eng. — 2020. — Vol. 8. — P. 10626–10632. — DOI: 10.1021/acssuschemeng.0c02833.
10. Liang W. Selective photocatalytic oxidation of furfural to C4 compounds with metal-TS-1 zeolite / W. Liang, G. Xu, Y. Fu // Appl. Catal., B. — 2024. — Vol. 340. — P. 123220–123225. — DOI: 10.1016/j.apcatb.2023.123220.
11. Pen P. Visible-Light-Driven Furfural Oxidation over CuOx/Nb2O5 / P. Ren, Y. Zhou, K. Su [et al.] // Chem. Asian J. — 2023. — Vol. 18. — P. e202300732. — DOI: 10.1002/asia.202300732.
12. Ji Dixit R. Electrocatalytic hydrogenation of furfural paired with photoelectrochemical oxidation of water and furfural in batch and flow cells / R. Ji Dixit, A. Singh, V.K. Ramani [et al.] // React. Chem. Eng. — 2023. — Vol. 6. — P. 2342–2353. — DOI: 10.1039/D1RE00080B.
13. Xiao Yi. Electrocatalytic Biomass Upgrading of Furfural using Transition-Metal Borides via Density Functional Theory Investigation / Yi Xiao, Chen Shen, Weibin Zhang [et al.] // Small. — 2023. — Vol. 19. — P. e2205876. — DOI: 10.1002/sml.202205876.
14. Chavan S.P. Practical synthesis of 5-Hydroxy-2(5H)-furanone from furan / S.P. Chavan, A.L. Kadam // Results in Chemistry. — 2021. — Vol. 3. — P. 100170. — DOI: 10.1016/j.rechem.2021.100170.
15. Пат. 1715806 Российская Федерация. МПК C07D 307/58. Способ получения 5-окси-2(5H)-фуранона / Посконин В.В., Бадовская Л.А. — № 4270444; заявл. 1987-06-30; опубл. 1992-02-28, Бюл. 4. — 2 с.
16. Пат. 2522598 Российская Федерация. МПК C07D 307/58. Способ получения 5-гидрокси-2(5H)-фуранона / Посконин В.В., Яковлев М.М. — № 2013114298/04; заявл. 2013-03-29; опубл. 2014-07-20, Бюл. 20. — 5 с.
17. Пат. 2133092 Российская Федерация. МПК A01N 37/02, A01N 37/06, A01P 15/00, A01P 21/00. Средство, одновременно стимулирующее рост растений и повышающее их устойчивость к засухе / Посконин В.В., Бадовская Л.А., Ненько Н.И., Барчукова А.Я., Ковалев В.М. — № 97106262/13; заявл. 1997-04-10; опубл. 1999-07-20, Бюл. 20. — 6 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Palai Y.N. Unlocking the Potential of 5-Hydroxy-2(5H)-furanone as a Platform for Bio-Based Four Carbon Chemicals / Y.N. Palai, A. Fukuoka, A. Shrotri // ACS Catalysis. — 2024. — Vol. 14. — P. 2545–2551. — DOI: 10.1021/acscatal.3c04872.
2. Lattmann E. Synthesis and Antibacterial Activities of 5-Hydroxy-4-amino-2(5H)-furanones / E. Lattmann, S. Dunn, S. Niamsanit [et al.] // Bioorg. Med. Chem. Lett. — 2005. — Vol. 15. — № 4. — P. 919–921. — DOI: 10.1016/j.bmcl.2004.12.051.
3. Wang X. Design, Synthesis and Insecticidal Activities of Novel 5-Alkoxyfuran-2(5H)-one Derivatives / X. Wang, J. Li, G. Wang [et al.] // Chemical Research in Chinese Universities. — 2019. — Vol. 35. — P. 799–805. — DOI: 10/1007/s40242-019-9122-5.

4. Badovskaja L.A. 2(5N)-Furanon i 5-gidroksi-2(5N)-furanon: reakcii i sintezy na ih osnove [2(5H)-Furanone and 5-Hydroxy-2(5H)-furanone: reactions and syntheses on their basis] / L.A. Badovskaja, V.V. Poskonin, N.D. Kozhina [et al.] // Zhurnal obshhej himii [Russ. J. Gen. Chem]. — 2021. — Vol. 91. — № 2. — P. 167–189. — DOI: 10.31857/S0044460X21020013. [in Russian]
5. Villamizar-Mogotocoro A.-F. $\Delta\alpha,\beta$ -Butenolides [Furan-2(5H)-ones]: Ring Construction Approaches and Biological Aspects / A.-F. Villamizar-Mogotocoro, A.-F. León-Rojas, J.-M. Urbina-González // Mini-Reviews in Organic Chemistry. — 2020. — Vol. 17. — P. 922–945. — DOI: 10.2174/1570193X17666200220130735.
6. Hashem A. The chemistry of 2(5H)-furanones / A. Hashem, E. Kleinpeter // Adv. Heterocycl. Chem. — 2001. — Vol. 81. — P. 107–165. — DOI: 10.1016/S0065-2725(01)81011-4.
7. Zurawska K. 3,4-Dihalo-5-hydroxy-2(5H)-furanones: highly reactive small molecules / K. Zurawska, A. Byczek-Wyrostek, A. Kasprzycka [et al.] // Molecules. — 2024. — Vol. 29. — P. 5149–5173. — DOI: 10.3390/molecules29215149.
8. Kumar S. Review on butenolides / S. Kumar, R. Garg, A. Kabra // WJPRT Chandigarh Univ. — 2013. — Vol. 1. — P. 83.
9. Thiagarajan S. Selective production of maleic acid from furfural via a cascade approach combining photochemistry and electro- or biochemistry / S. Thiagarajan, D. Franciolus, R.J.M. Bisselink [et al.] // ACS Sustainable Chem. Eng. — 2020. — Vol. 8. — P. 10626–10632. — DOI: 10.1021/acssuschemeng.0c02833.
10. Liang W. Selective photocatalytic oxidation of furfural to C4 compounds with metal-TS-1 zeolite / W. Liang, G. Xu, Y. Fu // Appl. Catal., B. — 2024. — Vol. 340. — P. 123220–123225. — DOI: 10.1016/j.apcatb.2023.123220.
11. Pen P. Visible-Light-Driven Furfural Oxidation over CuOx/Nb2O5 / P. Ren, Y. Zhou, K. Su [et al.] // Chem. Asian J. — 2023. — Vol. 18. — P. e202300732. — DOI: 10.1002/asia.202300732.
12. Ji Dixit R. Electrocatalytic hydrogenation of furfural paired with photoelectrochemical oxidation of water and furfural in batch and flow cells / R. Ji Dixit, A. Singh, V.K. Ramani [et al.] // React. Chem. Eng. — 2023. — Vol. 6. — P. 2342–2353. — DOI: 10.1039/D1RE00080B.
13. Xiao Yi. Electrocatalytic Biomass Upgrading of Furfural using Transition-Metal Borides via Density Functional Theory Investigation / Yi Xiao, Chen Shen, Weibin Zhang [et al.] // Small. — 2023. — Vol. 19. — P. e2205876. — DOI: 10.1002/sml.202205876.
14. Chavan S.P. Practical synthesis of 5-Hydroxy-2(5H)-furanone from furan / S.P. Chavan, A.L. Kadam // Results in Chemistry. — 2021. — Vol. 3. — P. 100170. — DOI: 10.1016/j.rechem.2021.100170.
15. Pat. 1715806 Russian Federation. MPK C07D 307/58. Sposob polucheniya 5-Oxy-2(5H)-furanona [Method of Obtaining 5-Oxy-2(5H)-furanone] / Poskonin V.V., Badovskaya L.A. — № 4270444; appl. 1987-06-30; publ. 1992-02-28, Byul. 4. — 2 p. [in Russian]
16. Pat. 2522598 Russian Federation. MPK C07D 307/58. Sposob polucheniya 5-Hydroxy-2(5H)-furanona [Method Of Obtaining 5-Hydroxy-2(5H)-furanone] / Poskonin V.V., Yakovlev V.M. — № 2013114298/04; appl. 2013-03-29; publ. 2014-07-20, Byul. 20. — 5 p. [in Russian]
17. Pat. 2133092 Russian Federation. MPK A01N 37/02, A01N 37/06, A01P 15/00, A01P 21/00. Sredstvo, odnovenno stimuliruyushee rost rastenii i povishayushee ikh ustoychivost k zasukhe [A Remedy That Simultaneously Stimulates Plant Growth And Increases Their Resistance To Drought] / Poskonin V.V., Badovskaya L.A., Nenko N.I., Barchukova A.Y., Kovalev V.M. — № 97106262/13; appl. 1997-04-10; publ. 1999-07-20, Byul. 20. — 6 p. [in Russian]