



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

C07C 229/24 (2023.02); C07C 229/76 (2023.02); C05D 9/02 (2023.02)

(21)(22) Заявка: 2022126826, 14.10.2022

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
14.10.2022

Дата регистрации:
29.05.2023

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 14.10.2022

(45) Опубликовано: 29.05.2023 Бюл. № 16

Адрес для переписки:

420008, Рес. Татарстан, г. Казань, ул.
Кремлевская, 18, корп. 1, ФГАОУ ВО КФУ,
Назмиев Ильдар Анасович

(72) Автор(ы):

Димиев Айрат Маратович (RU),
Брусско Василий Валерьевич (RU),
Гарифуллин Булат Мунирович (RU),
Селивановская Светлана Юрьевна (RU),
Курынцева Полина Александровна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

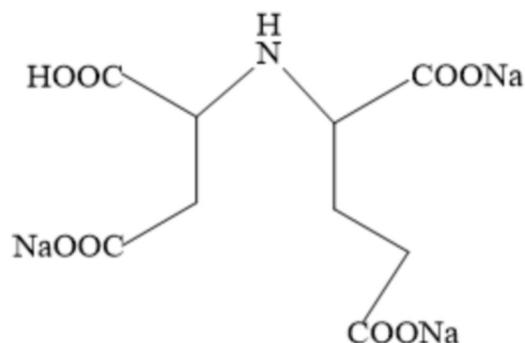
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
образования "Казанский (Приволжский)
федеральный университет" (ФГАОУ ВО
КФУ) (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: P. KARRER ET AL., Uber α, α' -
Iminosaurin-dehydrazin, HELVETICA
CHIMICA ACTA, 1951, Vol. 34, No. 9, pp. 82-98.
EP 0588289 A2, 23.03.1994. WO 2021052768 A1,
25.03.2021. RU 2757604 C1, 19.10.2021. RU
2577390 C1, 20.03.2016. SU 629208 A1, 25.10.1978.
RU 2484073 C2, 10.06.2013.

(54) Применение биоразлагаемого хелатообразующего агента для удобрения микроэлементами

(57) Реферат:

Изобретение относится к применению биоразлагаемого хелатообразующего агента натриевой соли 4-имино-(3,5-дикарбокси)-октандиовой кислоты формулы I для удобрения микроэлементами. Соединение синтезируется из доступного промышленного сырья и может найти применение в области сельского хозяйства для повышения урожайности растений. 2 ил., 1 табл., 4 пр.



I



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
C07C 229/24 (2006.01)
C07C 229/76 (2006.01)
C05D 9/02 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

C07C 229/24 (2023.02); *C07C 229/76* (2023.02); *C05D 9/02* (2023.02)(21)(22) Application: **2022126826, 14.10.2022**(24) Effective date for property rights:
14.10.2022Registration date:
29.05.2023

Priority:

(22) Date of filing: **14.10.2022**(45) Date of publication: **29.05.2023** Bull. № 16

Mail address:

**420008, Res. Tatarstan, g. Kazan, ul. Kremlevskaya,
18, korp. 1, FGAOU VO KFU, Nazmiev Ildar
Anasovich**

(72) Inventor(s):

**Dimiev Airat Maratovich (RU),
Brusko Vasilii Valerevich (RU),
Garifullin Bulat Munirovich (RU),
Selivanovskaia Svetlana Iurevna (RU),
Kuryntseva Polina Aleksandrovna (RU)**

(73) Proprietor(s):

**federalnoe gosudarstvennoe avtonomnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniia «Kazanskii (Privolzhskii)
federalnyi universitet» (FGAOU VO KFU) (RU)**

(54) **USE OF BIODEGRADABLE CHELATING AGENT FOR MICRONUTRIENT FERTILIZATION**

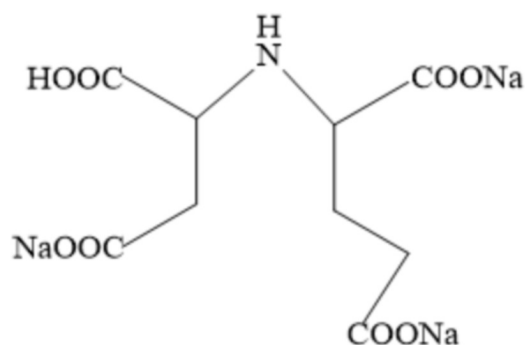
(57) Abstract:

FIELD: agriculture.

SUBSTANCE: use of a biodegradable chelating agent sodium salt of 4-imino-(3,5-dicarboxy)-octandioic acid of the formula I for micronutrient fertilization. The compound is synthesized from available industrial raw materials.

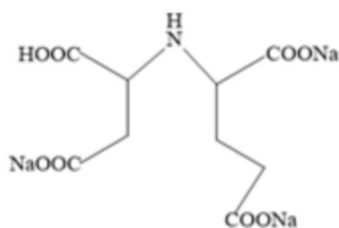
EFFECT: increasing crop yields.

1 cl, 2 dwg, 1 tbl, 4 ex



I

Изобретение относится к удобрениям, в частности, к новому биоразлагаемому хелатообразующему агенту для удобрения микроэлементами, а именно - к 4-имино-(3,5-дикарбокси)-октандиовой кислоте формулы I, синтезируется из доступного промышленного сырья и может найти применение в области сельского хозяйства для



I

Хелатообразующий агент (он же комплексон) - это химическое соединение, которое образует комплексы путем присоединения ионов металлов [https://neftegaz.ru/tech-library/ngk/147802-khelatoobrazuyushchiy-agent/?ysclid=170e2dwbcy622630663].

Растущее население Земли требует все возрастающее количество продуктов питания. В то же время возможности экстенсивного развития сельского хозяйства практически исчерпаны, площади посевных земель в традиционных земледельческих районах уже достигли своих естественных пределов и не имеют резервов к увеличению. Основной выход видится в повышении урожайности сельскохозяйственных культур на уже имеющихся посевных площадях.

Основным и достаточно дешевым методом повышения урожайности остается внесение в почву или при листовой подкормке макро- (азот, фосфор, калий) и микроудобрений (Fe, Mn, Zn, Cu, Mg, B и Mo). Последние необходимы как для лучшего усвоения макроэлементов, так и для профилактики и лечения многих болезней, появляющихся при дефиците тех или иных микроэлементов.

Традиционное введение микроэлементов в виде неорганических солей сталкивается с пониженной мобильностью катионов в почвах [López -Rayo, S.; Correas, C.; Lucena, J. Novel chelating agents as manganese and zinc fertilisers: characterisation, theoretical speciation and stability in solution. Chemical Speciation & Bioavailability, 2012, 24 (3), 147-158. DOI: 10.3184/095422912x13409631969915]. Растворимость сульфатов падает при повышенных pH в кальцинированных почвах, в кислых же почвах катионы связываются гуминовыми кислотами, биодоступность микроэлементов при этом закономерно уменьшается. Все это приводит к необходимости увеличивать количества вносимых микроудобрений. Чтобы уменьшить негативное воздействие на природу и увеличить доступность микроэлементов для растений, используются так называемые хелатные удобрения [https://www.ogorod.ru/ru/now/fertilizers/13967/udobrenia-v-helatnoi-forme-chto-eto-takoe-i-chem-polezno-dlya-rastenii.htm].

В качестве универсального комплексообразователя для хелатных удобрений известна этилендиаминтетрауксусная кислота (ЭДТА) [https://ru.wikipedia.org/wiki/Этилендиаминтетрауксусная_кислота]. Этот реагент широко используется и в других отраслях промышленности, производится в больших объемах, а его комплексы с большинством микроэлементов имеют достаточно высокие константы устойчивости.

Основным недостатком ЭДТА является низкая биоразлагаемость, что приводит к ее накоплению в почвенных и грунтовых водах. Сама ЭДТА не является токсичной для млекопитающих, но будучи очень сильным хелатообразующим агентом, вымывает тяжелые металлы из почвы, переводит их в растворимые соединения и загрязняет почву

и, в конечном итоге, питьевые воды [Pinto, I. S.; Neto, I. F.; Soares, H. M. Biodegradable chelating agents for industrial, domestic, and agricultural applications--a review. *Environ Sci Pollut Res Int*, 2014, 21 (20), 11893-11906. DOI: 10.1007/s11356-014-2592-6].

Таким образом, поиск и подбор новых хелатообразующих агентов, в первую очередь на замену ЭДТА, является актуальной задачей. К этим новым агентам предъявляются достаточно очевидные критерии [Martins, J. G.; Neto, I. F.; Pinto, I. S.; Soares, E. V.; Barros, M. T.; Soares, H. M. Alternative chelating agents: evaluation of the ready biodegradability and complexation properties. *J Environ Sci Health A Tox Hazard Subst Environ Eng* 2014, 49 (3), 344-354. DOI: 10.1080/10934529.2014.846706].

При этом они не должны наносить ущерба окружающей среде, в идеале быть полностью биоразлагаемыми, их производство не должно сопровождаться образованием вредных отходов, они должны обладать достаточной связывающей способностью по отношению к целевым металлам. С экономической точки зрения они должны быть коммерчески доступными и конкурировать по стоимости с ЭДТА или легко синтезироваться из доступного сырья.

Так, известна N-(1,2-дикарбоксиэтил)-D,L-аспарагиновая кислота (более известна под тривиальным названием иминодиянтарная кислота, ИДЯК) [Никольский В.М. Иминодиянтарная кислота в качестве комплексона. Авт.свид. СССР №629208, Бюлл. изобр. 1978, №39.], все три стереоизомера которой являются биоразлагаемыми. [Z. Cokesa, H. J. Knackmuss and P. G. Rieger, *Appl Environ Microbiol*, 2004, 70, 3941-3947]. Благодаря этому известный хелатообразующий агент рассматривается на дату подачи настоящей заявки как замена ЭДТА в различных отраслях промышленности.

Изучение уровня техники показало, что выбор потенциальных хелатообразующих агентов для замены ЭДТА в универсальных микроудобрениях достаточно широк, среди них есть как коммерческие продукты, так и лабораторные образцы.

Известны экспериментальные и расчетные данные, описывающие устойчивость комплексов в зависимости от pH, в том числе в присутствии избытка ионов Ca и Mg, которые обуславливают высокую щелочность некоторых почв [Pinto, I. S.; Neto, I. F.; Soares, H. M. Biodegradable chelating agents for industrial, domestic, and agricultural applications--a review. *Environ Sci Pollut Res Int* 2014, 21 (20), 11893-11906. DOI: 10.1007/s11356-014-2592-6].

Известно определение таких важных параметров, как подвижность железа в средах для выращивания растений в зависимости от хелатирующих агентов [Hasegawa, H.; Rahman, M. A.; Saitou, K.; Kobayashi, M.; Okumura, C. Influence of chelating ligands on bioavailability and mobility of iron in plant growth media and their effect on radish growth. *Environmental and Experimental Botany* 2011, 71 (3), 345-351. DOI: 10.1016/j.envexpbot.2011.01.004]. Имеющиеся данные позволяют прогнозировать устойчивость как отдельных комплексов, так и их смесей в широком интервале pH.

Набор хелатообразующих агентов, используемых для коммерческого производства индивидуальных микроудобрений, также постепенно расширяется. Так, наряду с традиционными комплексами ЭДТА и диэтиленetriаминпентауксусной кислоты (ДТРА) известны индивидуальные микроэлементные удобрения Cu, Fe, Mg, Mn и Zn на основе ИДЯК, EDDHA (смесь трех изомеров этилендиамин-N,N'-bis(гидроксифенилуксусной кислоты) и N,N'-bis(2-гидроксифенил)этилендиамин-N,N'-диуксусной кислоты (HBED) [Lucena, J. J. Fe Chelates for Remediation of Fe Chlorosis in Strategy I Plants. *Journal of Plant Nutrition* 2003, 26 (10-11), 1969-1984. DOI: 10.1081/pln-120024257], [Lopez-Rayos, S.; Hernandez, D.; Lucena, J. J. Chemical evaluation of HBED/Fe(3+) and the novel HJB/Fe(3+) chelates as fertilizers to alleviate iron chlorosis. *J Agric Food Chem* 2009, 57 (18), 8504-8513.

DOI: 10.1021/jf9019147], [Shenker, M.; Chen, Y. Increasing iron availability to crops: fertilizers, organo-fertilizers, and biological approaches. *Soil Sci Plant Nutr* 2005, 51, 1-17]. которая является изомером EDDHA: [https://adob.com.pl/en/adob-chelates/. https://adob.com.pl/en/adob-chelates/ (accessed)], [https://www.nouryon.com/products/micronutrients/ (accessed)], [https://www.vaniperen.com/story/how-to-choose-an-iron-chelate/ (accessed)].

Согласно [Bales, B. C.; Grimmond, B.; Johnson, B. F.; Luttrell, M. T.; Meyer, D. E.; Polyanskaya, T.; Rishel, M. J.; Roberts, J. Fe-HBED Analogs: A Promising Class of Iron-Chelate Contrast Agents for Magnetic Resonance Imaging. *Contrast Media Mol Imaging* 2019, 2019, 8356931. DOI: 10.1155/2019/8356931], HBED прочно связывает железо в комплекс с $\log K$ of 39.7, а комплекс этот устойчив в интервале pH от 4.0 до 12.0.12.

Кроме индивидуальных микроэлементных удобрений, компания Nouryon (Голландия, бывшее подразделение AkzoNobel) под торговой маркой Dissolvine Combi предлагает также комбинированные удобрения, содержащие Fe, Mn, Zn, Cu, Mg, B and/or Mo in one product. В качестве основы компания использует ЭДТА в чистом виде или в комбинации с одним реагентом, имеющих высокую связывающую способность по отношению к железу: DTPA, EDDHA или HBED [https://www.nouryon.com/products/micronutrients/ (accessed)].

Таким образом, для создания индивидуальных микроэлементных удобрений, в первую очередь с железом, используется достаточно широкий круг хелатообразующих агентов, а многокомпонентные (универсальные, комбинированные) микроэлементные удобрения по-прежнему создаются на основе ЭДТА.

Таким образом, очевидно, что, несмотря на имеющийся выбор хелатообразующих агентов, по-прежнему существует острая необходимость в новых, дешевых и биоразлагаемых хелатообразующих агентах, которые могли бы со временем заменить ЭДТА в микроэлементных удобрениях.

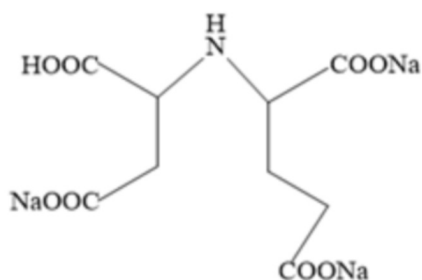
Из исследованного уровня техники заявителем выявлено изобретение по патенту RU №2484073 «Средство "МЕГАМИКС N" для некорневой обработки культурных растений», сущностью которого является средство для некорневой обработки культурных растений, содержащее композицию микроэлементов в виде меди, цинка, бора, железа, молибдена, кобальта, селена и марганца и композицию макроэлементов в виде азота, магния и серы, отличающееся тем, что средство содержит данные элементы в следующем соотношении ингредиентов, мас. %: медь - 0,2, цинк - 0,2, бор - 0,07, железо - 0,1, молибден - 0,05, кобальт - 0,01, селен - 0,005, марганец - 0,08, азот общий - 10, магний - 0,5, сера - 0,7. При этом для частичной хилатизации цинка, меди, железа, марганца и кобальта используется ЭДТА в виде ее динатриевой соли.

Недостатком известного технического решения является использование ЭДТА, поскольку это соединение не является полностью биоразлагаемым (см. Фиг.1).

Структурных аналогов заявленного биоразлагаемого хелатообразующего агента из исследованного уровня техники заявителем не выявлено.

Техническим результатом заявленного технического решения является расширение арсенала средств указанного назначения путем создания нового биоразлагаемого хелатообразующего агента для удобрения микроэлементами, а именно 4-имино-(3,5-дикарбокси)-октандиовой кислоте (тривиальное название иминоглутаровая кислота ИГЯК), формулы I, обладающего, по сравнению с аналогами, повышенной биоразлагаемостью.

Сущностью заявленного технического решения является применение биоразлагаемого хелатообразующего агента натриевой соли 4-имино-(3,5-дикарбокси)-октандиовой кислоты формулы I для удобрения микроэлементами.



I

Заявленное техническое решение иллюстрируется Фиг.1 - Фиг.2.

На Фиг.1 представлена диаграмма, на которой приведено биологическое разложение хелатообразующих агентов ЭДТА и ИГЯК, где:

- по оси x приведены соединения,
- по оси y приведены проценты разложения.

На Фиг.2 представлены диаграммы прироста размеров (2а) и массы (2б) растения салата латука, где:

по оси x приведены типы подкормки растений, по оси y приведены:

2а - длина корня, стебля и всего растения, см,

2б - масса корня, стебля и всего растения, г.

Цветом обозначено:

2а - красным - длина корня, зеленым - длина стебля, суммарно - длина растения;

2б - голубым - масса корня, фиолетовым - масса стебля, суммарно - масса растения.

Контр - контрольный эксперимент;

К-ЭДТА - корневая подкормка ЭДТА;

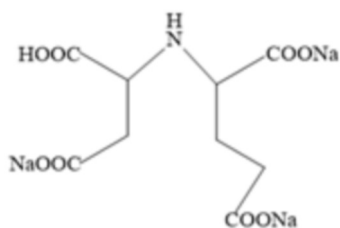
К-ИГЯК - корневая подкормка ИГЯК;

Л-ЭДТА - листовая подкормка ЭДТА;

Л-ИГЯК - листовая подкормка ИГЯК.

Далее заявителем приведено описание заявленного технического решения.

Заявленный технический результат достигается получением биоразлагаемого хелатообразующего агента (далее - соединения) для удобрения микроэлементами - натриевой соли 4-имино-(3,5-дикарбокси)-октандиовой кислоты формулы I.



I

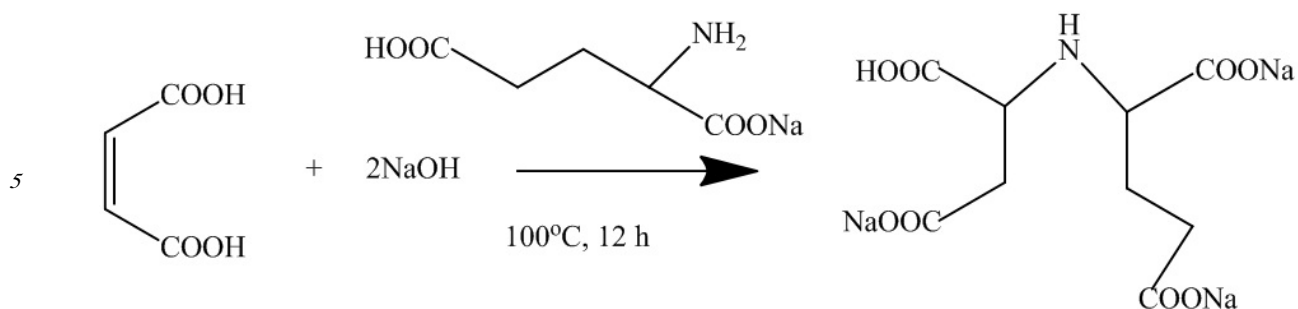
Далее заявителем приведены примеры осуществления заявленного технического решения.

Пример 1. Получение заявленной 4-имино-(3,5-дикарбокси)-октандиовой кислоты.

Для получения заявленного соединения использовали следующие исходные реагенты:

- малеиновый ангидрид, например, по ГОСТ 11153-75,
- глутамат натрия, например, [<https://www.ozon.ru/category/glutamat-natriya/>],
- гидроксид натрия, например, по ГОСТ 4328-77.

Синтез заявленного соединения формулы I проводят по следующей реакции:



В трехгорлую круглодонную колбу на 500 мл, снабженную магнитной мешалкой, термометром и обратным холодильником, помещают 98 г 50 мас.% водного раствора малеинового ангидрида и прибавляют раствор 93,5 г глутамата натрия в 100 г H₂O.

Затем при перемешивании добавляют 50 г безводного NaOH, при этом ведут охлаждение ледяной водой, так реакция идет с интенсивным выделением тепла. Полученный прозрачный раствор перемешивают, например, на термостатируемой масляной бане в течение 12 часов при T=100°C. После завершения реакции раствор охлаждают.

Получили заявленное соединение 4-имино-(3,5-дикарбокси)-октандиовую кислоту (ИГЯК), которое представляет собой прозрачную жидкость с содержанием целевого продукта 50%.

Строение полученного продукта доказывали методами ЯМР ¹H, ¹³C и инфракрасной спектроскопии. Для спектральных исследований из реакционной смеси высаживанием метанолом выделяют соль Na_{3,5}ИГЯК с чистотой >97%.

Для простоты описания молекулу ИГЯК можно рассматривать как состоящую из фрагментов двух двухосновных кислот, малеиновой и глутаровой.

Спектр ЯМР ¹H (D₂O): в интервале 3.35 - 3.42 мдп, мультиплет (1 H), 3.43 - 3.50 мдп, мультиплет (1 H), СН-группы глутаровых фрагментов; 3.50 - 3.59 мдп мультиплет (1 H), 3.59 - 3.65 мдп, мультиплет (1 H), СН-группы малеиновых фрагментов; 2.50 - 2.70 мдп мультиплет (2 H), СН₂-группа фрагмента янтарной кислоты; 2.20 - 2.30 мдп мультиплет (2 H), СН₂-COOH-группа того же глутаматного фрагмента; 1.90 - 2.00 мдп мультиплет (2 H), СН-СН₂-группе глутаматного фрагмента.

Спектр ЯМР ¹³C (D₂O): 27.07 (с) и 27.90 (с) мдп, СН-СН₂-группа глутаматного фрагмента, 33.45 (с) и 33.62 (с) мдп, СН₂-COOH-группа глутаматного фрагмента, 37.72 (с) и 38.48 (с) мдп, СН₂-группа фрагмента янтарной кислоты, 58.79 (с) и 59.50 (с) мдп, СН-COOH-группа фрагмента янтарной кислоты, 61.19 (с) и 61.96 (с) мдп, СН-COOH-группа глутаматного фрагмента, в интервале 174 - 183 мдп группа сигналов, соответствующих COOH-группам.

Спектр ИК (порошок), см⁻¹: 3000 - 3500 (сл., ш.) ОН, 2900-3000 (сл., ш.) С-Н, 1570 (с) ν_{as}(C-O), 1399 (с) ν_s(C-O).

Таким образом, спектры ЯМР и ИК свидетельствуют о получении заявленного соединения 4-имино-(3,5-дикарбокси)-октандиовой кислоты.

Для получения индивидуальных солей меди, железа, марганца и цинка использовали заявленную 4-имино-(3,5-дикарбокси)-октандиовую кислоту в виде 50% водного раствора.

Далее заявителем приведены примеры подтверждения биологического разложения заявленного биоразлагаемого хелатообразующего агента для удобрения микроэлементами - 4-имино-(3,5-дикарбокси)-октандиовой кислоты формулы I.

Пример 2. Исследование биоразлагаемости заявленного хелатообразующего агента для удобрения микроэлементами - 4-имино-(3,5-дикарбокси)-октандиовой кислоты формулы I.

Исследование биоразлагаемости проводили в соответствии с методикой ISO 9439: 1999 [ISO 9439. Water quality - Evaluation of ultimate aerobic biodegradability of organic compounds in aqueous medium - Carbon dioxide evolution test; 1999]. Метод основан на измерении количества диоксида углерода, выделяющегося при биологическом расщеплении аэробными микроорганизмами органических соединений.

Для исследования биоразлагаемости заявителем проведены следующие опыты:

- исследование биоразлагаемости заявленного хелатообразующего агента ИГЯК в виде смесей комплексов меди, железа, марганца и цинка, а также бора (в виде бората натрия) и молибдена (в виде аммония молибденовокислого);

- исследование биоразлагаемости ЭДТА в виде смесей комплексов меди, железа, марганца и цинка, а также бора (в виде бората натрия) и молибдена (в виде аммония молибденовокислого) - опыт сравнения;

- выделение CO_2 бактериальным сообществом в дистиллированной воде - холостой опыт.

Биоразлагаемость исследуемых хелатообразующих агентов оценивали в статистической водной тест-системе. Для этого готовили водную смесь объемом 0,03 л, состоящую из исследуемого хелатообразующего агента - единственного источника углерода, микро- и макроэлементов (K, P, Na, N, Cl, Mg, Fe) и микробного инокулята. В качестве микробного инокулята использовали микробное сообщество, выделенное из компоста, пассированное 2 раза. В водную тест-систему добавляли суточную культуру так, чтобы концентрация микроорганизмов изменялась в диапазоне $1 \cdot 10^4$ - $1 \cdot 10^5$ КОЕ/мл конечной смеси. Проверку активности микробного инокулята осуществляли с использованием контрольного соединения - глюкозы в концентрации 30 г/л конечной смеси с теоретической величиной выделенного диоксида углерода (ThCO_2) - 3,3 мг.

Концентрация исследуемых веществ в водной смеси подбиралась таким образом, чтобы концентрация органического углерода составляла 30 г/л конечной. Смеси перемешивали в испытательных сосудах объемом 0,03 л, насыщали воздухом без CO_2 , термостатировали при 25°C в темноте в течение 28 суток. На 1, 4 и 7 сутки определяли содержание CO_2 в газо-воздушной смеси с использованием газового хроматографа марки Shimadzu.

Процент биоразложения исследуемого соединения вычисляли по формуле:

$$Dm = \frac{\sum m_{Th} - \sum m_{Bt}}{ThCO_2} * 100, \text{ где}$$

$\sum m_{Th}$ - масса CO_2 , выделившегося в сосуде с исследуемым соединением с начала испытания до момента времени t, мг;

$\sum m_{Bt}$ - среднее значение массы CO_2 , выделившегося в холостом опыте с начала испытания до момента времени t, мг

Полученные результаты приведены на диаграмме на Фиг.1. Из данных, приведенных на диаграмме, видно, что заявленное соединение ИГЯК подвержено биоразложению и через 28 дней разлагается более 70% исходного количества. В этих же условиях разлагается только чуть более 15% исходного ЭДТА.

Пример 3. Исследование влияния заявленного хелатообразующего агента ИГЯК на рост и развитие растений.

Исследование влияния заявленного хелатообразующего агента ИГЯК на рост и развитие растений (в сравнении с ЭДТА) проводили в ходе вегетационного эксперимента: растения выращивались в одинаковых условиях, но с использованием разных комплексных удобрений. В качестве тест-растения использовали растения салата латук *Lactuca sativa* (далее - салат). В качестве почвенных образцов использовали образцы, отобранные в одном почвенном разрезе на глубине 20-40 см. Перед экспериментом почва была увлажнена до 50% от полной влагоемкости почвы и проинкубирована в течение 10 дней. Показатель pH почвы составил 5.73 ед.

Для проведения вегетационного эксперимента осуществили предварительное проращивание семян салата на вермикулите в течение 10 дней, согласно [M.Puccinelli; M.Landi; R.Maggini; A.Pardossi; L.Incrocci. Iodine biofortification of sweet basil and lettuce grown in two hydroponic systems. Scientia Horticulturae 2021, 276 (27), 9].

После 10 суток проращивания на вермикулите растения салата пересадили в контейнеры с почвой (по 10 кг) - 9 шт. на один контейнер. С этого момента начинается отсчет собственно вегетационного эксперимента. Для обеспечения растений салата питанием однократно в начале вегетационного эксперимента в почву были внесены минеральные удобрения: суперфосфат 1.33 г/кг и нитрат калия (KNO_3) 3.5 г/кг.

Для испытаний проведены следующие опыты:

- с использованием комплексного микроэлементного удобрения на основе заявленного хелатообразующего агента ИГЯК;
- с использованием комплексного микроэлементного удобрения на основе ЭДТА (опыт сравнения);
- с использованием дистиллированной воды (контрольный опыт).

Выбор и массовое содержание микроэлементов (B 14.9, Cu 7.5, Fe 40.1, Mn 31.1, Mo 2.9, and Zn $10.4 \cdot 10^{-4}\%$) было одинаково для ИГЯК и ЭДТА и обусловлено содержанием этих элементов в коммерческом микроэлементном удобрении Акварин Universal [<https://buyskie.ru/fertilizer/>] на основе ЭДТА.

На каждый вариант опытов с микроудобрениями использовали по 6 контейнеров, для контрольного опыта использовали 3 контейнера. При этом в 3 контейнерах опытов с микроудобрениями проводили корневую подкормку, в других 3 контейнерах проводили листовую подкормку. При корневой подкормке 1 литр раствора микроэлементов вносили под корень растений в одном контейнере. При листовой подкормке опрыскивание листьев салата осуществляли до полного смачивания листа, при этом средний расход реагентов на разовую листовую подкормку составлял 100 мл, кроме того, растения поливали под корень дистиллированной водой, 1 л на 1 контейнер. Корневую и листовую подкормки осуществили на 1 и 15 сутки эксперимента. В контрольном опыте растения салата поливали дистиллированной водой. Всего в эксперименте было использовано 15 контейнеров по 10 кг почвы.

Эксперимент проводили в оранжерее при световом режиме свет: ночь=16: 8 ч, температуре 22°C, длительность вегетационного эксперимента составила 28 сут.

Влияние исследуемых микроудобрений ИГЯК и ЭДТА на рост и развитие растений салата определялось по следующим морфометрическим показателям (на 28 сутки эксперимента) (Фиг.2):

- длина стебля (Фиг.2а),
 - длина растения (с учетом длины корня) (Фиг.2а),
 - масса стебля (Фиг.2б),
 - масса растения (с учетом массы корня) (Фиг.2б),
- так как, поскольку салат является сельскохозяйственной культурой, то ключевыми

показателями являются длина и масса растения.

Полученные данные показывают, что при обоих методах подкормки заявленный хелатообразующий агент ИГЯК обеспечивает больший прирост как массы, так и длины растения по сравнению как с контролем, так и с ЭДТА. Прирост длины (по сравнению с контролем) достигает 8-9 см (Фиг.2), а максимальная прибавка массы достигает 6.8 г.

Из данных, приведенных в Примере 3, можно сделать вывод, что комплексное микроудобрение на основе нового биоразлагаемого хелатообразующего агента ИГЯК стимулирует рост и набор массы растений лучше используемого в настоящий момент коммерческого реагента ЭДТА.

Заявитель поясняет, что приведенный в Примере 3 частный случай использования заявленного соединения ИГЯК для салата латук не ограничивается указанным растением, так как возможно использование ИГЯК в качестве микроудобрения для любых сельскохозяйственных культур.

Пример 4. Исследование влияния заявленного хелатообразующего агента ИГЯК на накопление тяжелых металлов в почве.

Исследование влияния заявленного хелатообразующего агента ИГЯК на накопление тяжелых металлов в почве проводили путем сравнения содержания тяжелых металлов в почве до и после вегетационного эксперимента. Количественное определение содержания тяжелых металлов в почвенных образцах осуществили в соответствии с [ПНД Ф 16.1:2.3:3.11-98; 1998]. Экстракцию ацетатным буфером производили по методике [Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства Москва, 1992]. Полученные результаты приведены в Таблице.

Таблица.						
Содержание тяжелых металлов в почве до и после вегетационного эксперимента						
Содержание элементов в почве, мкг/кг,	Наименования элементов					
	Cu	Fe	Mn	Co	Zn	Pb
До эксперимента	1	19	5	1	10	5
После эксперимента	1	18	5	1	10	4

Данные, приведенные в Таблице, показывают, что заявленное соединение ИГЯК не оказывает отрицательного влияния на содержание тяжелых металлов в почве.

Таким образом, из изложенного выше можно сделать вывод, что заявителем достигнут заявленный **технический результат, а именно:** расширен арсенал средств указанного назначения путем создания нового биоразлагаемого хелатообразующего агента для удобрения микроэлементами, а именно, 4-имино-(3,5-дикарбокси)-октандиовой кислоты формулы I, обладающей повышенным стимулирующим действием на рост и набор массы растений по сравнению с аналогичным коммерческим реагентом на основе ЭДТА.

При этом заявленное соединение обладает невысокой стоимостью, так как синтезировано из недорогих исходных реагентов известными стандартными способами.

Заявленное техническое решение соответствует условию патентоспособности «новизна», предъявляемому к изобретениям, так как из исследованного заявителем уровня техники не выявлена совокупность признаков, приведенная в независимом пункте формулы изобретения.

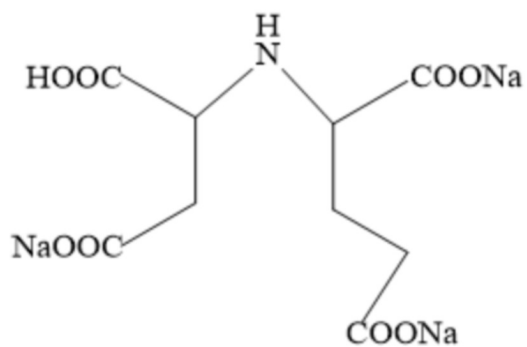
Заявленное техническое решение соответствует условию патентоспособности «изобретательский уровень», предъявляемому к изобретениям, так как из исследованного заявителем уровня техники не выявлена совокупность приведенных в независимом

пункте формулы изобретения признаков и совокупность полученных технических результатов.

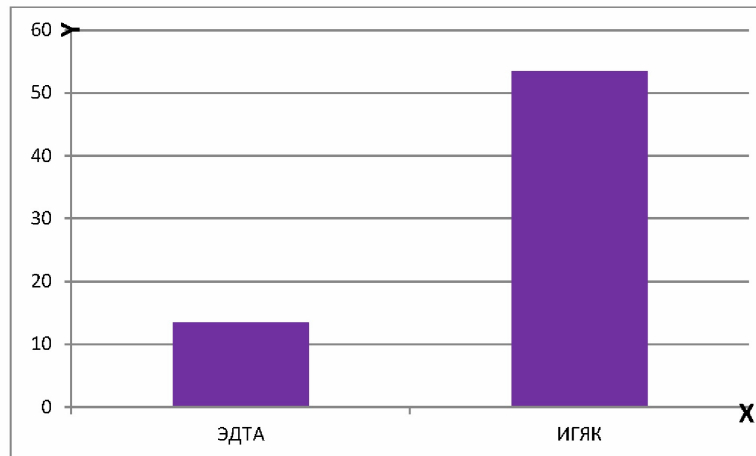
Заявленное техническое решение соответствует условию патентоспособности «промышленная применимость», предъявляемому к изобретениям, так как его возможно реализовать в промышленности посредством применения известных из уровня техники материалов, оборудование и технологий.

(57) Формула изобретения

Применение биоразлагаемого хелатообразующего агента натриевой соли 4-имино-(3,5-дикарбокси)-октандиовой кислоты формулы I для удобрения микроэлементами

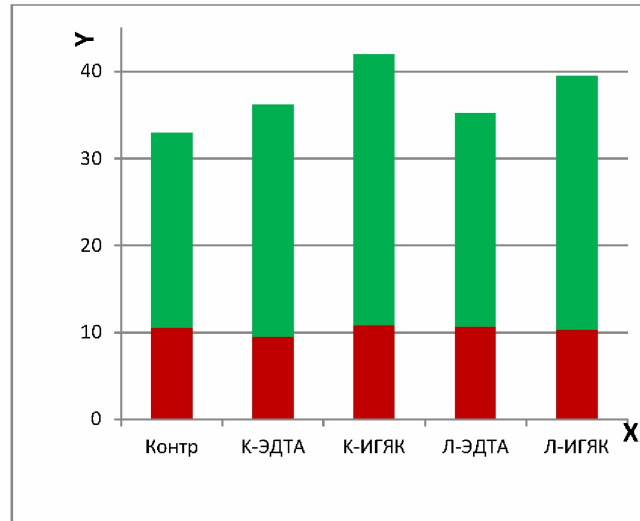


1

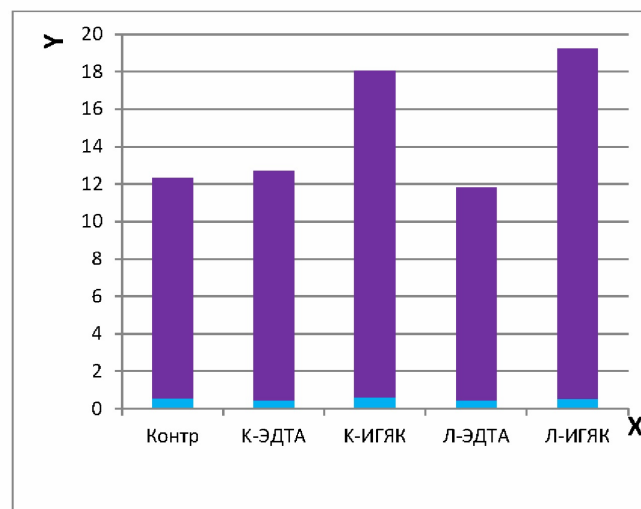


Фиг.1

2



2а



2б

Фиг. 2