

Научная статья

Original article

УДК 631.6

DOI:10.24412/2588-0209-2021-10378

**НОВЫЙ ОРГАНИЧЕСКИЙ РОСТОВОЙ ПРЕПАРАТ В ВИДЕ ГРАНУЛ НА
ОСНОВЕ ЭКСТРАКТА КОРНЕЙ ARCTIUM LAPPA L.**

**NEW ORGANIC GROWTH PREPARATION IN THE FORM OF GRANULES
BASED ON EXTRACT ARCTIUM LAPPA L.**



Приходько Игорь Александрович, кандидат технических наук, доцент, заместитель декана по учебной работе факультета «Гидромелиорации» доцент кафедры Строительства и эксплуатации водохозяйственных объектов, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», (350011, Краснодар, ул. Димитрова 3/1, кв. 248), тел. +7(909)4525133, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4855-0434>, prihodkoigor2012@yandex.ru

Сергеев Александр Эдуардович

к.ф.-м.н., доцент ВАК, доцент кафедры «Компьютерных технологий и систем», ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», (350089, Краснодар, ул. Проспект чекистов 26, кв. 204), тел. +7 (918) 19-38-166, <http://orcid.org/0000-0003-4855-0434>, galua1979@yandex.ru

Вербицкий Артем Юрьевич

Обучающийся факультета гидромелиорации, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», (Краснодарский край, Динской район, станица Динская, переулок Фадеева, дом 35), тел. +7 (918)

984-22-98, <http://orcid.org/0000-0001-6930-2662>, trd.uncle@yandex.ru

Prikhodko Igor Alexandrovich

Candidate of Tech. Sciences, Associate Professor, Department of Construction and Operation of Water Management Facilities, Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, Krasnodar

Sergeev Alexander Eduardovich

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Department of Computer Technologies and Systems, Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, (350089, Krasnodar, street Chekist prospect 26, apt. 204), tel. +7 (918) 19-38-166, <http://orcid.org/0000-0003-4855-0434>, galua1979@yandex.ru

Verbitsky Artyom Yurievich

Student of the Faculty of Hydromelioration, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilina, (Krasnodar Territory, Dinskoy district, village Dinskaya, Fadeeva lane, house 35), tel. +7 (918) 984-22-98, <http://orcid.org/0000-0001-6930-2662>, trd.uncle@yandex.ru

Аннотация. Одним из ресурсосберегающих приемов, предлагающих перспективный подход для поддержки практик устойчивого сельского хозяйства, является использование препаратов, представляющих группу стимуляторов роста и развития растений, не определяемых как удобрения. Биостимуляторы включают, в частности, растительные экстракты, гидролизаты белков и экстракты из морских водорослей. В последнее время большой интерес вызвали исследования, касающиеся растительных экстрактов, так как они сосредоточены главным образом на извлечении биологически активных соединений, предназначенных для фармацевтической, пищевой, косметической и сельскохозяйственной промышленности. Ключевым же направлением исследований является разработка экологически чистых биостимуляторов на основе натуральных продуктов, таких как вторичные метаболиты растений. В связи с вышеизложенным, перспективным,

актуальным и своевременным является создание, биопрепаратов на основе местного растительного сырья и его экстрактов, содержащих биологически активные соединения с аллелопатическим эффектом, позволяющие их использовать не только в качестве средства повышения урожайности сельскохозяйственных культур, но и в качестве мелиоранта для воспроизводства деградирующего, в последние десятилетия, плодородия почв сельскохозяйственных земель. Была выдвинута исследовательская гипотеза о том, что растительный биостимулятор, богатый биологически активными соединениями, в частности полифенольными соединениями, предложит новую агрономическую стратегию повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Объем исследования включал характеристику нового материала и определение его биостимулирующего потенциала. Использование комплекса независимых и взаимодополняющих методов исследования позволило разработать механизмы повышения урожайности для успешного применения их на практике в сельском хозяйстве. Результаты исследований показали не только актуальность выполняемых исследований, но и безопасность применения новых гранулированных немикробных биостимуляторов в сельском хозяйстве.

Summary. One resource-saving technique that offers a promising approach to support sustainable agriculture practices is the use of drugs that represent a group of plant growth and development stimulants that are not defined as fertilizers. Biostimulants include, inter alia, plant extracts, protein hydrolysates and extracts from seaweed. Recently, research on plant extracts has attracted great interest, since they are mainly focused on the extraction of biologically active compounds intended for the pharmaceutical, food, cosmetic and agricultural industries. The key area of research is the development of environmentally friendly biostimulants based on natural products, such as secondary plant metabolites. In connection with the above, promising, relevant and timely is the creation of biological products based on local plant raw materials and its extracts, containing biologically active compounds with allelopathic effect, allowing them to be used not only as a means of increasing crop yields, but also as an ameliorant

for the reproduction of degrading, in recent decades, soil fertility of agricultural lands. A research hypothesis was put forward that a plant biostimulant rich in biologically active compounds, in particular polyphenolic compounds, would offer a new agronomic strategy for increasing crop yields. The scope of the study included the characterization of the new material and the determination of its biostimulating potential. The use of a complex of independent and complementary research methods allowed the development of mechanisms for increasing yields for their successful application in practice in agriculture. The research results have shown not only the relevance of the studies performed, but also the safety of the use of new granular non-microbial biostimulants in agriculture.

Ключевые слова: удобрение, сельское хозяйство, урожайность, растительный биостимулятор.

Keywords: fertilizer, agriculture, yield, plant bio stimulant.

Введение.

В соответствии со Стратегией научно-технологического развития Российской Федерации, утверждённой Указом Президента РФ (01.12.2016 года № 642), одной из приоритетных задач научно-технологического развития страны является переход к высокопродуктивному и экологически чистому агрохозяйству, разработка и внедрение систем рационального применения средств химической и биологической стимуляции, защиты сельскохозяйственных растений.

За последние десятилетия ориентация растениеводства в России существенно изменилась в направлении ее биологизации и экологизации, так как на протяжении многих лет растет осведомленность о неблагоприятных последствиях избыточного и нерационального применения химических удобрений, средств защиты растений, приводящих к деградации окружающей среды.

Органические системы земледелия с агроэкологическими приоритетами устойчивого сельского хозяйства, все больше склоняют сельхозпроизводителей к замене синтетических удобрений и стимуляторов альтернативными органическими

аналогами.

Вторым фактором, определяющим внедрение новых продуктов в сельскохозяйственную практику, являются условия, при которых цены на основные виды удобрений и средства защиты растений возросли с конца прошлого века в несколько раз, при этом их рентабельное применение стало проблематичным. Как известно, при стабильности посевных площадей основной путь увеличения объёмов собранной сельскохозяйственной продукции состоит в дальнейшем повышении урожайности. Это требует разработки новых технологий, которые были бы более совместимы с социально-экономическим укладом, технологичны, рентабельны, биологизированы, экологически безопасны, продуктивны и адаптированы к специфическим условиям агроландшафтов, а также совершенствования существующих агротехнических приемов, направленных на сохранение показателей почвенного плодородия, создания благоприятных условий для роста и развития растений, способствующих максимальной реализации потенциальной урожайности.

В настоящее время Российская Федерация отстает от лидирующих стран, как в проведении фундаментальных исследований, так и в промышленном применении органических технологий. На нынешнем этапе эта продукция в России преимущественно заменена импортными товарами. Важность данного направления подтверждается решением Правительства по вопросу о приоритетных направлениях «Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 годы в рамках импортозамещения».

При разработке нового биостимулирующего препарата для сельского хозяйства следует учитывать множество факторов, включая форму и метод его применения, чтобы гарантировать рабочую эффективность. Биостимуляторы можно использовать в качестве протравителей, всевозможных добавок и растворов для опрыскивания. Они могут изготавливаться в виде жидкостей, концентратов, гранулятов или порошков [1]. Однако у них должно быть общее свойство, а именно,

производить их надлежит из сырья, богатого биологически активными соединениями. Во многих случаях механизм действия таких препаратов остается неясным, вероятно, из-за сложного химического состава или потенциальных аддитивных или синергетических эффектов их компонентов [2].

Применение биостимуляторов может вызвать первичный или вторичный метаболизм сельскохозяйственных культур, что в конечном итоге приведет к повышению эффективности использования питательных веществ и к изменению питательной ценности и химического состава готовой продукции. Следовательно, положительные биостимулирующие результаты этих продуктов обусловлены активацией сложного сигнального механизма сельскохозяйственных культур, роль которого заключается в том, чтобы вызвать соответствующую реакцию на полученные стрессовые сигналы, например, путем стимуляции антиоксидантной системы или фотосинтетического аппарата [3]. Следовательно, при разработке новых биостимулирующих препаратов следует проявлять осторожность в отношении множественной аллелохимической и индуцированной физиологической активности сельскохозяйственных культур, ответственной за реакции роста растений.

Среди растений, богатых вторичными метаболитами с аллелопатической активностью, достойным внимания является лопух большой (*Arctium lappa* L.), относящийся к семейству астровых. Его выбор для этого исследования был обусловлен многолетними исследованиями в многочисленных областях (пищевой промышленности, медицине и косметологии), демонстрирующими многочисленные биологические свойства экстрактов его корней, такие как жаропонижающее, противомикробное, антиоксидантное, противовоспалительное и антиканцерогенное действие. Лопух большой использовался в качестве основного компонента многих фармацевтических препаратов. В литературных источниках сообщается о многочисленных преимуществах для здоровья, приписываемых различным классам его вторичных биоактивных метаболитов [4]. Исследования по использованию его экстрактов для улучшения всхожести

зерновых, а также семян овощных и масличных культур также показали его активность в отношении фитопатогенов. Установлено, что степень зараженности прорастающих растений была значительно снижена по сравнению с контрольными образцами [5]. Однако потенциальные биостимулирующие эффекты его экстрактов до сих пор недооценены, что тем более парадоксально, учитывая его богатый состав.

Материалы и методы.

Приготовление растительного экстракта. Экстракты были приготовлены из высушенных измельченных корней *Arctium lappa* L., происходящих из биологических хозяйств Динского района. Настои из лопуха готовили методом горячей экстракции, т. е. к 250 мл дистиллированной воды добавляли 10 г измельченных корней *Arctium lappa* L. Раствор кипятили на водяной бане в течение 30 мин. Затем экстракт центрифугировали при 4250 об / мин в течение 5 минут и фильтровали через бумажный фильтр Whatman № 1, после этого образцы помещали в стерильные контейнеры.

Получение гранулированного биоматериала. Гранулят был приготовлен в соответствии с модифицированной процедурой. Сначала в химическом стакане смешали 128 г органической муки из твердых сортов пшеницы, 24 г каолинита и 8 г порошка растительного протеина. Затем в стакан добавляли 92 мл растительного экстракта корней *Arctium lappa* L., далее все ингредиенты помещали в тестомеситель и смешивались, после смесь поступала в автоматическое устройство для производства коротко резанных и длинных макарон. Полученные листы толщиной 1 мм предварительно высушивали в лабораторной сушилке с принудительной конвекцией до содержания воды 20%. Затем материал был помещен в грануляционную машину Rotex-100.

Физико-химические свойства гранулированного растительного биостимулятора. Значения pH измеряли с помощью прибора Conrad Electronic SE VOLTcraft KBM-110 m с pH-электродом. Скорость растворения гранул определялась как отношение массы гранул, растворенных в воде, ко времени

растворения. Скорость растворения биоматериала определяли кондуктометрическим методом путем измерения электропроводности полученного раствора. Процесс растворения анализировали с помощью кондуктометра Elmetron CC502. Скорость потока дистиллированной воды через систему (0,93 мл/с) определялась до измерения скорости растворения. Анализ скорости растворения гранулированного биоматериала состоял из помещения образца массой 2 г на тефлоновое сито, установленное в колонке, через которую с постоянной скоростью протекала дистиллированная вода. Колонка была установлена таким образом, чтобы уровень воды в системе находился на той же высоте, что и выходное отверстие в измерительном щупе. Это обеспечило одинаковые начальные условия для каждого из измерений. Измерение удельной электропроводности фильтрата началось, когда тестируемый образец был помещен на сито, и продолжалось путем автоматической записи результатов на компьютер, к которому был подключен кондуктометр. Протекание дистиллированной воды через колонку приводило к растворению препарата. Фильтрат собирали в мензурку. Процесс проводился в течение одного часа, и коэффициент проводимости считывался каждые 60 с. После этого мензурку с фильтратом убрали. Оставшийся нерастворенный осадок переносили во вторую мензурку, а сито тщательно промывали дистиллированной водой. Полученный фильтрат и остаточный нерастворенный биоматериал взвешивали на аналитических весах, затем помещали в сушилку и сушили при 110°C в течение 24 ч до постоянной массы. Описанные выше процедуры позволили рассчитать количество растворенного вещества и потерю веса гранул.

Микробиологические анализы гранулированного биостимулятора.

Выявление бактерий рода Сальмонелла проводилось по упрощенной методике, изложенной в ГОСТ 31659-2012 (ISO 6579:2002). Начальный рост проводили в забуференной пептонной воде в течение 16 ч при 37°C. Отбор производили в тетраэтилатном бульоне по Мюллеру Кауфманну через 24 ч при 43°C. Последующая демонстрация была проведена на агаре с бриллиантовым зеленым через 24 ч при 37°C с помощью конформационной агглютинации и биохимических

реакций. Горизонтальный метод подсчета бета-глюкуронидаза-положительных *Escherichia coli* (кишечная палочка) использовали в соответствии с ГОСТ ISO 16649-2-2015 (ISO 16649-2:2001) на TBX (Триптон-желчный агар с X-глюкуронидом) после инкубации при 44°C в течение 24 часов.

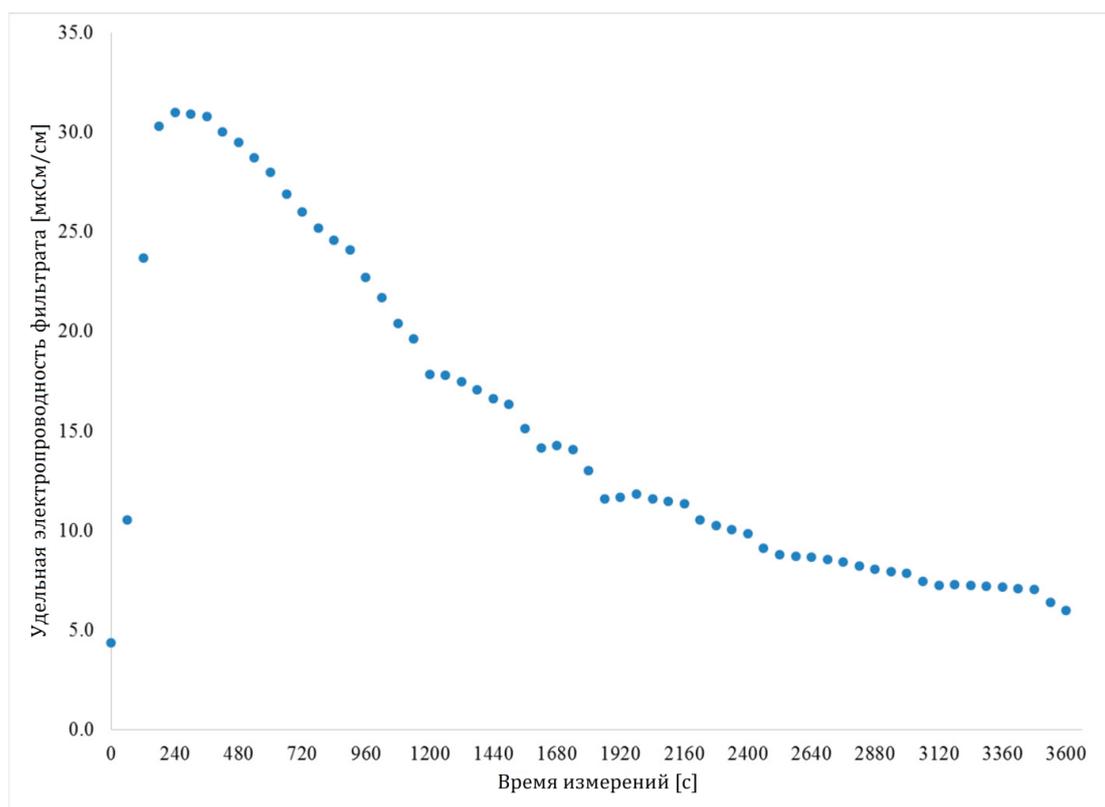
Статистический анализ. Статистический анализ результатов проводился в программном обеспечении TIBCO Software Inc. Statistica 13.3.

Результаты.

Оценка физико-химических свойств полученного биоматериала показала, что его рН составила 6,05. Это значение соответствует показателям, указанным для стандартных сельскохозяйственных продуктов, классифицированных как агрохимикаты. Мы предполагаем, что рН равное приблизительно 6 является оптимальным для обеспечения желаемого эффекта новых биоматериалов в реальных полевых условиях. Такое значение рН также важно для бобовых культур, таких как соя, которые сильно реагируют на подкисление, с оптимальными значениями рН для их роста и развития в диапазоне от 6,0 до 7,5.

Анализ биостимулирующих свойств гранулята показал, что скорость его растворения составляла 0,027 г/мин, а растворимость достигала 42,9 %. Это указывает на то, что разработанный биоматериал обладает некоторыми особенностями инкапсулированных гранулированных химических удобрений.

Оценка удельной проводимости фильтрата, выполненная в ходе анализа растворимости биоматериала, показала ее максимальные значения на начальной стадии процесса (между 180 и 240 с) (рисунок 1).



действием. Поэтому можно ожидать, что его применение в реальных полевых условиях вызовет стимулирующий эффект, пролонгированного действия, что, в свою очередь, обеспечит более длительную доступность биостимулирующих соединений для развивающихся растений.

Исследования показали, что патогенные микроорганизмы в немикробном биостимуляторе не превышают допустимых уровней (таблица 1), указанных в регламенте Таможенного союза «О требованиях к удобрениям». Таким образом, испытанный гранулированный немикробный биостимулятор может рассматриваться, как безопасное агрономическое решение, рекомендуется, подвергнуть настоящий препарат дальнейшим исследованиям.

Таблица 1 – Микробиологические анализы гранулированного растительного биостимулятора.

Протестированные микроорганизмы	Количество жизнеспособных бактерий, выраженное в КОЕ, соответствующее [x]	Количество жизнеспособных бактерий в гранулированном биостимуляторе
<i>Salmonella</i> spp.	Отсутствие в 25 г или 25 мл	0
<i>Escherichia coli</i>	1 000 в 1 г или 1 мл	0

Выводы.

Анализ физико-химических свойств нового органического биоматериала показал, что он обладает свойствами «умных» удобрений, т.е. удобрений с контролируемым или пролонгированным действием, при рН, соответствующим бобовым культурам. Таким образом, знания о разработке новых биоматериалов являются важной вехой в текущем и будущем практическом освоении новых перспектив агроэкологического, устойчивого сельского хозяйства. Однако необходимы дальнейшие исследования в этой области, особенно касающиеся реакции растений на многих уровнях, включая биохимический или молекулярный, что, в свою очередь, позволит добиться прогресса в разработке новых биоматериалов для сельскохозяйственных целей.

Литература

1. Сафронова Т.И., Приходько И.А. Математическая модель режима функционирования рисовой оросительной системы на примере рисовых полей Кубани International Agricultural Journal. 2020. Т. 63. № 2. С. 30.
2. Рекс Л.М., Умывакин В.М., Сафронова Т.И., Приходько И.А. Математическая модель экологической ситуации на рисовой оросительной системе Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2008. № 44. С. 191-208.
3. Сафронова Т.И., Приходько И.А. Математическая модель выбора эколого-адаптивных мелиоративных мероприятий Фундаментальные исследования. 2019. № 9. С. 64-68.
4. Владимиров С.А., Сафронова Т.И., Приходько И.А. Вероятностная модель процесса управления мелиоративными мероприятиями International Agricultural Journal. 2019. Т. 62. № 4. С. 18.
5. Чеботарев М.И., Приходько И.А. Способ мелиорации почвы рисовой оросительной системы к посеву риса Патент на изобретение RU 2482663 С2, 27.05.2013. Заявка № 2011123829/13 от 10.06.2011.

References

1. Safronova T.I., Prikhodko I.A. Matematicheskaya model' rezhima funktsionirovaniya risovoy orositel'noy sistemy na primere risovykh poley Kubani [Mathematical model of the mode of functioning of the rice irrigation system on the example of the rice fields of the Kuban] International Agricultural Journal. 2020. Vol. 63. No. 2. P. 30.
2. Rex L.M., Umyvakin V.M., Safronova T.I., Prikhodko I.A. Matematicheskaya model' ekologicheskoy situatsii na risovoy orositel'noy sisteme [Mathematical model of the ecological situation in the rice irrigation system] Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University. 2008. No. 44. S. 191-208.

3. Safronova T.I., Prihodko I.A. Matematicheskaya model' vybora ekologo-adaptivnykh meliorativnykh meropriyatiy [Mathematical model of the choice of ecological-adaptive reclamation measures] Fundamental research. 2019.No. 9.P. 64-68.
4. Vladimirov S.A., Safronova T.I., Prihodko I.A. Veroyatnostnaya model' protsessa upravleniya meliorativnymi meropriyatiyami [Probabilistic model of the process of management of reclamation activities] International Agricultural Journal. 2019.Vol. 62.No. 4.P. 18.
5. Chebotarev MI, Prihodko IA Sposob melioratsii pochvy risovoy orositel'noy sistemy k posevu risa [A method of soil reclamation of the rice irrigation system for sowing rice] Invention Patent RU 2482663 C2, 05/27/2013. Application No. 2011123829/13 dated 10.06.2011.

© Приходько И.А., Сергеев А.Э., Вербицкий А.Ю., 2021. *International agricultural journal*, 2021, № 5, 349-361.

Для цитирования: Приходько И.А., Сергеев А.Э., Вербицкий А.Ю. НОВЫЙ ОРГАНИЧЕСКИЙ РОСТОВОЙ ПРЕПАРАТ В ВИДЕ ГРАНУЛ НА ОСНОВЕ ЭКСТРАКТА КОРНЕЙ ARCTIUM LAPPA L. // *International agricultural journal*. 2021. № 5, 349-361.