

УДК 631.879:631.859

ПОЛУЧЕНИЕ И СВОЙСТВА ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ ПРОЛОНГИРОВАННОГО ДЕЙСТВИЯ НА ОСНОВЕ КОРЫ ПИХТЫ

© *Е.В. Веприкова**, *И.П. Иванов*, *И.В. Королькова*, *Н.В. Чесноков*

*Институт химии и химической технологии СО РАН, Федеральный
исследовательский центр «Красноярский научный центр СО РАН»,
Академгородок, 50/24, Красноярск, 660036 (Россия),
e-mail: veprikova2@mail.ru*

Предложен способ получения органо-минерального удобрения с повышенной устойчивостью к удалению минеральных компонентов водой, основанный на пропитке подложки из коры пихты водным раствором нитрата калия, сульфатов цинка, меди и магния. Приведены данные о составе и свойствах пористой подложки из коры пихты. Определены содержание нитрата калия (23.5 мас.%) и концентрация раствора азотной кислоты (0.1 н), обеспечивающие высокую водостойкость удобрения. Показано, что применение обработки 0.1 н азотной кислотой позволяет уменьшить удаление из удобрения водой азота в 2.4 раза, а остальных минеральных компонентов – в 1.7–1.9 раза. Выявлена способность удобрения к медленному удалению минеральных компонентов водой в течение длительного времени, что определяет эффект его пролонгированного действия. Показано, что после обработки удобрения водой при комнатной температуре в течение 30 сут. из него удаляется 64.8% калия, 66.6% азота, 70.3% магния, 65.2% меди и 65.3% цинка от их исходного количества. Эксперименты по проращиванию семян пшеницы сорта «Новосибирская 15» показали ростостимулирующее действие органо-минерального удобрения на основе коры пихты.

Ключевые слова: кора пихты, удобрение, нитрат калия, микроэлементы, обработка водой, пролонгированное действие.

Работа выполнена в рамках государственного задания Института химии и химической технологии СО РАН (проект АААА-А17-117021310219-4) с использованием оборудования Красноярского регионального центра коллективного пользования ФИЦ КНЦ СО РАН.

Введение

Древесная кора, в том числе и кора пихты, является доступным и возобновляемым сырьем для получения продуктов различного назначения [1–5]. Однако отходы коры, образующиеся при деревопереработке, в основном вывозятся в отвалы или сжигаются, что негативно влияет на окружающую среду.

Перспективным направлением утилизации древесной коры является получение удобрений пролонгированного действия, в которых кора может служить подложкой для нанесения различных минеральных компонентов по аналогии с древесными опилками [6]. Также древесная кора служит источником ценных органических и минеральных веществ для развития растений [7]. Удобрения с пролонгированным действием более эффективны по сравнению с традиционными водорастворимыми удобрениями за счет медленного выделения питательных элементов в почву [8]. Это также способствует снижению уровня загрязнения грунтовых вод и засоления почв в районах земледелия [9].

Веприкова Евгения Владимировна – кандидат технических наук, старший научный сотрудник,
e-mail: veprikova2@mail.ru

Иванов Иван Петрович – кандидат технических наук,
старший научный сотрудник, e-mail: ivanov@icct.ru

Королькова Ирина Владимировна – младший научный сотрудник, e-mail: ir-spectroscopy@yandex.ru

Чесноков Николай Васильевич – заместитель директора по науке, доктор химических наук, главный научный сотрудник, e-mail: cnv@icct.ru

Авторами статьи разработаны способы получения фосфорно-калийных и азотсодержащих удобрений пролонгированного действия на основе коры разных пород деревьев – например, лиственницы и осины [10, 11]. Предложен способ получения удобрений с повышенной водостойкостью на основе коры березы и содержащих хлорид, нитрат или

* Автор, с которым следует вести переписку.

сульфат калия. Способ включает получение подложки из коры обработкой раствором щелочи, ее пропитку раствором соли и последующую обработку разбавленным раствором азотной кислоты [12]. Поскольку в деревоперерабатывающей отрасли образуются отходы коры разной природы, представляет интерес изучить возможность применения данного способа для получения удобрений на основе других источников сырья – в частности, коры пихты. Кроме того, актуальным является обогащение удобрений ценными микроэлементами, что в известном способе не предусмотрено.

Цель работы состояла в изучении влияния условий получения органо-минерального удобрения на основе подложки из коры пихты, содержащего нитрат калия, сульфаты цинка, меди и магния, на его устойчивость к удалению минеральных компонентов водой.

Экспериментальная часть

Сырьем для получения органо-минерального удобрения служила измельченная воздушно-сухая (влажность $11.7 \pm 0.5\%$) кора пихты сибирской (*Abies sibirica* L.) следующего фракционного состава, мас. %: (0.25–0.50) мм – 23.7; (0.50–1.00) мм – 40.6; (1.00–2.00) мм – 35.7.

Общая схема получения органо-минерального удобрения из коры пихты приведена на рисунке 1.

Обработку коры пихты 1.5% водным раствором NaOH и последующую промывку водой проводили при значениях гидромодуля, равных 7 и 5 соответственно. Остальные параметры этих стадий соответствовали способу [12]. Полученную подложку сушили до воздушно-сухого состояния при 50 ± 5 °С. Затем подложку пропитывали водным раствором минеральных компонентов (нитрата калия и сульфатов магния, меди и цинка). Объем пропиточного раствора ($2.2 \text{ см}^3/\text{г}$) равен влагоемкости подложки, которую определяли по ГОСТ 24160-80. Содержание сульфатов магния, меди и цинка в пропиточном растворе выбирали так, чтобы удобрение содержало (мас. %): 1.0 Mg^{2+} , 0.1 Cu^{2+} , и 0.1 Zn^{2+} . Количество нитрата калия варьировали из расчета, чтобы удобрение содержало от 7.8 до 25.9 мас. % соли. Это обеспечивало содержание калия в удобрении от 3 до 10 мас. %. Подложку, содержащую минеральные компоненты, пропитывали 0.05–0.30 N раствором HNO_3 , объем которого был равен ее исходной влагоемкости. Выдержку на обеих стадиях пропитки и последующее высушивание проводили по методике [12].

Обработку получаемого удобрения водой для удаления минеральных компонентов проводили в стационарном режиме при комнатной температуре в соответствии с работой [6]. Содержание общего азота в растворах определяли по методу Кьельдаля (ГОСТ 32467-2013). Количество калия, меди и цинка определяли атомно-эмиссионным и атомно-абсорбционным методами на приборе Analyst-400. Количества компонентов (%), перешедших в раствор, рассчитывали, принимая их исходное содержание в удобрении за 100%. Данные для калия и магния приведены в пересчете на K_2O и MgO .

Содержание в исходной коре и подложке лигнина (в модификации Комарова), веществ, растворимых в 1% NaOH и в воде при комнатной температуре, определяли согласно принятым в химии древесины методикам.

Изучение пористой структуры подложки из коры пихты проводили на сорбционном анализаторе ASAP 2029MP-C (Micromeritics, США) методом низкотемпературной адсорбции азота в интервале относительных давлений (P/P°) 0.06–0.99. Расчет удельной площади поверхности проводили по модели BET в интервале P/P° 0.06–0.25. Объемы микро и мезопор рассчитаны с помощью методов BET и ВДН, соответственно. Суммарный объем пор (микро, мезо и макропор) определен по методике ГОСТ 17219-71 с учетом количества перешедших в раствор водорастворимых веществ подложки.

Регистрацию ИК-спектров проводили на ИК-Фурье спектрометре Tensor-27 (Bruker, Германия) в области $4000\text{--}400 \text{ см}^{-1}$. Образцы готовили в виде таблеток в матрице бромистого калия (масса подложки и удобрения составляла 3 мг на 1000 мг бромид калия и 1.5 мг для индивидуальных солей).

В качестве тест-объекта для оценки ростостимулирующего действия удобрений из коры пихты применяли семена яровой мягкой пшеницы сорта «Новосибирская 15». Их проращивание проводили согласно методике ГОСТ 12038-84. Масса удобрений и подложки из коры пихты составляла 4 г, количество семян пшеницы – 40 штук. Проращивание проводили в течение 7 дней при температуре $21\text{--}25$ °С. В качестве контрольного варианта служила кипяченая водопроводная вода. По аналогии с контрольным опытом проводили эксперименты по проращиванию семян с применением раствора минеральных компонентов (нитрата калия и сульфатов магния, меди и цинка). Количества этих веществ в растворе были равны их количествам в 4 г удобрения. Результат оценивали по изменениям средней длины образовавшихся корней и ростков. Также на 7-е сутки определяли всхожесть семян.

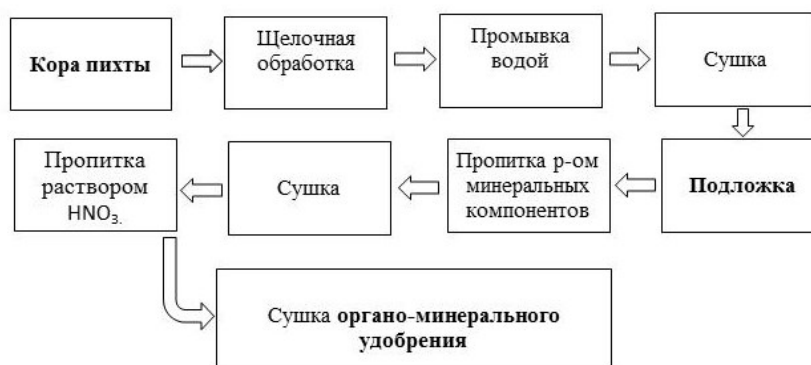


Рис. 1. Схема получения органо-минерального удобрения на основе коры пихты

Результаты и обсуждение

Установлено, что пористая подложка характеризуется существенно меньшим содержанием остаточных веществ, способных к растворению в 1% NaOH и в воде, по сравнению с исходной корой (табл. 1).

К этому приводит удаление раствором щелочи из коры пихты до 42.4 мас.% органических веществ. Известно, что такая обработка позволяет удалить из коры полифенольные соединения, которые при растворении в воде способны оказывать ингибирующее действие на развитие растений [1, 13]. Поэтому уменьшение их содержания в подложке важно для безопасности удобрения на ее основе.

В составе удобрения пористая подложка из коры пихты используется для нанесения минеральных компонентов и ее капиллярно-пористая структура способна замедлить удаление последних при обработке удобрения водой. В результате биоразложения самой подложки почва обогащается дополнительным количеством гумуса. Например, источником ценных гумусовых веществ является лигнин, содержащийся в подложке в количестве 24.9% (табл. 1). Длительность процесса биоразложения позволяет считать подложку из коры пихты органическим удобрением отсроченного действия.

Удаление щелочерастворимых веществ из пор и капилляров коры пихты приводит к увеличению показателя влагоемкости подложки по сравнению с исходной корой (табл. 1). Данный факт практически значим, поскольку от величины влагоемкости зависит объем раствора минеральных компонентов для пропитки подложки и их количество в удобрении.

Установлено, что удельная площадь поверхности подложки из коры пихты составляет 0.397 м²/г. Объем микропор и мезопор не превышает 2.05×10⁻³ см³/г и 15.09×10⁻³ см³/г соответственно. Причем поры шириной ≤1.59 нм в текстуре подложки отсутствуют. Сопоставление величин суммарного объема пор (2.06 см³/г) и объемов микро- и мезопор показывает, что подложка из коры пихты имеет преимущественно макропористую текстуру.

Согласно предложенному способу на пористую подложку из коры пихты наносили макроэлементы (калий и азот) и микроэлементы. Содержание микроэлементов в удобрении (1.0 мас.% Mg²⁺, 0.1 мас.% Cu²⁺ и 0.1 мас.% Zn²⁺) выбрано по аналогии с промышленными образцами – например, удобрениями, выпускаемыми ЗАО «Фертика» (Россия). Для наибольшей эффективности удобрение должно содержать максимальное количество KNO₃.

Ранее было выявлено влияние количества калийной соли, нанесенной на подложку из коры березы, на водостойкость получаемых удобрений [13]. Поэтому было изучено влияние количества KNO₃ в удобрении из коры пихты на его устойчивость к удалению калия и азота водой (табл. 2). Образцы удобрений получены обработкой 0.1 н раствором HNO₃.

Таблица 1. Свойства подложки из коры пихты

Образец	ВР _{NaOH} , %*	ВРВ, %*	Лигнин, %*	ВЛ, см ³ /г
Кора пихты	37.9	8.9	33.2	0.9
Подложка из коры пихты	18.6	4.3	24.9	2.2

Примечание: ВР_{NaOH} – вещества, растворимые в 1% NaOH; ВРВ – водорастворимые вещества; ВЛ – влагоемкость, %* от массы а.с. образца.

Таблица 2. Влияние содержания KNO_3 в удобрении на удаление калия и азота водой

Содержание KNO_3 в удобрении, мас. %	Количество калия, удаляемого из удобрения водой, мас. %*		Количество азота, удаляемого из удобрения водой, мас. %*	
	24 ч	48 ч	24 ч	48 ч
7.8	52.3±0.1	55.7±0.1	49.5±0.1	52.2±0.2
12.9	37.1±0.3	38.4±0.2	30.7±0.3	32.5±0.2
18.1	37.5±0.2	38.6±0.3	30.9±0.2	32.6±0.3
23.5	38.2±0.3	39.9±0.3	31.3±0.3	33.2±0.3
25.9	49.1±0.2	52.6±0.2	45.7±0.3	49.9±0.2

Примечание: *% от их исходного содержания в удобрении.

Независимо от содержания нитрата калия в удобрении, наибольшее количество калия и азота переходит в раствор в течение первых суток обработки водой, затем процесс существенно замедляется. По способности к удалению водой калий и азот отличаются мало. Наибольшей водостойкостью характеризуются удобрения, содержащие от 12.9 до 23.5 масс. % нитрата калия. А максимально возможное количество калийной соли в удобрении при сохранении его высокой водостойкости составляет 23.5 мас. % (табл. 2).

Для повышения водостойкости удобрения на основе коры пихты применена пропитка подложки после нанесения минеральных компонентов разбавленной HNO_3 (рис. 1). Такая обработка может приводить к осаждению щелочерастворимых веществ, оставшихся после промывки водой в подложке, на ее поверхности, создавая внутридиффузионные затруднения в процессе удаления минеральных компонентов из удобрения водой. Было установлено, что обработка подложки (без минеральных компонентов) 0.1 н раствором азотной кислоты приводит к уменьшению содержания в ней водорастворимых веществ до 2.1%, а повышение концентрации кислоты до 0.3 N не влияет на их содержание. Существенное уменьшение содержания таких веществ (в 2.0 раза) по сравнению с исходной подложкой подтверждает факт перехода части органических веществ в нерастворимое состояние на ее поверхности.

На примере удобрения, содержащего 23.5 мас. % нитрата калия и микроэлементы в вышеуказанном количестве, было установлено, что варьирование концентрации раствора HNO_3 позволяет изменять его устойчивость в процессе обработки водой. Наибольшее увеличение водостойкости удобрения наблюдается в случае применения для пропитки 0.1–0.15 N раствора HNO_3 . Максимальный эффект достигнут для азота – устойчивость удобрения к удалению последнего водой увеличивается в 2.4 раза. Устойчивость удобрения к удалению остальных минеральных компонентов повышается в 1.7–1.9 раза. Увеличение концентрации азотной кислоты более 0.15 N практически не влияет на способность удобрения удерживать азот, но приводит к заметному уменьшению его устойчивости к удалению водой калия и всех микроэлементов (табл. 3). Это может быть связано с изменением заряда поверхности подложки и с конкурирующим ионным обменом катионов металлов и H^+ .

На рисунке 2 приведены ИК-спектры подложки и удобрения на ее основе, полученного обработкой раствором 0.1 н азотной кислоты (содержание минеральных компонентов – в вышеуказанном количестве). Сравнение выявило присутствие в спектре удобрения полос поглощения (п. п) при 1385, 825, 1107, 603 см^{-1} , относящихся к колебаниям отдельных структурных элементов KNO_3 и сульфатов металлов, в частности MgSO_4 (кривые 2, 3 и 4). Отмечено отсутствие сдвига п.п. подложки после нанесения минеральных компонентов и обработки кислотой (кривые 1 и 2), а также сдвига п.п. KNO_3 и, например, MgSO_4 , в составе удобрения (кривые 2, 3 и 4). Данный факт может свидетельствовать об отсутствии химического взаимодействия между функциональными группами подложки и минеральных компонентов в удобрении [14].

Таблица 3. Влияние концентрации HNO_3 на устойчивость удобрения на основе подложки из коры пихты к удалению минеральных компонентов водой

Концентрация HNO_3 , н	Количество минеральных компонентов, удаляемых из удобрения водой в течение 24 ч, мас. %*				
	K_2O	N	MgO	Cu^{2+}	Zn^{2+}
0	71.6±0.1	76.6±0.1	74.8±0.1	68.7±0.1	69.8±0.1
0.05	47.7±0.1	49.6±0.1	51.4±0.2	49.6±0.3	48.8±0.3
0.10	38.2±0.2	31.3±0.2	42.6±0.2	40.9±0.3	40.9±0.3
0.15	38.0±0.3	30.8±0.3	42.9±0.3	41.3±0.3	40.8±0.3
0.20	42.3±0.3	30.9±0.3	48.2±0.2	49.5±0.2	47.6±0.2
0.30	53.5±0.3	31.2±0.3	57.8±0.2	55.9±0.2	56.3±0.1

Примечание: *% от их исходного содержания в удобрении.

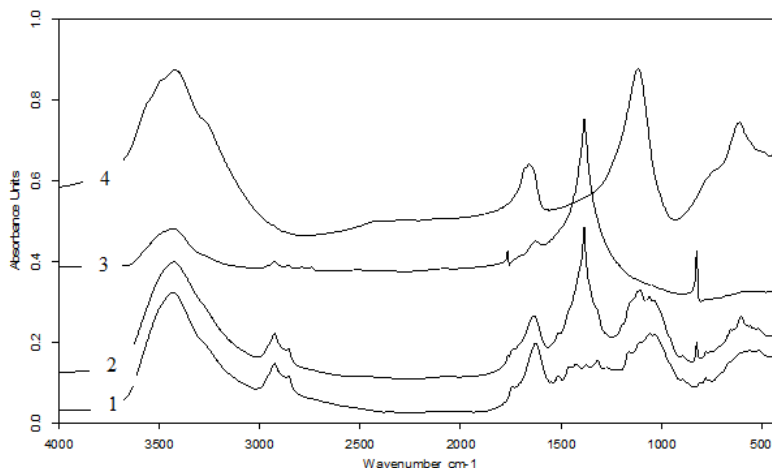


Рис. 2. ИК-спектры подложки из коры пихты (1), удобрения на ее основе (2), KNO_3 (3) и $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (4)

Очевидно, основной вклад в повышение водостойкости удобрения на основе подложки из коры пихты вносит блокировка ее поверхности нерастворимыми веществами, образующимися за счет обработки кислотой.

В присутствии органо-минеральных удобрений, полученных обработкой 0,10 и 0,15 н раствором HNO_3 (ОМУ-1 и ОМУ-2), проведены эксперименты по проращиванию семян яровой пшеницы сорта «Новосибирская 15». Данные таблицы 4 показывают, что применение 0,15 н раствора HNO_3 для получения удобрения нецелесообразно, так как образец ОМУ-2 по всем контролируемым параметрам уступает образцу ОМУ-1. В результате визуальных наблюдений отмечены неравномерность всхожести семян пшеницы и более длительное время появления первых всходов в присутствии ОМУ-2 (во второй половине 3 суток) по сравнению с ОМУ-1 и контрольным опытом (в первой половине вторых суток). Причиной этому может быть более кислая среда в процессе проращивания. Значение рН среды в присутствии ОМУ-2 составляло 4,4, а в присутствии ОМУ-1 и контрольном опыте – 6,1 и 6,8 соответственно.

Удобрение ОМУ-1 оказало позитивное действие на процесс прорастания семян пшеницы по сравнению с контрольным опытом. Длина ростка увеличилась в 1,7 раза, а длина корней – 1,5 раза. Всхожесть семян в присутствии этого удобрения составила 100%, как и в контроле (табл. 4).

Данные таблицы 4 показывают, что применение для проращивания семян пшеницы раствора минеральных компонентов (эквивалентного по их количеству в удобрении) приводит к уменьшению всхожести по сравнению с контрольным опытом и ОМУ-1. Это может быть результатом высокой концентрации минеральных веществ, контактирующих с семенами. Также было отмечено и увеличение времен появления всходов – первая половина 3 суток. Вероятно, отмеченная задержка обуславливает меньшую длину корней образовавшихся проростков, что наиболее выражено при сравнении с ОМУ-1. Однако длина ростков, образовавшихся в присутствии раствора минеральных компонентов, больше длины ростков контрольного опыта. Можно предположить, что наличие азота стимулирует развитие ростков и компенсирует задержку появления всходов. Визуально было отмечено, что ростки, образовавшиеся с применением раствора минеральных компонентов, имеют бледно-зеленую с желтизной окраску в отличие от ростков, полученных в других опытах. К этому может приводить избыток минеральных веществ, в среде которых проращиваются семена. Отметим, что по всем контролируемым параметрам удобрение ОМУ-1 превосходит комплекс минеральных компонентов, используемый без нанесения на подложку из коры пихты. Очевидно, наблюдаемое ростостимулирующее действие удобрения ОМУ-1 обусловлено его повышенной водостойкостью, что обеспечивает меньшую концентрацию минеральных питательных веществ при проращивании семян пшеницы. Было установлено, что подложка из коры при отсутствии минерального комплекса (ПКП) по результатам проращивания семян пшеницы мало отличается от контрольного опыта, но менее эффективна в сравнении с удобрением ОМУ-1, полученном на ее основе (табл. 4).

В таблице 5 приведены результаты обработки удобрения ОМУ-1 на основе коры пихты водой течение 30 суток. Удобрение имело следующий состав (мас. %): 9,1 – калия; 1,0 – магния; по 0,1 – меди и цинка; 1,4 – серы; 3,6 – азота; остальное – подложка из коры пихты.

Таблица 4. Результаты вегетационных экспериментов

Вариант опыта	Всхожесть, %	Длина ростка, мм X±Sx	Kv, %	Длина корней, мм X±Sx	Kv, %
Вода – контроль	100	58±2	29	71±2	36
Раствор минеральных компонентов	97	69±2	31	66±2	35
ОМУ-1	100	98±3	25	104±3	29
ОМУ-2	96	61±2	38	73±3	32
ПКП	100	62±2	26	76±3	30

Примечание: ОМУ – органо-минеральное удобрение на основе подложки из коры пихты; ПКП – подложка из коры пихты; X – среднее значение; Sx – стандартная ошибка среднего, Kv – коэффициент вариации.

Таблица 5. Результаты обработки водой органо-минерального удобрения на основе подложки из коры пихты

Минеральный компонент	Количество минеральных компонентов, удаляемых из удобрения водой, мас. %*			
	24 ч	48 ч	96 ч	30 суток
K ₂ O	38.2±0.3	39.9±0.3	42.7±0.2	64.8±0.2
N	31.3±0.3	33.2±0.3	36.5±0.3	66.6±0.1
MgO	45.6±0.2	47.8±0.2	50.3±0.2	70.3±0.1
Cu ²⁺	40.9±0.3	41.8±0.3	44.9±0.2	65.2±0.2
Zn ²⁺	40.9±0.3	41.6±0.3	44.7±0.2	65.3±0.2

Примечание: *% от их исходного содержания в удобрении.

Особенностью разработанного органо-минерального удобрения является удаление водой от 31.3 до 45.6% минеральных компонентов водой в первые сутки (табл. 5). Благодаря этому удобрение может быстро устранять дефицит макро- и микроэлементов питания растений. Затем процесс существенно замедляется, и удобрение демонстрирует способность к медленному удалению минеральных компонентов водой в течение длительного времени (табл. 5). Это обеспечивает эффект его пролонгированного действия.

Заключение

Показана возможность получения органо-минерального удобрения с повышенной водостойкостью методом пропитки подложки из коры пихты раствором минеральных компонентов (нитрата калия, сульфатов цинка, меди и магния) и последующей обработкой разбавленной азотной кислотой. Определены содержание нитрата калия (23.5 мас.%) и концентрация раствора кислоты (0.1 н), обеспечивающие высокую водостойкость удобрения. Установлено, что применение кислотной обработки приводит к уменьшению удаления азота водой из удобрения в 2.4 раза, а остальных компонентов – в 1.7–1.9 раза.

Показано, что в течение 30 сут. обработки водой из получаемого удобрения удаляется 64.8% калия, 66.6% азота, 70.3% магния, 65.2% меди и 65.3% цинка (% от их исходного содержания), что обеспечивает его пролонгированное действие. В результате экспериментов по проращиванию семян яровой мягкой пшеницы сорта «Новосибирская 15» установлено ростостимулирующее действие органо-минерального удобрения из коры пихты.

Список литературы

1. Кузнецов Б.Н., Левданский В.А., Кузнецова С.А. Химические продукты из древесной коры: монография. Красноярск: Сиб. фед. ун-т, 2012. 260 с.
2. Ahmed M.A., Atres H.S., Olgun G., Cur M. Chemical composition and antioxidant properties of some industrial tree bark extracts // *BioResources*. 2019. Vol. 14. N3. Pp. 5657–5671. DOI: 10.15376/biores.14.3.5657-5671.
3. Su W., Yang Y., Dai H., Jiang L. Biosorption of heavy metal ions from aqueous solution on Chinese fir bark modified by sodium hypochlorite // *BioResources*. 2015. Vol. 10. N4. Pp. 6993–7008. DOI: 10.15376/biores.10.4.6993-7008.
4. Aydin I., Demirkir C., Colak S., Colakoglu G. Utilization of bark flours as additive in plywood manufacturing // *European journal of Wood and Wood Products*. 2017. Vol. 75. N1. Pp. 63–69. DOI: 10.1007/s00107-016-1096-0.
5. Zhao W., Luo L., Wu X., Chen T., Li Z., Zhang Z., Rao J., Fan H. Facile and low-cost heteroatom-doped activated biocarbons derived from fir bark for electrochemical capacitors // *Wood Science and technology*. 2019. Vol. 53. N1. Pp. 227–248. DOI: 10.1007/s00226-018-1065-3.
6. Ahmed S.A., Kim J.I., Park K.M., Chun S.K. Ammonium nitrate-impregnated woodchips: a slow-release fertilizer for plants // *J. Wood Science*. 2011. Vol. 57. Pp. 295–301. DOI: 10.1007/s10086-011-1178-x.

7. Sonsteby A., Nes A., Mage F. Effects of bark mulch and npk fertilizer on yield, leaf nutrient status and soil mineral nitrogen during three years of strawberry production // J. Acta Agriculturae Scandinavica. Section B – Soil and Plant Science. 2004. Vol. 54. N3. Pp. 128–134. DOI: 10.1080/09064710410030276.
8. Tian C., Zhou X., Liu Q., Peng J.-w., Wang W.-m., Zhang Z.-h., Yang Y., Song H.-x., Quan C.-y. Effects of a controlled-release fertilizer on yield, nutrient uptake and fertilizer usage efficiency in early ripening rapeseed (*Brassica napus* L.) // Journal of Zhejiang University – SCIENCE B (Biomedicine&Biotechnology). 2016. Vol. 17. N10. Pp. 775–786. DOI: 10.1631/jzus.B1500216.
9. Trenkel M.E. Slow- and Controlled – release and stabilized Fertilizers: An option for Enhancing Nutrient Use Efficiency in Agriculture. Second edition. Paris: IFA, 2010. 160 p.
10. Веприкова Е.В., Кузнецов Б.Н., Чесноков Н.В. Получение биокомпозитных фосфор-калийных удобрений пролонгированного действия на основе коры лиственницы // Химия растительного сырья. 2017. №3. С. 201–209. DOI: 10.14258/jcrpm.2017031788.
11. Веприкова Е.В., Королькова И.В., Кузнецов Б.Н., Чесноков Н.В. Свойства азотсодержащего органо-минерального удобрения на основе коры осины // Химия растительного сырья. 2018. №4. С. 299–308. DOI: 10.14258/jcrpm.2018043847.
12. Патент №2629264 (РФ). Способ получения органо-минеральных удобрений на основе коры березы / Е.В. Веприкова, С.А. Кузнецова, Б.Н. Кузнецов, Н.В. Чесноков. 2017.
13. Беловежец Л.А., Волчатова И.В., Медведева С.А. Перспективные способы переработки вторичного лигноцеллюлозного сырья // Химия растительного сырья. 2010. №2. С. 5–16.
14. Socrates G. Infrared and Raman characteristic group frequencies: Tables and charts. John Wiley- Sons, 2004. 347 p.

Поступила в редакцию 15 ноября 2019 г.

После переработки 29 ноября 2019 г.

Принята к публикации 4 февраля 2020 г.

Для цитирования: Веприкова Е.В., Иванов И.П., Королькова И.В., Чесноков Н.В. Получение и свойства органо-минерального удобрения пролонгированного действия на основе коры пихты // Химия растительного сырья. 2020. №2. С. 373–380. DOI: 10.14258/jcrpm.2020026652.

*Veprikova Ye.V.**, Ivanov I.P., Korol'kova I.V., Chesnokov N.V. PREPARATION AND PROPERTIES OF ORGANO-MINERAL FERTILIZER WITH PROLONGED ACTION, BASED ON THE ABIES BARK

Institute of Chemistry and Chemical Technology SB RAS, Federal Research Center "Krasnoyarsk Scientific Center SB RAS", Akademgorodok, 50/24, Krasnoyarsk, 660036 (Russia), e-mail: veprikova2@mail.ru

The method of preparation of organo-mineral fertilizer with increased resistance to mineral components leaching by water, based on the impregnation of support from abies bark by water solution of potassium nitrate, zinc, copper and magnesium sulphates, was proposed. The dates about composition and properties of the porous support from abies bark were provided. The potassium nitrate contents (23.5 mass.%) and concentration of nitric acid solution (0.1 N) providing high water resistance of fertilizer were determined. It was shown, that application of treatment by 0.1 N nitric acid allows reduce delete from fertilizer by water nitrogen in 2.4 times, and other mineral components – in 1.7–1.9 times. The ability of fertilizer to slow release of mineral components by water during long time was identified, that determined effect of his prolonged action. It was shown, that after treatment fertilizer by water at room temperature during 30 days from him leaching 64.8% potassium, 66.6% nitrogen, 70.3% magnesium, 65.2% copper и 65.3% zinc from their initial contents. The growth-stimulating effect of organo-mineral fertilizer based on the abies bark was shown by experiments on germination of wheat seed variety "Novosibirskaya 15".

Keywords: abies bark, fertilizer, potassium nitrate, microelements, treatment by water, prolonged action.

References

1. Kuznetsov B.N., Levdanskiy V.A., Kuznetsova S.A. *Khimicheskiye produkty iz drevesnoy kory: monografiya*. [Wood Bark Chemicals: Monograph]. Krasnoyarsk, 2012, 260 p. (in Russ.).
2. Ahmed M.A., Atres H.S., Olgun G., Cur M. *BioResources*, 2019, vol. 14, no. 3, pp. 5657–5671. DOI: 10.15376/biores.14.3.5657-5671.
3. Su W., Yang Y., Dai H., Jiang L. *BioResources*, 2015, vol. 10, no. 4, pp. 6993–7008. DOI: 10.15376/biores.10.4.6993-7008.
4. Aydin I., Demirkir C., Colak S., Colakoglu G. *European journal of Wood and Wood Products*, 2017, vol. 75, no. 1, pp. 63–69. DOI: 10.1007/s00107-016-1096-0.
5. Zhao W., Luo L., Wu X., Chen T., Li Z., Zhang Z., Rao J., Fan H. *Wood Science and technology*, 2019, vol. 53, no. 1, pp. 227–248. DOI: 10.1007/s00226-018-1065-3.
6. Ahmed S.A., Kim J.I., Park K.M., Chun S.K. *J. Wood Science*, 2011, vol. 57, pp. 295–301. DOI: 10.1007/s10086-011-1178-x.
7. Sonstebly A., Nes A., Mage F. *J. Acta Agriculturae Scandinavica. Section B – Soil and Plant Science*, 2004, vol. 54, no. 3, pp. 128–134. DOI: 10.1080/09064710410030276.
8. Tian C., Zhou X., Liu Q., Peng J.-w., Wang W.-m., Zhang Z.-h., Yang Y., Song H.-x., Quan C.-y. *Journal of Zhejiang University – SCIENCE B (Biomedicine&Biotechnology)*, 2016, vol. 17, no. 10, pp. 775–786. DOI: 10.1631/jzus.B1500216.
9. Trenkel M.E. *Slow- and Controlled – release and stabilized Fertilizers: An option for Enhancing Nutrient Use Efficiency in Agriculture. Second edition*. Paris: IFA, 2010, 160 p.
10. Veprikova Ye.V., Kuznetsov B.N., Chesnokov N.V. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2017, no. 3, pp. 201–209. DOI: 10.14258/jcprm.2017031788. (in Russ.).
11. Veprikova Ye.V., Korol'kova I.V., Kuznetsov B.N., Chesnokov N.V. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2018, no. 4, pp. 299–308. DOI: 10.14258/jcprm.2018043847. (in Russ.).
12. Patent 2629264 (RU). 2017. (in Russ.).
13. Belovezhets L.A., Volchatova I.V., Medvedeva S.A. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2010, no. 2, pp. 5–16. (in Russ.).
14. Socrates G. *Infrared and Raman characteristic group frequencies: Tables and charts*. John Wiley- Sons, 2004, 347 p.

Received November 15, 2019

Revised November 29, 2019

Accepted February 4, 2020

For citing: Veprikova Ye.V., Ivanov I.P., Korol'kova I.V., Chesnokov N.V. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2020, no. 2, pp. 373–380. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.2020026652.

* Corresponding author.