

УДК 634.0.864

Применение углеродсодержащих твердых отходов в качестве нетрадиционных удобрений

И. В. ВОЛЧАТОВА, С. А. МЕДВЕДЕВА

*Иркутский институт химии имени А. Е. Фаворского Сибирского отделения РАН,
ул. Фаворского, 1, Иркутск 664033 (Россия)**E-mail: msa@irioch.irk.ru*

(Поступила 10.04.2001; после доработки 28.06.2001)

Аннотация

Обобщены литературные данные по использованию гидролизного лигнина в различных композициях в качестве удобрений и получению из него компостов. Описаны собственные разработки технологии ускоренного компостирования гидролизного лигнина и результаты исследования его доброкачественности.

ВВЕДЕНИЕ

Активное развитие промышленности привело к крупнотоннажному накоплению твердых отходов, которое стало серьезным фактором загрязнения окружающей среды. В связи с этим перед человечеством встает очень важная проблема утилизации этих отходов и связанная с ней задача рационального расходования сырья. Управление процессами образования, накопления и переработки отходов – важнейшее звено в обеспечении экологической безопасности, влияющей на экономические и социальные проблемы развития всех регионов. Накопление отходов оказывает существенное влияние на состояние природных комплексов, здоровье населения. В ряде случаев оно непосредственно является одним из основных признаков возможного отнесения территорий к зонам с чрезвычайной экологической ситуацией.

В Иркутской области проблема утилизации промышленных органических отходов и их повторного использования – наиболее острая и наиболее болезненная [1]. На территории области нет ни одного полигона для их размещения, отвечающего всем нормативным доку-

ментам и позволяющего исключить загрязнение окружающей среды. По сути, все места нахождения отходов являются свалками, многие из которых исчерпали свои возможности и подлежат закрытию и рекультивации. По данным Госкомстата, на территории Иркутской области находятся свыше шестидесяти лесозаготовительных и деревоперерабатывающих предприятий – источников значительного объема (около 300 тыс. м³) плотных древесных отходов производства (кора, опилки, окорка, гидролизный и шлам-лигнин). Доля их утилизации составляет 79,9%, остальная масса вывозится на полигоны и свалки [1]. Невысоким коэффициентом использования сырья отличаются отрасли химической переработки древесины (лесохимическая и целлюлозно-бумажная), поэтому они относятся к наиболее агрессивным нарушителям экологического равновесия. В результате многолетней деятельности таких производств загрязнение окружающей среды в последнее время приобрело характер биосферного процесса, что является одной из актуальных проблем современности.

Один из наиболее распространенных промышленных древесных отходов – гидролиз-

ный лигнин (ГЛ), общая годовая масса которого на четырех заводах области (Зиминский, Тулунский, Бирюсинский гидролизные заводы и Тельминский спиртовой завод) составляет 200 тыс. т [1]. Несмотря на пригодность ГЛ для переработки в полезные продукты [2, 3], он практически полностью вывозится в отвалы. Только в последние годы на Бирюсинском гидролизном заводе он начал применяться в качестве топлива в заводской котельной (около 30 тыс. т). Имея высокую кислотность, ГЛ стоек к контаминации, что затрудняет его естественное разложение. При этом он закисляет почву, поверхностные и подземные воды, загрязняет воздушный бассейн. На свалках гидролизных предприятий находится свыше 2 млн т ГЛ [1].

Решением проблемы утилизации многотоннажных твердых углеродсодержащих отходов, практически никак не используемых, может стать их применение в сельском хозяйстве. Рациональность этого пути заключается в том, что возвращение почве ее органической компоненты – актуальнейшая задача нынешнего сельскохозяйственного производства. Следствием нарушения природных почвенных процессов, в частности недостаточного поступления в почву органического вещества при современной интенсивной системе эксплуатации почв, явилось ухудшение качества и питательной ценности сельскохозяйственной продукции. В настоящее время во многих агропромышленных регионах России сложился отрицательный баланс гумуса [4]. Одна из причин этого – резкое сокращение внесения удобрений за последние 10 лет. Если доля обработанной минеральными удобрениями площади, например, в 1994 г. составила 29 %, то внесение органических удобрений было проведено всего на 3.9 % угодий [5].

При одностороннем внесении минеральных удобрений происходит увеличение лабильности гумуса. Почти всегда это сопровождается снижением его общих запасов. Положительный баланс органического вещества и уменьшение его подвижности дает только использование минеральных и органических удобрений, либо органоминеральных [6]. Внесение в этих целях навоза неэффективно: есть данные, что применение 20 т/га навоза ежегодно на протяжении 68 лет повысило содержа-

ние органического углерода только на 0.22–0.37 % в зависимости от возделываемой культуры [7]. К тому же на животноводческих фермах имеется не более 40–50 % необходимого количества навоза [8]. Таким образом, наряду с рациональным использованием традиционных удобрений необходим поиск органических веществ, на основе которых можно готовить компосты, не уступающие по качеству навозу. Изготовление компостов является большим резервом увеличения производства органических удобрений, однако используются они недостаточно из-за слабой изученности технологий компостирования и применения.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИДРОЛИЗНОГО ЛИГНИНА В КАЧЕСТВЕ УДОБРЕНИЯ

Сама природа предопределила роль лигнина в процессе создания гумуса, устранив экологическую опасность его накопления на земле путем биологической диссимиляции в почвенных условиях. Использование лигноцеллюлозных отходов для получения удобрения и биологической рекультивации нарушенных земель позволит не только существенно улучшить общую экологическую ситуацию, но и вернуть органическое вещество в круговорот углерода в природе. Биоконверсия древесины по своей сути является естественным процессом, и именно остатки древесных пород в лесных биогеоценозах служат основным материалом гумусообразования.

ГЛ как объект для использования в качестве органического удобрения исследуется давно. Работы по применению его в сельском хозяйстве были всесторонне обсуждены на 1-й и 2-й Всесоюзных конференциях (1978, 1985 гг.), организованных Научным советом АН СССР по проблеме “Химия древесины и ее основных компонентов” и проведенных в Андижанском институте хлопководства. Тогда же были даны рекомендации по использованию ГЛ и шламовых отходов для удобрения почв под сельскохозяйственные культуры (хлопок, рис, ячмень, пшеницу, виноград, овощные и бахчевые культуры, травы) как в чистом виде, так и в виде органоминеральных смесей (с азотом, фосфором, калием) [9]. Почвы при этом обогащаются биоген-

ными элементами и органическими компонентами, улучшается их физическая структура. В многочисленных работах, обобщенных в [10], показано участие лигнина в гумусообразовании, влияние его комплексообразующих свойств на режим питания растений, влияние лигнина и продуктов его распада на активизацию их жизнедеятельности. Рассмотрено воздействие лигнина на почвенную микрофлору, отмечена его положительная роль в качестве органического удобрения и структурообразователя почв.

Существуют многочисленные способы получения органоминеральных смесей на основе ГЛ. Предлагают, например, смешивать его в две стадии с фосфоритовой рудой при общем соотношении лигнин/фосфат, равном 1 : 2, с одновременной обработкой кислотой [11]. Снижения вымывания компонентов минерального питания растений пытаются добиться путем дополнительной обработки лигнина (перед смешиванием с минеральными удобрениями) Na, K-солями карбоновых кислот (адипатами). При этом остаточную кислотность нейтрализуют введением кальцийсодержащих мелиорантов [12]. В качестве нейтрализующего реагента и для улучшения свойств получаемого удобрения используют также отход производства искусственного волокна – цинковый шлам (0.8–8.0 % от массы лигнина) [13]. Авторы считают, что взаимодействие такого шлама со структурными группировками ГЛ приводит к снижению подвижности ионов цинка, вследствие чего они теряют способность к вымыванию. В то же время несложные расчеты показывают, что общее содержание цинка в таком удобрении в 78–360 раз превышает ПДК для почв!

С целью снижения кислотности удобрения при одновременном обогащении его доступным растениям фосфором предлагают вводить в упаренную последрожевую бражку при температуре ее кипения фосфоритную муку, после чего добавляют ГЛ и суперфосфатный шлам в соотношении 3–2 : 1 [14]. Органоминеральное удобрение на основе лигнина можно получать и нитрационным окислением его азотной кислотой в момент ее образования при взаимодействии порошкообразных лигнина и калиевой селитры (1 : 1–1.5) с фосфорной кислотой с последующей нейтрализаци-

ей углеаммонийными солями [15]. Для получения удобрения с повышенным содержанием азота предлагается суспендировать ГЛ в 4–8%-м водном растворе аммиака при гидромодуле 20–30 с последующим окислением кислородом воздуха при температуре 180–250 °C и давлении 40–50 атм [16]. Доля азота, содержащегося в таком продукте, достигает 22.5 %, что существенно увеличивает запасы легко усваиваемого азота в почве.

Технологическая схема получения сложного органоминерального удобрения на Янгильском биохимическом заводе представлена в [17]. Для насыщения ГЛ основными питательными элементами в него добавляют аммофос, хлористый калий, а также образующиеся в процессе гидрометаллургического производства сточные воды комбината тугоплавких и жаропрочных металлов, содержащие N (17 %), Mo (0.08 %), Fe (0.008 %), Cu (0.05 %), Co (0.008 %). В результате состав удобрения включает 5–7 % азота, 3–5 % P₂O₅, 1–2 % K₂O. Экологическая безопасность промстоков не обсуждается, но удобрение было испытано в Среднеазиатском филиале ЦИНАО, где подтверждена его эффективность при выращивании хлопчатника.

Различные сочетания ГЛ и шламов питательных солей были использованы для получения органоминерального удобрения на Киришском биохимическом заводе [18]. Действие такого удобрения изучено в лабораторных и производственных условиях на сельскохозяйственных угодьях Ленинградской области при выращивании картофеля, кормовой брюквы и овса; показана его эффективность при внесении в дозе 20–40 т/га. Положительное действие лигнина на урожайность зеленой массы ячменя и плодородие тяжелых слабоводпроницаемых почв показано и другими авторами [19]. Имеются также рекомендации по внесению лигнина в чистом виде с добавлением минерального азота [20] и даже без каких-либо добавок с целью поднятия пахотного слоя садоводческих участков [21].

Питательную ценность удобрений на основе ГЛ повышают за счет внесения не только минеральных, но и органических компонентов. Так, предлагается способ получения органического удобрения путем нейтрализации ГЛ дефекатом (отход свеклосахарного про-

изводства), содержащим до 73 % углекислого кальция, с последующим смешением с навозом крупного рогатого скота, причем дфекат и навоз берут в отношениях 1 : 4–100 и 1 : 0.5–1.2 соответственно к массе исходного ГЛ [22]. Для выращивания растений в защищенном грунте ГЛ смешивают с органическим мелиорантом, в качестве которого используют 2–4%-ю водную суспензию продуктов гидролиза торфа аммиачной водой, затем добавляют торф [23]. Соотношение торфа и лигнина в готовом продукте составляет 20–50 : 50–80. Субстрат, полученный указанным способом, обладает повышенной водоудерживающей способностью и емкостью обмена.

Некоторые авторы, предлагающие подобные способы получения органоминеральных удобрений на основе ГЛ, приводят данные успешных сельскохозяйственных испытаний [10, 11, 14, 18–20, 22], однако не все эксперименты дают положительный результат. Например, внесение ГЛ (рН 2–4) в легкосуглинистые почвы (Узбекистан) в дозе 60 т/га на фоне $N_{350}P_{250}K_{150}$ показало за 5 лет наблюдений снижение урожая хлопка-сырца с 0.8 до 0.04 т/га [24]. Имеются сведения об ухудшении структуры и механического состава почвы из-за цементирующей способности ГЛ [25]. Выявлено подавление прорастания семян кукурузы и гороха, угнетение роста и ухудшение качества зерна пшеницы после внесения ГЛ в почву [26]. Выявлен фитотоксический эффект (снижение всхожести семян, задержка появления всходов, уменьшение длины и массы подземной и надземной частей проростков) по отношению к овсу и гороху в присутствии в почве ГЛ отмечен в работе [27].

Отрицательное влияние ГЛ может быть связано как с высокой кислотностью, угнетающе действующей на почвенную микрофлору, так и с поступлением большого количества свободных низкомолекулярных фенольных соединений, имеющих в его составе, которые могут быть токсинами и ингибиторами роста растений. Кроме того, размножающаяся на цельном ГЛ, как и на других лигноцеллюлозных отходах, микрофлора, разрушающая его, становится конкурентом для растений по потреблению азота и микроэлементов, что приводит к снижению урожая на этих участках в последующие годы посадки.

Очевидно, для получения полноценного удобрения на основе углеродсодержащих отходов простого механического смешивания ГЛ с органическими или минеральными добавками недостаточно.

КОМПСТИРОВАНИЕ ГИДРОЛИЗНОГО ЛИГНИНА

Наилучшим вариантом получения удобрений из древесного субстрата, в частности ГЛ, может быть предварительное компстирование, по сути воспроизводящее природный процесс разложения и гумификации древесины, в ходе которого происходят аэробная ферментация, т. е. разрушение и утилизация легко-разлагаемых компонентов, в том числе фитотоксичных веществ, а также деструкция основных макрокомпонентов древесины (целлюлозы, лигнина, гемицеллюлоз) и синтез гумуса из продуктов их частичного распада. В естественных условиях и в искусственно созданных отвалах микробиологическое разложение древесины и лигноцеллюлозных отходов происходит очень медленно, по мере заселения их микроорганизмами. В случае же ГЛ заселение микрофлорой возможно вообще лишь после того, как осадками (дождем, снегом) вымоется пропитывающая его серная кислота. Отвалы ГЛ сохраняются более 50 лет.

Имеются предложения по компстированию ГЛ с фосфоритной мукой и хлоридом калия [28], с птичьим пометом [29], с птичьим пометом и доломитовой пылью [30]. Методика изготовления из ГЛ тепличного грунта [31] предполагает компстирование нейтрализованного известковым молоком ГЛ с азотными и фосфорными удобрениями. Полученный субстрат на протяжении всего вегетационного опыта сохранял хорошие водно-физические свойства и дал прибавку урожайности огурцов и салата по отношению к среднему урожаю по теплице. При компстировании ГЛ, предварительно нейтрализованного мелом или доломитовой пылью и обработанного гидролизным шламом, с навозом крупного рогатого скота образуется органическое удобрение, по своей эффективности не уступающее торфонавозному компосту [32]. Приводятся рецептуры многокомпонентных компостов (лигнинопометного, лигниноминерального, лиг-

ниноминеральнонавозного), которые можно приготовить на личных приусадебных участках [21], а также на лесопромышленных предприятиях [33]. При этом подбор вторичных сырьевых ресурсов для сложных компостов (лигнопометокоронавозного, лигнокороминеральнонавозного) производят с учетом сочетаемости и взаимозаменяемости их свойств. Длительность созревания таких компостов составляет от нескольких месяцев до года и более, в результате чего происходит образование гумусовых веществ. Агрохимические испытания полученных компостов показали повышение урожайности сельскохозяйственных культур, улучшение физических, химических свойств и гумусного состояния почвы.

В течение 15 лет в Белоруссии проводились испытания органоминеральных удобрений на основе ГЛ и фосфоритной муки [34]. Технология их получения включает компостирование компонентов в различных соотношениях (от 8 : 1 до 15 : 1) в течение 2–3 мес. При необходимости полученную смесь обогащают хлористым калием и аммиаком. Применение таких фосфорсодержащих органоминеральных удобрений не только усиливает минеральное питание растений, но и способствует гумусообразованию, улучшению структуры почв, сохранению влаги, препятствует выносу компонентов, необходимых для нормального развития растений. Показана эффективность удобрения на основе ГЛ как мелиоранта почв в лесных питомниках [35]. Внесение его в дерново-подзолистую супесчаную почву улучшило ее физические и химические свойства, что в конечном счете обеспечило увеличение биометрических показателей 2-летних сеянцев сосны и их выход с единицы площади.

Многие авторы [32, 34, 36, 37], оценивая удобрения из ГЛ, считающиеся нетрадиционными, сравнивают их действие с торфом. Так, многолетними исследованиями показано, что лигноорганические удобрения в дозах 30–50 т/га аналогичны компостам, получаемым на основе торфа [36]. При этом урожай картофеля повышается на 18–29 %, корнеплодов кормовой свеклы – на 21–33 % по сравнению с контролем. Другими исследователями [37] показано более пролонгированное действие пометнолигнинового компоста

(6–7 лет), чем торфопометного (2 года). Под влиянием первого продуктивность почв за 7 лет увеличилась на 60 % по сравнению с традиционными органическими удобрениями.

Перспективность использования ГЛ для получения удобрений показана не только в научных работах. В рекомендациях по применению органических удобрений [8] отмечается, что при одинаковой норме действие лигнопометных компостов на урожай, например капусты, остается таким же, как и куриного помета в чистом виде. Поэтому при одном и том же объеме куриного помета можно с использованием лигнина приготовить в 2 раза больше компостов и вырастить в 2 раза больше продукции. Установлено, что 1 т лигнина способна физически и химически связывать весь аммиачный азот, содержащийся в 1.8 т куриного помета и 42 л водного аммиака. Коэффициенты использования питательных веществ культурными растениями из внесенных в почву лигниновых компостов достаточно высоки и приближаются к соответствующим показателям навоза крупного рогатого скота.

Известно, что компостирование – микробиологический процесс [38, 39], поэтому для его интенсификации возможно искусственное внесение микроорганизмов при закладке компоста. К тому же это будет приводить к образованию продукта с заданными свойствами. Существует способ получения органоминерального удобрения [40], включающий обработку ГЛ суспензией микроорганизмов в виде активного ила – отхода биологической очистки сточных вод сульфатно-целлюлозного производства при соотношении ГЛ и активного ила 1–2.5 : 1 (по сухому веществу). Опыты, поставленные с таким удобрением на сеянцах сосны и ели, выявили увеличение микоризообразования, что привело, в конечном счете, к стимуляции их роста и развития. Исходное сырье для такого удобрения представляет собой отходы различных производств – гидролизно-спиртового (ГЛ) и сульфатно-целлюлозного (активный ил). Однако в территориальном отношении такие предприятия обычно сильно удалены друг от друга, что делает проблематичной доставку компонентов, снижая экономическую эффективность применения данного удобрения.

Твердофазную ферментацию ГЛ с применением специальных микроорганизмов предлагают проводить и другие авторы [41–43], причем в ряде случаев кроме ростостимулирующего отмечается фитозащитное действие получаемого продукта [43].

Описан способ получения органического удобрения на основе ГЛ, в котором используют опилки и птичий помет [44]. Для ускорения процесса трансформации лигнина в компостную смесь вносят инокулят культуры микромицета *Raecilomyces variotii*, т. е. компостирование протекает с участием монокультуры. В то же время это многостадийный процесс, и ассоциации микроорганизмов (причем не только грибов) более интенсивно расщепляют сложные органические соединения по сравнению с чистыми культурами [6].

В качестве одного из компонентов при компостировании лигноцеллюлозных остатков, в том числе ГЛ, чаще всего используют птичий помет и навоз, которые богаты основными элементами питания [29, 30, 32, 33, 37, 44]. Однако при естественном компостировании навоза требуется длительный срок [45], что очень невыгодно. Кроме того, для получения разрешения на применение лигнонавозного компоста в сельскохозяйственном производстве требуется его углубленное изучение в санитарно-гигиеническом аспекте. В этой связи альтернативой может стать внесение непатогенных культур микроорганизмов, специально выделенных из природной среды и адаптированных к условиям для утилизации конкретных лигноцеллюлозных материалов, например ГЛ. В природных условиях функция вовлечения лигнина в круговорот углерода принадлежит в первую очередь грибам [46], в образовании гуминовых

кислот решающую роль играют актиномицеты [47]. Следовательно, целлюлозо- и лигнин-разлагающие представители микроорганизмов этих групп могут быть перспективны для создания искусственной ассоциации, инициирующей начало компостирования ГЛ и способствующей протеканию биохимических реакций в нужном направлении.

Предлагаемый способ основан на активном действии (в течение 3 мес.) составленной микробной ассоциации, участвующей в биотрансформации и гумификации лигнина и углеводов ГЛ в присутствии минеральных добавок. На основании данных биодеструкции ароматических соединений, имеющих различный тип замещения кольца [48], нами выбраны 7 культур из числа выделенных из отвалов ГЛ микроорганизмов в качестве закваски для его компостирования. Микробная закваска выступает как основной источник продуцентов окислительных и гидролитических ферментов. Минеральными компонентами для питания микроорганизмов и повышения эффективности удобряющего действия компоста служили ингредиенты, используемые в технологии гидролизно-спиртового производства (известь, сульфат аммония, аммофос, хлорид калия). Для дополнительного питания микроорганизмов, а также с целью утилизации жидких отходов гидролизных и молочных предприятий в смесь перед компостированием может быть добавлена последрожжевая бражка и молочная сыворотка, которые богаты азотом, фосфором, магнием, сахарами, аминокислотами и витаминами [49].

В процессе микробиологической обработки ГЛ в течение 3 месяцев в компосте увеличивается количество фосфора и калия в усвояемой растениями форме (табл. 1). Компос-

ТАБЛИЦА 1

Изменение химических показателей гидролизного лигнина в процессе компостирования

Вещество	Влажность, %	Зола, %	pH _{водн}	Валовое содержание, %					Подвижные формы, мг/100 г		
				N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	N-NH ₄	P ₂ O ₅	K ₂ O
Гидролизный лигнин	72.0	12.57	2.5	3.03	0.43	0.21	0.04	0.01	20	40	20
Гидролизный лигнин + минеральные добавки	71.4	18.12	6.7	6.40	1.43	1.14	0.12	0.14	2000	850	950
То же через 3 нед.	67.0	18.27	5.9	6.46	2.55	1.82	0.16	0.10	2400	1700	1680
То же через 3 мес.	65.8	21.13	6.4	6.65	4.45	2.47	0.14	0.12	2000	3750	1320

тирование приводит к разрушению низкомолекулярных, в частности токсичных для растений, свободных фенольных соединений ГЛ, а также макрокомпонентов – полисахаридов и самого лигнина; при этом за счет вторичных процессов происходит образование гуминоподобных веществ, содержание которых со временем микробиологического воздействия увеличивается.

Исследование микробиологической сукцессии и изменения ферментативной активности, температуры, pH ГЛ в процессе компостирования выявило различие в протекании деградационной сукцессии в присутствии и в отсутствие компостной закваски. Показано, что для контроля созревающего компоста, помимо анализа его микробиологического и химического состава, можно использовать метод энзимоиндикации. О степени готовности удобрения свидетельствуют снижение активности оксидоредуктаз (особенно полифенолоксидаз), стабилизация активности инвертазы.

По всем агрохимическим показателям полученный компост соответствует нормам, предъявляемым к органическим удобрениям на основе лигнина [50], кроме того, он не содержит семян сорняковых растений и фитопатогенных микроорганизмов, а содержание тяжелых металлов в нем варьирует в пределах ПДК для почв.

Агротехнические испытания проводили на светло-серых лесных почвах опытной деляны учебно-производственного участка Иркутской государственной сельскохозяйственной академии (п. Молодежный) в 1997–1999 гг. [51]. Удобрение вносили в почву в сухом виде (2.5 т/га) при посеве. В работе использовали семена ячменя сорта "Неван", пшеницы сорта "Ангара-86", овса сорта "Крупнозерный",

кукурузы сорта "Коллективный 100 СВ" и гороха в виде смеси сортов ("Тася", "Марат", "Тулунский зеленый"). Оценку эффективности удобрений осуществляли по урожайности (увеличение массы зерна, у кукурузы – массы зелени на силос) относительно контроля.

Данные по урожайности испытанных культур при внесении исходного гидролизного лигнина и образцов компоста разного возраста приведены в табл. 2. Выявлена значительная прибавка урожая всех исследованных культур на компосте 3-месячного возраста. Такой компост повышает урожайность ячменя, овса, гороха в среднем на 45 % и кукурузы на силос на 31 % относительно контроля, что составляет соответственно 14.7 ц/га и 26.0 т/га. Максимальный положительный эффект (13–52 %) удобрения отмечен в отношении урожайности ячменя.

Компост, приготовленный по данному способу, кроме высокой удобрительной способности обладает комплексом благоприятных для растений физико-химических свойств (влагоемкость, порозность, оптимум pH, отсутствие токсичных химических агентов и т. д.), в результате чего улучшает структуру почв, увеличивает их поглотительную способность. Компост в сочетании с опилками в соотношении 2 : 1 может являться также основой тепличных грунтов и наполнителя горшочков для рассады.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ литературных данных и собственные исследования авторов свидетельствуют о возможности получения полноценного органоминерального удобрения микробиологическим путем из гидролизного лигнина. Ком-

ТАБЛИЦА 2

Урожайность сельскохозяйственных культур при внесении исходного гидролизного лигнина и образцов компоста

Вариант внесения	Пшеница		Ячмень		Овес		Горох		Кукуруза	
	ц/га	% от контр.	ц/га	% от контр.	ц/га	% от контр.	ц/га	% от контр.	т/га	% от контр.
Контроль	21.9	100	40.5	100	28.7	100	27.4	100	84.0	100
Гидролизный лигнин	11.8	53.9	52.8	130.3	29.4	102.4	25.7	93.8	82.5	98.2
Компост (3 нед.)	14.0	63.9	52.3	129.1	24.6	85.7	22.0	80.3	37.5	44.6
Компост (3 мес.)	22.6	103.2	61.6	152.1	33.8	117.8	45.0	164.2	110.0	131.0

постирирование позволяет решить проблему рационального использования этого крупнотоннажного углеродсодержащего отхода, а также всех лигноцеллюлозных отходов, и таким образом вернуть органическое вещество в круговорот углерода в природе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 О состоянии окружающей природной среды Иркутской области в 1998 году: Гос. докл., Иркутск, 1999.
- 2 Я. В. Эпштейн, Е. И. Ахмина, М. Н. Раскин, *Химия древесины*, 5 (1977) 24.
- 3 В. Н. Сергеева, Перспективы использования древесины в качестве органического сырья, Зинатне, Рига, 1982, с. 105.
- 4 В. Б. Хамуков, Н. Н. Евтушенко, *Химия в сел. хоз-ве*, 2 (1996) 7.
- 5 Сельское хозяйство России (статистический сборник), Госкомстат России, Москва, 1995.
- 6 Д. В. Фокин, Л. М. Дмитраков, О. А. Соколов, *Агрохимия*, 9 (1999) 79.
- 7 А. Мацевеска, Там же, 1 (1996) 64.
- 8 Применение органических удобрений в земледелии Хакасии (рекомендации), УПП "Хакасия", Абакан, 1988.
- 9 Использование лигнина и его производных в сельском хозяйстве: Тез. докл. 1-й Всерос. конф., Рига, 1978.
- 10 Г. М. Тельшева, Р. Е. Панкова, Удобрения на основе лигнина, Зинатне, Рига, 1978.
- 11 А.с. 1627538 СССР, 1991.
- 12 А.с. 1465438 СССР, 1989.
- 13 А.с. 1182018 СССР, 1985.
- 14 А.с. 1101439 СССР, 1984.
- 15 А.с. 1261936 СССР, 1986.
- 16 А.с. 333156 СССР, 1972.
- 17 Ю. В. Архипов, З. К. Сайпов, Е. Н. Янишевская, М. М. Мирходжаев, *Гидролиз. и лесохим. пром-сть*, 5 (1991) 19.
- 18 Т. В. Чернивецкая, Там же, 4 (1987) 27.
- 19 Ю. С. Алексеева, Т. В. Векшинская, И. С. Данилов, Тез. докл. науч.-техн. семинара по использованию лигнина и его производных в сельском хозяйстве, Ленинград - Пушкин, 1989, с. 10.
- 20 Е. И. Годунова, А. В. Шевякина, Тез. докл. 2-го съезда общества почвоведов, С.-Петербург, 1996, с. 269.
- 21 В. Л. Страхов, *Гидролиз. и лесохим. пром-сть*, 3 (1989) 18.
- 22 А.с. 1511253 СССР, 1989.
- 23 А.с. 1411323 СССР, 1988.
- 24 А. В. Трушкин, Лигнин в хлопководстве, Мехнат, Ташкент, 1986.
- 25 Тен Хак Мун, Г. В. Харитонова, Е. Л. Имранова, Геология и экология бассейна р. Амур: Тез. докл. конф., Благовещенск, 1989, с. 80.
- 26 Р. М. Островская, Л. Н. Новикова, В. А. Серышев и др., Современные проблемы экологии, природопользования и ресурсосбережения Прибайкалья: Тез. докл. юбилейной конф., Иркутск, 1998, с. 67.
- 27 О. С. Якименко, Современные проблемы почвоведения и экологии: Тез. докл. школы-семинара молодых ученых факультета почвоведения МГУ, Москва, 1993, с. 102.
- 28 М. И. Чудаков, Промышленное использование лигнина, Лесн. пром-сть, Москва, 1983.
- 29 Д. Г. Сидоров, Тез. докл. науч.-техн. семинара по использованию лигнина и его производных в сельском хозяйстве, Ленинград - Пушкин, 1989, с. 17.
- 30 А. И. Венедиктова, О. С. Якименко, *Вестн. МГУ. Сер. 17, Почвоведение*, 3 (1989) 75.
- 31 П. А. Кривулин, Э. В. Феофилов, З. С. Калугина, *Гидролиз. и лесохим. пром-сть*, 3 (1979) 12.
- 32 А.с. 1638139 СССР, 1991.
- 33 О. Д. Кононов, Т. Б. Лагутина, *Химия в сел. хоз-ве*, 6 (1996) 14.
- 34 П. А. Егоров, *Химизация сельского хозяйства*, 11 (1990) 6.
- 35 Е. М. Романов, Д. И. Мухортов, *Изв. вузов. Лесн. журн.*, 4 (1997) 76.
- 36 Р. Г. Иванова, Ф. Ф. Первухин, Современные проблемы почвоведения и экологии: Тез. докл. школы-семинара молодых ученых факультета почвоведения МГУ, Москва, 1993, с. 34.
- 37 В. М. Швецова, И. Н. Хмелинин, Е. В. Николаева, Ю. М. Шехонин, Рациональное использование земельных ресурсов России: Тез. докл. науч.-произв. конф., Киров, 1993, с. 75.
- 38 Тен Хак Мун, Ферментация органических остатков с целью получения удобрений (методические рекомендации), изд. Ин-та водных и экологических проблем ДВО АН СССР, Хабаровск, 1988.
- 39 Е. Л. Имранова, Сукцессия микроорганизмов при деструкции древесных остатков: Автореф. дис. ... канд. биол. наук, Иркутск, 1998.
- 40 А.с. 1165674 СССР, 1985.
- 41 В. В. Павленко, Л. А. Демидова, Е. Г. Рижванов и др., Биотехнология вторичных органических субстратов, Изд-во ВНИЦ СО АН СССР, Улан-Удэ, 1990, с. 19.
- 42 Е. В. Мерзлякова, Тез. докл. 13-й Коми респ. молод. науч. конф., Сыктывкар, 1997, с. 120.
- 43 Э. И. Коломиец, Л. И. Прищепа, Н. И. Микульская и др., Проблемы микробиологии и биотехнологии: Тез. докл. междунар. конф., Минск, 1998, с. 179.
- 44 Пат. 2094414 РФ, 1997.
- 45 А. В. Попов, В. А. Покинбара, А. А. Комаров, Е. Ф. Завьялова, Тез. докл. науч.-техн. семинара по использованию лигнина и его производных в сельском хозяйстве, Ленинград - Пушкин, 1989, с. 41.
- 46 J. Pellinen, E. Valsanen, M. Salkinoja-Salonen, G. Brunow, *Appl. Microbiol. and Biotechnol.*, 20 (1984) 77.
- 47 A. McCarthy, A. Paterson, P. Broda, *Ibid.*, 24 (1986) 347.
- 48 И. В. Волчатова, С. А. Медведева, Л. Ф. Коржова, Н. В. Рудых, *Прикл. биохимия и микробиология*, 36 (2000) 293.
- 49 И. В. Волчатова, С. А. Медведева, Химия и технология растительных веществ: Тез. докл. Всерос. конф., Сыктывкар, 2000, с. 178.
- 50 Органические удобрения (справочник), Агропромиздат, Москва, 1988.
- 51 И. В. Волчатова, С. А. Медведева, Л. Н. Новикова, В. А. Серышев, *Агрохимия*, 12 (2000) 53.