

2. Federal'nyi zakon ot 18.06.2001 № 78-FZ «O zemleustroistve» // Sobranie zakonodatel'stva Rossiiskoi Federatsii, 18.06.2001, № 26. – St. 11.

3. Poyasnitel'naya zapiska po korrektyrovke materialov pochvennogo obsledovaniya covkhoza «Pavlovskii» Pavlovskogo raiona Altaiskogo kraja. – Barnaul, 1991. – 48 s.

4. Programma raboty so sputnikovymi snimkami vysokogo razresheniya: SASPlanet [Elektronnyi resurs]. URL: <http://sasgis.ru/sasplaneta>.

5. Lur'e I.K. Geoinformatsionnoe kartografirovaniye. Metody geoinformatiki i tsifrovoi obrabotki kosmicheskikh snimkov: uchebnyk. – M.: KDU, 2008. – S. 130-142.

6. Korsak V.V., Nasyrov N.N. Tendentsii izmeneniya klimaticheskikh uslovii oroshaemogo zemledeliya sukhostepnogo Zavolzh'ya na primere Ershovskogo raiona Saratovskoi oblasti // Agrarnaya nauka v XXI veke: problemy i perspektivy: materialy IV Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii / pod red. I.L. Vorotnikova. – Saratov: FGOU VPO «Saratovskii GAU», 2010. – S. 145-149.

7. Korsak V.V., Zatinatskii S.V., Kholudeneva O.Yu. Geoinformatsionnye sistemy v gidromelioratsii // Geoinformatsionnye sistemy v gidromelioratsii: ucheb. posobie k prakticheskim zanyatiyam. – M.: MGUP, 2003. – S. 24.



УДК 631.86

В.И. Макаров
V.I. Makarov

БИОХИМИЧЕСКАЯ ЩЕЛОЧНОСТЬ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ

BIOCHEMICAL ALKALINITY OF ORGANIC FERTILIZERS

Ключевые слова: органические удобрения, солома, сидераты, льняная костра, дерново-подзолистые почвы, кислотность, калий, карбонат калия, биохимическая щелочность, нейтрализующая способность, минерализация.

В модельном лабораторном опыте изучали влияние органических удобрений на кислотно-щелочное состояние (рН солевой вытяжки и гидролитическую кислотность) дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы. В качестве органических удобрений использовали побочную продукцию растениеводства: пшеничную солому, рапсовый сидерат и льняную костру. Их использовали в дозах (по сухому веществу), соответствующих 3,0 и 6,0 т/га. Продолжительность компостирования 7 и 21 сут. в аэробных условиях при температуре 28°C и увлажнении почвенных образцов 60% от капиллярной влагоемкости. После недельного компостирования почвы произошло достоверное повышение рН солевой вытяжки при использовании соломы и сидератов, даже при пониженных нормах (3 т/га). Исследованные органические удобрения обладают нейтрализующим почву действием в ряду: пшеничная солома > рапсовый сидерат > льняная костра. После трехнедельного компостирования нейтрализующее действие соломы сохранилось на прежнем уровне (0,07-0,14 ед. рН), а костры – возросло. При использовании соломы в дозе 6,0 т/га гидролитическая кислотность снизилась на 0,28 ммоль/100 г, или 16,4%, по сравнению с контрольным вариантом без удобрений. Полученная величина нейтрализации почвы от соломы идентична 420 кг СаСО₃/га. Способность соломы к подщелачиванию почвы связана с преобладанием в составе органических удобрений биогенных элементов, образующих катионы в процессе компостирования. Тео-

ретически в результате полной минерализации 1 т пшеничной соломы образуется 848,9 моль макроэлементов в виде катионов (K⁺, NH₄⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺) и 53,1 моль – анионов (H₂PO₄⁻, SO₄²⁻). Недостающее количество анионов представлено карбонатами. Наряду с карбонатами аммония, кальция и магния, в минерализате соломы накапливается значительное количество поташа, обладающего сильным подщелачивающим действием.

Keywords: organic fertilizers, straw, green manure, flax shive, sod-podzolic soils, acidity, potassium, potassium carbonate, biochemical alkalinity, neutralization capacity, salinity.

The effect of organic fertilizers on the acid-base status (pH of salt extraction and hydrolytic acidity) of sod-podzolic medium-loam soil was studied in a model laboratory experiment. Crop production by-products were used as organic fertilizers: wheat straw, rapeseed green manure and flax shave. They were used at doses (dry matter based), corresponding to 3.0 and 6.0 t ha. The duration of composting was 7 and 21 days under aerobic conditions at a temperature of 28°C, and moist soil samples at 60% of capillary moisture capacity. Significant increasing of pH of salt extraction with the use of straw and green manure, even at reduced standards (3.0 t ha) occurred after one week of soil composting. The studied organic fertilizers have a neutralizing effect on soil as the following series: wheat straw > rapeseed green manure > flax shave. After three weeks of composting, the neutralizing effect of straw remained at the same level (0.07-0.14 pH units), and the neutralizing effect of flax shave increased. With the use of straw at dose of 6.0 t ha, hydrolytic acidity decreased by 0.28 mmol / 100 g or 16.4% as compared to the control variant without fertilizers.

The obtained value of the soil neutralization from the straw is identical to 420 kg of CaCO₃ / ha. The ability of straw to soil alkalization is connected with the predominance of biogeneous elements forming cations in the composting process in the composition of organic fertilizers. Theoretically complete salinity of 1 t of wheat straw results in 848.9 mol of macroele-

ments in the form of cations (K⁺, NH₄⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺) and 53.1 mol of anions (H₂PO₄⁻, SO₄²⁻). The missing quantity of anions is presented by carbonates. Alongside with carbonates of ammonium, calcium and magnesium, straw mineralizer accumulates significant amount of potash having strong alkalinizing effect.

Макаров Вячеслав Иванович, к.с.-х.н., доцент, проф. каф. агрохимии и почвоведения, Ижевская государственная сельскохозяйственная академия. Тел.: (3412) 73-30-77. E-mail: makaroffVI@yandex.ru.

Makarov Vyacheslav Ivanovich, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Prof., Chair of Agro-Chemistry and Soil Science, Izhevsk State Agricultural Academy. Ph.: (3412) 73-30-77. E-mail: makaroffVI@yandex.ru.

Кислотность почв является наиболее важным показателем их агроэкологического состояния. Подзолистый процесс, преобладающий в таежно-лесной зоне, сопровождается подкислением верхних горизонтов почв [1]. Поэтому сельскохозяйственное использование земель предусматривает известкование. Однако мониторинг кислотности-щелочного состояния почв, проводимый в РФ, не регистрирует существенного подкисления почв в последние десятилетия. Аналогичные сведения приводятся и в научных публикациях [2, 3]. Известно, что основными причинами повышения кислотности почв являются вымывание ионов кальция и магния [4] и их хозяйственный вынос сельскохозяйственными культурами [5]. Применение минеральных удобрений усиливает подкисляющий эффект агротехнологий в отношении почв [6]. В научной и производственной литературе приводятся нормативы нейтрализации почв от этих негативных факторов. Однако фактические значения подкисления почв в агротехнологиях часто не соответствуют расчетным [2, 3]. Значит, имеются и другие процессы, влияющие на кислотность-щелочное состояние почв в агроценозах. В последние десятилетия произошли существенные изменения в зональных системах земледелия. Так, в Удмуртской республике значительно снизился объем использования минеральных удобрений [7], в том числе и характеризующихся подкисляющим эффектом [8]. В структуре посевных площадей увеличилась доля многолетних трав, в качестве органических удобрений в больших объемах стали использовать солому и сидераты [9]. Использование соломы в качестве органического удобрения может по-разному влиять на кислотность-щелочное состояние почв. Имеются сведения как о нейтрализации почв [10, 11], так и их подкислении [12, 13].

Целью исследований явилось изучение влияния органических удобрений в виде побочной продукции растениеводства на кислотность-щелочное состояние дерново-подзолистых суглинистых почв.

Методика исследований

Исследования осуществлены на основе экспериментов, проведенных различными учеными (приведены в открытой печати), собственных исследований, агрохимических анализов. В модельном опыте изучали влияние на кислотность-щелочное состояние дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы (рН солевой вытяжки и гидролитическую кислотность) внесения органических удобрений в виде побочной продукции растениеводства: пшеничной соломы, рапсового сидерата и льняной костры. Для «чистоты» эксперимента из почвенного образца были удалены пожнивно-корневые остатки. Возрастающие дозы удобрений были выравнены в пересчете на сухое вещество: 3,0; 6,0; 12,0 т/га (для костры). Органические удобрения вносились в измельченном виде в воздушно-сухом состоянии. Увлажненные до 60% от капиллярной влагоемкости образцы почв компостировались в термостате при температуре 28°C 7 и 21 дней. Повторность трехкратная. В последующем выполнялись анализы образцов почв по величине рН_{вод}, рН_{ксл} и Нг. Все показатели кислотности-щелочного состояния определяли потенциометрическим методом [14].

Результаты исследований

На основе лабораторного опыта установлено, что применение органических удобрений на основе отходов и побочной продукции растениеводства приводит к небольшой нейтрализации дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы (табл. 1).

После недельного компостирования почвенных образцов установлено достоверное возрастание рН солевой вытяжки при использовании соломы и сидератов, даже при пониженных нормах (3 т/га). Близкие сведения приводят О.А. Аврова и З.М. Мороз [10], которые установили, что внесение ржаной соломы подщелачивает малобуферные песчаные и супесчаные почвы на 0,1-0,3 ед. рН_{ксл}. А.К. Миненко и М.Ф. Седова [11] при использовании соломы даже на тяжелосуглинистых почвах установили достоверную их

нейтрализацию по величине рН солевой вытяжки на 0,2-0,3 ед. Льняная костра проявила более слабую нейтрализующую способность. При трехнедельном компостировании подщелачивающее действие соломы сохранилось на прежнем уровне – 0,07-0,14 ед. рН по сравнению с контролем, а костры возросло. В научной литературе также приводится информация, что нейтрализующая способность соломы наиболее сильно проявляется в последствии на второй год (до 0,6 ед. рН_{KCl}) [11]. Нейтрализующая способность сидератов даже несколько снизилась.

Следует отметить, что для исследований была использована среднебуферная почва. Поэтому сильных изменений по величине рН солевой вытяжки установить не удалось. Для этих почв более информативной является исследование динамики величины гидролитической кислотности. По сведениям Г. Кольбе и Г. Штумпе [12], даже при длительном использовании соломы может не изменяться рН почвы, однако при этом регистрируется возрастание Нг. В то же время В.И. Барейша и Р.Р. Вильфлуш [13] указывают, что под воздействием соломы наблюдается нейтрализация дерново-подзолистой почвы по величинам рН_{KCl} и степени насыщенности почв основаниями при одновременном подкислении по гидролитической кислотности.

В модельном опыте выявлено, что после недельного компостирования гидролитическая кислотность почвы достоверно снизилась по всем формам органических удобрений и дозам их использования (табл. 2).

Максимальная нейтрализация почвы на 0,11 ммоль/100 г установлена при внесении пшеничной соломы в дозе 6,0 т/га. Увеличение компостирования до трех недель сопровождается дальнейшим снижением гидролитической кислотности до 0,28 ммоль/100 г по сравнению с контрольным вариантом. В данный срок наблюдений установлено более существенное значение дозы органических удобрений в нейтрализации почв. По этому показателю доза соломы 6 т/га равноценна использованию льняной костры в количестве 12 т/га. Рапсовый сидерат занимает промежуточное положение.

Таким образом, органические удобрения обладают нейтрализующим действием и располагаются в ряду: солома > сидераты > льняная костра. Однако однократное использование этих удобрений, тем более в низких дозах, не может существенно влиять на кислотно-щелочное состояние почв. В то же время систематическое использование побочной продукции растениеводства может в значительной степени компенсировать подкисляющий потенциал агротехнологий, стабилизировать кислотно-щелочное состояние почв.

Наибольшим нейтрализующим эффектом обладает солома пшеницы, которая при дозе 6 т/га снизила Нг на 0,28 ммоль/100 г. Данная величина нейтрализации почвы от соломы идентична 420 кг CaCO₃/га. С дозой пшеничной соломы 6 т/га поступило кальция 25,7 кг и магния 10,9 кг. Расчетная нейтрализующая способность этих элементов составляет в сумме всего 101,9 кг CaCO₃/га, то есть только 24,3% от фактической. Соответственно, в составе органических удобрений присутствуют и другие вещества, обладающие способностью к нейтрализации ионов водорода. Причем, нейтрализующая способность кальция и магния не является доминирующей.

На наш взгляд, нейтрализующей способностью обладает и калий, входящий в состав органических удобрений. Причем особенно в виде соломы, сидератов, костры является высокая концентрация этого элемента в них. Так, по нашим данным, содержание калия в соломе пшеницы Иргина варьировала от 0,58 до 2,25% в пересчете K₂O [15, 16]. Еще большей концентрацией характеризуется побочная продукция ячменя (до 2,92% K₂O), озимой ржи (до 3,18) [2]. Содержание этого элемента в составе даже одного вида органического удобрения характеризуется значительной вариабельностью в зависимости от почвенных и метеорологических условий вегетационных периодов, сортовых свойств растений [17].

При внесении соломы в почву происходят биохимические процессы с участием органических и неорганических составляющих. Известно, что конечными продуктами минерализации растительных остатков являются диоксид углерода, вода и соли аммония и зольные элементы. Расчет формирования (высвобождения) минеральных форм элементов из соломы приведен в таблице 3. Содержание макроэлементов в соломе яровой пшеницы приводится по данным, представленным в учебнике под авторством Петухова М.П. и др. [18] с пересчетом на массовую долю элемента в тканях растений и ее молярную концентрацию. Дополнительно указывается форма соединения элементов, образующихся при биологической минерализации соломы, и выполнен расчет количества потенциального количества этих ионов.

В результате полной минерализации 1 т соломы образуется 848,9 ммоль веществ, представленных катионами в обычных почвенных условиях. Причем основная часть катионов представлена калием (382,0) и аммонием (357,1 ммоль), значительную долю занимает кальций (99,8). В то же время в соломе количество веществ, образующих анионы, оказалось незначительное – 53,1 ммоль/т, в том числе фосфатов – 28,1 и сульфатов –

25,0. Кремний присутствует в соломе в виде кремниевой кислоты или кальциевых солей, поэтому этот элемент может участвовать частично как анионообразующее вещество. Од-

нако основная часть этого элемента в соломе присутствует в виде нерастворимого оксида кремния [19, 20].

Таблица 1

Влияние органических удобрений на рН солевой вытяжки дерново-подзолистой суглинистой почвы при ее компостировании, ед. рН (Модельный опыт. ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2015 г.)

Органическое удобрение и доза, т сух. в-ва/га	Продолжительность компостирования, сут.			
	7		21	
	значение	± от (к)	значение	± от (к)
1. Без ОУ (к)	5,72	–	5,62	–
2. Солома 3 т/га	5,78	0,06	5,70	0,07
3. Солома 6 т/га	5,85	0,13	5,76	0,14
4. Сидераты 3 т/га	5,77	0,05	5,67	0,04
5. Сидераты 6 т/га	5,80	0,08	5,66	0,04
6. Костра 3 т/га	5,73	0,01	5,65	0,03
7. Костра 6 т/га	5,73	0,01	5,66	0,04
8. Костра 12 т/га	5,75	0,03	5,70	0,08
НСР ₀₅		0,02		0,04

Таблица 2

Влияние органических удобрений на гидролитическую кислотность дерново-подзолистой суглинистой почвы при ее компостировании, ммоль/100 г (Модельный опыт. ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2015 г.)

Органическое удобрение и доза, т сух. в-ва/га	Продолжительность компостирования, сут.			
	7		21	
	значение	± от (к)	значение	± от (к)
1. Без ОУ (к)	1,56	–	1,71	–
2. Солома 3 т/га	1,49	-0,07	1,49	-0,23
3. Солома 6 т/га	1,45	-0,11	1,43	-0,28
4. Сидераты 3 т/га	1,49	-0,07	1,56	-0,16
5. Сидераты 6 т/га	1,50	-0,07	1,51	-0,21
6. Костра 3 т/га	1,51	-0,06	1,62	-0,10
7. Костра 6 т/га	1,48	-0,08	1,57	-0,14
8. Костра 12 т/га	1,50	-0,07	1,43	-0,28
НСР ₀₅		0,06		0,03

Таблица 3

Формы соединений элементов при биологической минерализации соломы и их количество

Биогенный элемент	Концентрация в 1 т соломы в причесете на		Форма элемента после биологической минерализации	Количество ионов с учетом эквивалентности, моль/т соломы
	элемент, кг	элемент, моль		
Образующий катион, в том числе				+ 848,9
- азот	5,0	357,1	NH ₄ ⁺	+ 357,1
- калий	15,0	382,0	K ⁺	+ 382,0
- кальций	2,0	49,9	Ca ²⁺	+ 99,8
- магний	0,6	24,8	Mg ²⁺	+ 49,6
- натрий	0,7	32,3	Na ⁺	+ 32,3
Образующий анион, в том числе				- 53,1
- фосфор	0,9	28,1	H ₂ PO ₄ ⁻	- 28,1
- сера	0,4	12,5	SO ₄ ²⁻	- 25,0
Необразующий ионов				
- кремний	14,0	499,6	SiO ₂	
С переменными кислотно-щелочными свойствами азот	5,0	357,1	NH ₄ ⁺ NO ₃ ⁻	+ 357,1 - 357,1
Баланс:				
до нитрификации аммония				795,8
после нитрификации аммония				81,6

На основе расчетов установлено формирование отрицательного баланса минерализации соломы по соотношению ионов макроэлементов в количестве 795,8 моль/т. Понятно, что в природе всегда должен соблюдаться баланс катионов и анионов. Поэтому в продуктах минерализации растительных остатков недостаток анионов компенсируется карбонатами (CO_3^{2-}). Хорошо известно, в составе древесной и соломенной золы калий представлен поташем [21]. Это соединение, как и карбонаты кальция и магния, способны вступать в химическую реакцию с ионами водорода, снижая кислотность почв. Причем нейтрализующая способность карбоната калия близка к карбонату кальция. При этом K_2CO_3 может формировать даже сильнощелочную среду.

Рассчитано, что при внесении соломы в дозе 6 т/га высвобождается веществ, способных к нейтрализации, 4,77 кмоль H^+ . Потенциальная нейтрализующая способность такого количества соломы аналогична 466 кг CaCO_3 , что несколько превышает фактические полученные значения в лабораторном опыте. Возможными причинами этого являются неполная минерализация соломы за трехнедельный период и прохождение в почве различных биохимических процессов с участием азота. Так, при нитрификации азота, образовавшегося в результате аммонификации соломы, нейтрализующая способность соломы может существенно снизиться. В этом случае при низких концентрациях калия в соломе это удобрение может приводить и к подкислению почв. Однако следует учитывать, что нитрификация и сопровождается подкислением почв, но сами нитраты являются физиологически щелочными соединениями при питании растений [6].

Использование более высоких доз органических удобрений в виде соломы и других отходов растениеводства может существенно нейтрализовать почвы и другие корнеобитаемые среды. Так, по нашим данным, добавление льняной костры объемной долей 60% в состав питательных торфяных грунтов приводит к существенной нейтрализации среды на 0,59-0,85 ед. рН водной суспензии [21], а при использовании в виде кострового моноsubstrата формировать даже щелочной дренажный сток с рН=8,61 [23, 24].

Заключение

Таким образом, использование органических удобрений в виде побочной продукции растениеводства (солома, сидераты, льняная костра) сопровождается снижением кислотности дерново-подзолистых почв. Пшеничная солома в дозе 6,0 т/га уменьшила гидролитическую кислотность на 0,28 ммоль/100 г почвы. Нейтрализующая способность соломы

связана с преобладанием в составе органических удобрений биогенных элементов, образующих катионы в процессе минерализации. Расчетами установлено, что наряду с карбонатами кальция и магния в минерализате соломы накапливается поташ, концентрация которого может существенно варьировать от содержания калия в побочной продукции растениеводства. Нейтрализующая способность соломы может снижаться при нитрификации образовавшегося аммония.

Библиографический список

1. Ковриго В.П. Почвы Удмуртской Республики. – Ижевск: РИО Ижевской ГСХА, 2004. – 490 с.
2. Башков А.С. Повышение эффективности удобрений на дерново-подзолистых почвах Среднего Предуралья. – Ижевск: ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2015. – 328 с.
3. Исупов А.Н. Влияние прямого действия известковых и минеральных удобрений на физико-химические свойства дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой почвы // Матер. Всерос. науч.-практ. конф. – Ижевск: ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2014. – С. 27-29.
4. Haynes R.J., Swift R.S. Effect of trickle fertigation with three forms of nitrogen on soil pH, levels of extractable nutrients below the emitter and plant growth // Plant and Soil. – 1987. – Vol. 102 (2). – P. 211-221.
5. Breeuwsma A., De Vries W. The relative importance of natural production of H^+ in soil acidification // Neth. J. Agric. Sci. – 1984. – Vol. 32. – P. 161-163.
6. Макаров В.И. К физиологической кислотности азотных удобрений // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2013. – № 8. – С. 27-30.
7. Макаров В.И. Эффективность удобрений в земледелии Удмуртской Республики // Плодородие. – 2014. – № 3. – С. 23-24.
8. Макаров В.И. Роль азотных удобрений в подкислении почв // Матер. Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 70-летию ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА (16-18 октября 2013 г.). – Ижевск: ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2014. – С. 36-39.
9. Холзаков В.М. Повышение продуктивности дерново-подзолистых почв в Нечерноземной зоне. – Ижевск: ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2006. – 436 с.
10. Авров О.Е., Мороз З.М. Использование соломы в сельском хозяйстве. – Л.: Колос, 1979. – 200 с.
11. Миненко А.К., Седова М.Ф. Влияние соломы на свойства и продуктивность дерново-подзолистой почвы // Использование соломы как органического удобрения. – М.: Наука, 1980. – С. 131-139.

12. Кольбе Г. Солома как удобрение / пер. с нем. А.Н. Кюлюкина. – М.: Колос, 1972. – 87 с.

13. Барейша В.И., Вильфлуш Р.Р. Влияние удобрения соломой на свойства почвы и урожайность сельскохозяйственных культур в звеньях севооборотов // Использование соломы как органического удобрения. – М.: Наука, 1980. – С. 156-170.

14. Агрохимический анализ почв (с сервисной программой обработки результатов лабораторных испытаний) – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2014. – 72 с.

15. Юскин А.А., Макаров В.И. Влияние систем земледелия на химический состав соломы зерновых // Вестник Ижевской гос. с.-х. академии. – 2009. – № 1 (18). – С. 76-79.

16. Макаров В.И. Нормативный вынос элементов питания яровой пшеницей Иргина // Матер. Всерос. науч.-практ. конф. – Ижевск: ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2013. – Т. 1. – С. 81-86.

17. Kuzmanova L., Kostadinova S., Ganusheva N. Efficiency of Potassium in Barley Genotypes // Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences Special Issue: 1, 2014. – P. 584-589.

18. Петухов М.П., Панова Е.А., Дудина Н.Х. Агрохимия. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

19. Колесников М.П. Формы кремния в растениях // Успехи биологической химии. – 2001. – Т. 41. – С. 301-332.

20. Epstein E. Silicon: its manifold roles in plants // Ann. Appl. Biol. – 2009. – Vol. 155 (2). – P. 155-160.

21. Утилизация золы котельных, работающих на древесном топливе / N. Wildbacher. – Минск: 2007. – 28 с.

22. Макаров В.И., Тукаева Л.Н., Максимов П.Л., Злобина Т.В. Влияние льяной костры на кислотно-щелочное состояние торфяных грунтов // Плодородие. – 2014. – № 2. – С. 27-28.

23. Кузнецов В.Ю., Баранова В.Ю., Мышкина Т.Ю., Максимов П.Л., Макаров В.И. Особенности подготовки контейнеров с костровыми субстратами к использованию // Матер. Всерос. науч.-практ. конф. (11-14 февраля 2014 г.). – Ижевск: ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2014. – С. 180-184.

24. Максимов П.Л., Макаров В.И., Кузнецов В.Ю. Оценка агрофизических и агрохимических свойств субстрата на основе льяной костры для защищенного грунта // Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства: IV Междунар. науч.-эколог. конф. – Краснодар: Кубанский госагроуниверситет, 2015. – Ч. I. – С. 209-213.

References

1. Kovrigo V.P. Pochvy Udmurtskoi Respubliki. – Izhevsk: RIO Izhevskaya GSKhA, 2004. – 490 s.

2. Bashkov A.S. Povyshenie effektivnosti udobrenii na dernovo-podzolistykh pochvakh Srednego Predural'ya. – Izhevsk: FGBOU VPO Izhevskaya GSKhA, 2015. – 328 s.

3. Isupov A.N. Vliyanie pryamogo deistviya izvestkovykh i mineral'nykh udobrenii na fiziko-khimicheskie svoistva dernovo-srednepodzolistoi srednesuglinistoi pochvy // Materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii. – Izhevsk: FGBOU VPO Izhevskaya GSKhA, 2014. – S. 27-29.

4. Haynes R.J., Swift R.S. Effect of trickle fertigation with three forms of nitrogen on soil pH, levels of extractable nutrients below the emitter and plant growth // Plant and Soil. – 1987. – Vol. 102 (2). – P. 211-221.

5. Breeuwsma A., De Vries W. The relative importance of natural production of H⁺ in soil acidification // Neth. J. Agric. Sci. – 1984. – Vol. 32. – P. 161-163.

6. Makarov V.I. K fiziologicheskoi kislotnosti azotnykh udobrenii // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2013. – № 8. – S. 27-30.

7. Makarov V.I. Effektivnost' udobrenii v zemledelii Udmurtskoi Respubliki // Plodородие. – 2014. – № 3. – S. 23-24.

8. Makarov V.I. Rol' azotnykh udobrenii v podkislennii pochv // Materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, posvyashchennoi 70-letiyu FGBOU VPO Izhevskaya GSKhA. 16-18 oktyabrya 2013 g. – Izhevsk: FGBOU VPO Izhevskaya GSKhA, 2014. – S. 36-39.

9. Kholzakov V.M. Povyshenie produktivnosti dernovo-podzolistykh pochv v Nechernozemnoi zone. – Izhevsk: FGOU VPO Izhevskaya GSKhA, 2006. – 436 s.

10. Avrov O.E., Moroz Z.M. Ispol'zovanie solomy v sel'skom khozyaistve. – L.: Kolos, 1979. – 200 s.

11. Minenko A.K., Sedova M.F. Vliyanie solomy na svoistva i produktivnost' dernovo-podzolistoi pochvy // Ispol'zovanie solomy kak organicheskogo udobreniya. – M.: Nauka, 1980. – S. 131-139.

12. Kol'be G. Soloma kak udobrenie / per. s nem. A.N. Kulyukina. – M.: Kolos, 1972. – 87 s.

13. Bareisha V.I., Vil'flush R.R. Vliyanie udobreniya solomoi na svoistva pochvy i urozhainost' sel'skokhozyaistvennykh kul'tur v zven'yakh sevooborotov // Ispol'zovanie solomy kak organicheskogo udobreniya. – M.: Nauka, 1980. – S. 156-170.

14. Agrokhimicheskii analiz pochv (s servisnoi programmoi obrabotki rezul'tatov la-

boratornykh ispytaniy) – Izhevsk: FGBOU VO Izhevskaya GSKhA, 2014. – 72 s.

15. Yuskin A.A., Makarov V.I. Vliyanie sistem zemledeliya na khimicheskii sostav solomy zernovykh // Vestnik Izhevskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii. – 2009. – № 1 (18). – S. 76-79.

16. Makarov V.I. Normativnyi vynos elementov pitaniya yarovoi pshenitsej Irgina // Materialy Vserossiiskoi nauchn.-prakt. konf. T. 1. FGBOU VPO Izhevskaya GSKhA. – Izhevsk: FGBOU VPO Izhevskaya GSKhA, 2013. – S. 81-86.

17. Kuzmanova L., Kostadinova S., Ganusheva N. Efficiency of Potassium in Barley Genotypes // Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences Special Issue: 1, 2014. – pp. 584-589.

18. Petukhov M.P., Panova E.A., Dudina N.Kh. Agrokhimiya. – M.: Aropromizdat, 1985. – 351 s.

19. Kolesnikov M.P. Formy kremniya v rasteniyakh // Uspekhi biologicheskoi khimii. – T. 41. – 2001. – S. 301-332.

20. Epstein E. Silicon: its manifold roles in plants // Ann. Appl. Biol. – 2009. – Vol. 155 (2). – P. 155-160.

21. Utilizatsiya zoly kotel'nykh, rabotayushchikh na drevesnom toplive / sost. N. Wildbacher. – Minsk: 2007. – 28 s.

22. Makarov V.I., Tukaeva L.N., Maksimov P.L., Zlobina T.V. Vliyanie l'nyanoi kostry na kislotno-shchelochnoe sostoyanie torfyanykh gruntov // Plodorodie. – 2014. – № 2. – S. 27-28.

23. Kuznetsov V.Yu., Baranova V.Yu., Myshkina T.Yu., Maksimov P.L., Makarov V.I. Osobennosti podgotovki konteinerov s kostrovymi substratami k ispol'zovaniyu // Materialy Vserossiiskoi nauchn.-prakt. konf. 11-14 fevralya 2014 g. FGBOU VPO Izhevskaya GSKhA. – Izhevsk: FGBOU VPO Izhevskaya GSKhA, 2014. – S. 180-184.

24. Maksimov P.L., Makarov V.I., Kuznetsov V.Yu. Otsenka agrofizicheskikh i agrokhimicheskikh svoystv substrata na osnove l'nyanoi kostry dlya zashchishchennogo grunta // IV Mezhdunarodnaya nauchnaya ekologicheskaya konferentsiya na temu: «Problemy rekul'tivatsii otkhodov byta, promyshlennogo i sel'skokhozyaistvennogo proizvodstva». – Krasnodar: Kubanskii gosagrouniversitet, 2015. – Ch. I. – S. 209-213.

