

ОТХОДЫ СВЕКЛОСАХАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Ольга Михайловна Кольцова
Нина Викторовна Стекольников
Юрий Иванович Житин

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I

Представлены результаты исследований, проведенных в 2008–2011 гг. в условиях стационарных опытов УНТЦ «Агротехнология» Воронежского ГАУ (черноземы выщелоченные с недонасыщенным кальцием почвенным поглощающим комплексом) с целью оценки показателей почвенного плодородия с выделением экологического аспекта, который связан с утилизацией отходов производства (жом и дефекаат), оказывающих значительное отрицательное воздействие на окружающую среду. Определяли влажность и кислотность почвы, как наиболее важные свойства для формирования урожая сельскохозяйственных культур. Методы исследований: полевой, лабораторно-аналитический, сравнительный и математический. Культуры в опыте: гречиха, соя, ячмень, озимая пшеница. Изучалось влияние внесения различных доз жома как самостоятельно, так и в сочетании с дефекаатом и дефекаата совместно с навозом. Приводятся экспериментальные данные изменения режима увлажнения и кислотности, позволяющие оценить состояние черноземов выщелоченных при различном уровне удобренности и использовании наиболее значимых для ЦЧР в целом и Воронежской области в частности отходов свеклосахарного производства. Наиболее благоприятно режим влажности почвы складывался на вариантах внесения жома в дозе 50 т/га осенью: количество продуктивной влаги превышало контроль на 12%. Выявлено, что подкисление почвенного раствора после внесения жома носит кратковременный характер. Применение дефекаата совместно с органическими удобрениями стабилизирует кислотность до уровня 6,0–6,2, сохраняя эту величину и в последствии (10–12 лет). При этом урожайность озимой пшеницы близка или равна урожайности на варианте совместного внесения 40 т/га навоза и $N_{60}P_{60}K_{60}$. Таким образом, установлена высокая эффективность применения жома и дефекаата в агроэкосистемах региона, возможность их использования в качестве удобрений, что позволяет решить экологическую проблему утилизации многотоннажных отходов свеклосахарного производства и, как следствие, проблему повышения плодородия пахотных земель.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Центральное Черноземье, отходы свеклосахарного производства, жом, дефекаат, черноземы выщелоченные, сельскохозяйственное производство, химическая мелиорация, урожайность.

SUGAR BEET PRODUCTION WASTES AND THEIR USE IN AGRICULTURE

Olga M. Koltsova
Nina V. Stekolnikova
Yuriy I. Zhitin

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great

The authors present the results of studies conducted in 2008–2011 in the conditions of stationary experiments of the «Agrotechnology» Scientific Research and Development Center of Voronezh State Agrarian University (leached chernozems with soil adsorption complex undersaturated with calcium). The objective of studies was to assess the soil fertility parameters with the emphasis on the environmental aspect, which is associated with the disposal of industrial wastes (beet pulp and defecate) that have a significant negative impact on the environment. Humidity and acidity of soil were determined as the most important properties for the formation of crop yields. Research methods included the field, laboratory and analytical, comparative and mathematical methods. The crops under study were buckwheat, soy, barley, and winter wheat. The authors assessed the effect of applying various doses of beet pulp both independently and in combination with defecate and defecate together with manure. The article provides the experimental data on changes in moisture regime and acidity, which allow assessing the condition of leached chernozems at different levels of fertilization and application of wastes of sugar beet production valuable for the Central Chernozem Region as a whole and Voronezh Oblast in particular. The most favorable soil moisture regime was formed in the variants where beet pulp was applied in autumn in the dose of 50 t/ha; the amount of productive moisture exceeded the control variant by 12%. It was revealed that acidification of soil solution after adding beet pulp was transient. The application of defecate together with organic fertilizers stabilizes the acidity to the level of 6.0–6.2, maintaining this value in the aftereffect as well (10–12 years). At the same time, the yield of winter wheat was close to or equal to the yield in the variant with combined application of 40 t/ha of manure and $N_{60}P_{60}K_{60}$. Thus, the authors have established a high efficiency of

application of beet pulp and defecate in agricultural ecosystems of the region and the possibility of their use as fertilizers. Thus, the authors' proposals allow solving the environmental problem of disposal of large-tonnage sugar beet production wastes and, consequently, the problem of increasing the fertility of arable lands.

KEYWORDS: Central Chernozem Region, sugar beet production wastes, beet pulp, defecate, leached chernozems, agricultural production, chemical amelioration, yield capacity.

Деятельность человека – это мощный фактор, оказывающий влияние на окружающую природную среду в целом и в значительной степени на ее важнейший компонент – почву, ее свойства, почвообразовательный процесс и воспроизводительную способность, которая является основой сельскохозяйственного производства [2, 8, 9].

В настоящее время важнейшим аспектом экологии и жизнедеятельности общества в целом является проблема отходов. Ежегодно только в России образуется до 7 млрд т отходов производства. Уже сейчас в отвалах на территории страны хранится более 90 млрд т твердых отходов, которые занимают 10 тыс. га земель, зачастую плодородных, с хорошей производительной способностью. Из всего этого огромного количества повторно используется около 10% и в последние годы оно не возрастает [4]. Эта проблема нашла отражение в Федеральных законах РФ «Об отходах производства и потребления» (№ 89-ФЗ от 24 июня 1998 г.) и «Об охране окружающей среды» (№ 7-ФЗ от 10 января 2002 г.) [13, 14]. В Указе Президента РФ № 889 от 4 июня 2008 г. «О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики» определена стратегия в области охраны окружающей среды в стране, где, в частности, указывается на необходимость создания экологически безопасного и безотходного производства, которое позволит рационально использовать первичные сырьевые ресурсы и перерабатывать вторичные (т. е. отходы) с превращением их в новые полезные продукты [12].

Проблема утилизации отходов свеклосахарного производства для Воронежской области очень актуальна, так как здесь производится наибольшее количество сахара в Центрально-Черноземном регионе – 28%. Она занимает второе место в России по производству этого продукта после Краснодарского края.

Производство сахара является одной из наиболее материалоемких отраслей, так как в ней объемы сырья и вспомогательных материалов в несколько раз превышают выход готовой продукции. При среднем выходе сахара 10–12% от массы переработанной свеклы образуются: свекловичный жом – до 80%, меласса – 5%, фильтрационный осадок, или дефека́т – 12%, транспортно-мочный осадок – 15%, свекловичный бой – 10%, а также отсев известнякового камня и сточные воды [1, 11].

Доля жома и обессахаренной свекловичной стружки является наибольшей. В этих отходах содержится 93% влаги и 7% сухих веществ, в составе которых около 47% целлюлозы, 50% – пектиновых веществ, 2% – белка, 1% – минеральных веществ и около 0,7% – сахара. До 40% жома идет на корм скоту в свежем виде, часть высушивается, а более 30% скисает в специальных хранилищах, превращаясь в жомокислую воду, которая очень опасна как загрязнитель водных объектов и почвы [4]. Перевозить жом на расстояния, превышающие 100 км от сахарного завода до фермы, нерентабельно, при этом использовать его необходимо в течение 1–2 дней, в противном случае он перекисает и становится опасным для скармливания животным. В настоящее время разрабатываются технологии получения из жома пищевого пектина и клея.

Вторым по объему отходом свеклосахарного производства является фильтрационный осадок, или дефека́т, в состав которого согласно ТУ 9112-005-00008064-95 входит 40–60% карбоната кальция и магния, по 0,7% – общего азота, фосфора и калия, до 30% – органического вещества, остальное – землистая масса, которая поступает со смывными водами при первичной обработке корнеплодов сахарной свеклы. Сухой дефека́т содержит 60–80% извести, до 15% – органического вещества (в навозе – 21%), более 1% фосфора (в навозе – в два раза больше) [16].

Так как темпы производства сахара ввиду важности данного пищевого продукта неуклонно возрастают, увеличивается при этом и объем отходов, которые необходимо использовать в качестве вторичных ресурсов. И жом, и дефекаат, учитывая их состав, можно применять в агроэкосистемах в качестве агрохимикатов как вещества, содержащие большое количество элементов питания, необходимых сельскохозяйственным культурам.

Именно на этой основе ученые Воронежского государственного аграрного университета изучали и продолжают изучать возможности применения жома и дефекаата при возделывании различных сельскохозяйственных культур. В этих исследованиях ставится цель решить две проблемы: во-первых, утилизации и использования вторичных ресурсов и, во-вторых, повышения плодородия черноземных почв.

Определенным ограничением в использовании жома является его высокая кислотность – рН 4, а дефекаата – наличие в нем ряда тяжелых металлов: кадмия – 2,5 мг/кг, свинца – 32, цинка – 41, меди и никеля – по 15, кобальта – 8, железа – 6800, марганца – 325 и хрома – 8 мг/кг [5]. Данные показатели и потребовали детального изучения возможности использования этих отходов в качестве удобрений, определения оптимальных доз и сроков внесения, места в севооборотах.

Современное сельскохозяйственное производство оказывает значительное влияние на свойства почв и в наибольшей степени на ее кислотный режим, который, в свою очередь, определяет физико-химические и биохимические процессы, объективно отражающие состояние почвенно-биотического комплекса [10]. В условиях подкисления почвенного раствора возникает дефицит элементов минерального питания, восполняемый за счет внесения минеральных и органических удобрений, которые неоднозначно влияют на кислотность, зачастую повышая ее. По данным А.П. Щербакова, потери гумуса в таких условиях могут достигать 25%, кроме этого снижается количество подвижного фосфора и обменного калия, что отрицательно сказывается на урожае возделываемых культур и его качестве [17]. Для устранения этих негативных явлений необходимо внесение кальцийсодержащих соединений (известь, гипс, дефекаат и др.), что позволит насытить почвенный поглощающий комплекс кальцием, снизить кислотность и закрепить гумус [3, 6, 7].

В 1986 и 2005 гг. на территории УНТЦ «Агротехнология» Воронежского ГАУ на черноземе выщелоченном среднемощном малогумусном тяжелосуглинистом были заложены опыты по изучению применения отходов свеклосахарного производства – жома и дефекаата при возделывании различных сельскохозяйственных культур.

В опытах были изучены следующие варианты:

- контроль – без отходов свеклосахарного производства;
- внесение жома – в дозе 5 т/га;
- внесение дефекаата – в дозе 10 т/га;
- совместное внесение жома и дефекаата.

В 2005–2007 гг. проводилось изучение влияния жома и дефекаата при возделывании гречихи. В опыте установлено положительное влияние внесения жома как самостоятельно, так и совместно с дефекаатом на баланс влаги как в пахотном, так и подпахотном горизонтах. Так, в слое 0–29 см в среднем за три года исследований весной запас продуктивной влаги на контроле составил 17,2 мм, при внесении жома и дефекаата – соответственно 19,8 и 18,4, при совместном внесении – 19,3 мм ($НСР_{0,95} = 0,7-2,1$). Такие показатели объясняются большим количеством влаги, которое содержится в жоме – более 70%, поэтому при внесении его в дозе 10 т/га в почву поступает более 7 т/га воды. Но первостепенное значение имеет баланс кислотности, так как жом характеризуется очень кислой реакцией среды, которая по мере его «старения» увеличивается. В опыте установлено подкисление почвенного раствора на варианте внесения одного жома, где pH_{KCl} снижается до 4,8 при 5,1 на контроле; на варианте внесения дефекаата эта

величина возрастает до 5,8, при совместном внесении – остается на уровне контроля. В ходе вегетации гречихи при внесении 10 т/га жом кислотность возрастает до 5,2.

Анализ урожайных данных зерна гречихи показал, что в среднем за три года максимальной она была на варианте совместного внесения жом и дефеката – 19,9 ц/га, что на 24% больше, чем на контроле, при этом один жом увеличил урожайность на 19%, а дефекат дал нулевую прибавку. Такую разницу в урожае на более кислом варианте можно объяснить спецификой самой культуры гречихи.

В ходе проведенных исследований было установлено, что подсушивание жом приводит к снижению его кислотности. Так, при влажности жом 72% его кислотность составила 4,5, при подсушивании его до 30% рН увеличилась до 8, при этом возросло количество общего азота с 1,83 до 2,87%.

В 2008–2011 гг. изучалось влияние жом на продуктивность сои и ячменя. В этом опыте изучали влияние двух доз жом – 25 и 50 т/га, внесенных в разные сроки: осенью или весной. Выбор доз жом проводили экспериментальным путем в вегетационных опытах, где было установлено, что дозы до 20 т/га не оказывают никакого влияния на урожайность культур, а очень высокие дозы – 75 и 100 т/га не обеспечивали адекватной прибавки урожая.

Изучение режима влажности под соей и ячменем показало, что ее максимальное увеличение в сравнении с контролем наблюдалось при внесении жом осенью. На варианте применения дозы 25 т/га влажность повысилась в сравнении с контролем на 5,6%, а на варианте применения 50 т/га – на 11,7% (табл. 1). Внесение жом в тех же дозах весной повысило содержание влаги соответственно на 4,9–9,8%. Эта закономерность сохраняется в течение всего периода вегетации.

**Таблица 1. Изменение влажности по вариантам опыта, %
(слой 0–20 см, среднее за 2008–2011 гг.)**

Варианты опыта	Влажность до посева
Контроль	22,5
Осеннее внесение	
Жом, 25 т/га	28,1
Жом, 50 т/га	34,2
Весеннее внесение	
Жом, 25 т/га	27,4
Жом, 50 т/га	32,3

Изменение реакции среды в этом опыте было аналогично опыту с гречихой. Перед посевом сои выявлено незначительное подкисление почвенного раствора: при осеннем внесении 50 и 25 т/га жом – соответственно до 4,9 и 5,0, при весеннем внесении жом независимо от дозы – до 5,1.

Таблица 2. Урожайность зерна сои по вариантам опыта (среднее за 2008–2011 гг.)

Варианты опыта	Урожайность, ц/га
Контроль	15,4
Осеннее внесение	
Жом, 25 т/га	16,6
Жом, 50 т/га	19,4
Весеннее внесение	
Жом, 25 т/га	16,8
Жом, 50 т/га	18,1
НСР _{0,95}	0,9

Как видно из данных таблицы 2, прибавки урожая зерна сои на всех вариантах достоверны по сравнению с контролем. Анализ влияния сроков внесения на урожайность показал, что при дозе 25 т/га она не зависела от этого показателя, при внесении 50 т/га жом в осенний срок прибавка урожая составила 1,3 ц/га зерна по сравнению с весенним внесением. Именно этот вариант оказался наиболее выгодным.

После сои в опыте возделывался ячмень, который испытывал последствие внесения жом (табл. 3).

Таблица 3. Урожайность зерна ячменя по вариантам опыта (среднее за 2009–2011 гг.)

Варианты опыта	Урожайность, ц/га
Контроль	18,8
Осеннее внесение	
Жом, 25 т/га	19,6
Жом, 50 т/га	21,3
Весеннее внесение	
Жом, 25 т/га	19,3
Жом, 50 т/га	20,9
НСР _{0,95}	0,6-1,3

Как свидетельствуют данные таблицы 3, по урожайности ячменя сохраняется та же закономерность, что и для сои, то есть наиболее значимым оказался вариант внесения 50 т/га жом в осенний период

Действие дефеката в качестве химического мелиоранта проводили в опыте, заложенном в 1986 г., в шестипольном севообороте со следующим чередованием культур: черный пар – озимая пшеница – сахарная свекла – вико-овсяная смесь – озимая пшеница – ячмень по вариантам:

- контроль – без удобрений;
- контроль – органический фон – 40 т/га навоза;
- органический фон + NPK по 60 кг д.в./га;
- органический фон + дефекат (норма рассчитывалась по гидролитической кислотности и составляла 1,5 ее величины, в зависимости от поля севооборота вносили 22–28 т/га в физическом выражении, так как в дефекате содержалось 48,5% карбоната кальция).

До закладки опыта чернозем выщелоченный территории проведения исследований характеризовался следующими показателями:

- рН_{KCl} – 5,24;
- гидролитическая кислотность (Нг) – 5 мг-экв./100 г почвы;
- степень насыщенности основаниями (V) – 85%;
- содержание гумуса – 4,2% [5].

Приведенные показатели указывают на то, что почвенный поглощающий комплекс недонасыщен кальцием и, следовательно, чернозем нуждается в проведении химической мелиорации кальцийсодержащими веществами [15].

Таблица 4. Изменение кислотности чернозема выщелоченного (слой 0–20 см)

Варианты опыта	рН _{KCl}	Нг, мг-экв./100 г	рН _{KCl}	Нг, мг-экв./100 г
	первый год после внесения		последствие (11-й год)	
Контроль – без удобрений	5,3	5,2	5,2	5,5
Контроль – органический фон	5,8	4,0	5,6	4,5
Органический фон + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	5,2	5,6	5,0	6,2
Органический фон + дефекат	6,2	2,8	6,0	3,1

Как было установлено в длительном стационарном опыте, применение дефектата оказало положительное влияние на ППК чернозема выщелоченного, которое сохраняется значительное время – до 10–12 лет (табл. 4).

Анализ данных таблицы 4 показывает, что наименее благоприятным складывается кислотный режим на варианте совместного внесения органо-минеральных удобрений, причем в течение 11 лет: в течение двух ротаций севооборота происходит ухудшение этого показателя, т. е. подкисление почвенного раствора. Это отрицательно сказалось и на величине урожая озимой пшеницы (табл. 5).

Таблица 5. Урожайность озимой пшеницы по различным предшественникам, ц/га

Варианты опыта	По черному пару		По вико-овсяной смеси	
	урожайность	прибавка	урожайность	прибавка
Контроль – без удобрений	28,7	-	19,5	-
Контроль – органический фон	32,0	3,3	21,6	2,1
Органический фон + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	34,0	5,3	30,3	10,8
Органический фон + дефектат	34,5	5,8	28,1	8,6
НСР _{0,95}		3,2		3,0

Как видно из данных таблицы 5, прибавки урожая на всех вариантах опыта были достоверно выше по сравнению с контролем, наибольшей прибавка отмечена на варианте внесения дефектата – 5,8 ц/га, что можно объяснить действием двух факторов: во-первых, стабилизацией кислотности и, во-вторых, достаточным количеством элементов минерального питания и свежего органического вещества, поступивших в почву с дефектатом и навозом. В последствии на пятый год после внесения навоза и дефектата лучшим оказался вариант совместного внесения органических и минеральных удобрений, так как в почву постоянно (ежегодно) поступают необходимые количества элементов минерального питания. На варианте органического фона прибавка урожая была недостоверной, только 2,1 ц/га, а на варианте внесения дефектата по органическому фону и на пятый год сохраняется высокое действие этого мелиоранта и урожайность близка к лучшему варианту, разница в прибавке урожая между ними недостоверна – соответственно 10,8 и 8,6 ц/га.

Таким образом, установлено, что на черноземах выщелоченных с недонасыщенным кальцием почвенным поглощающим комплексом применение отходов свеклосахарного производства – жома и дефектата – является весьма эффективным приемом. Хотя при внесении жома на первых этапах происходит дальнейшее подкисление почвенного раствора, но оно носит кратковременный характер. Для устранения этого негативного явления можно рекомендовать подсушивание жома до влажности 30–50%.

Смешивание жома с дефектатом также снижает подкисление почвенного раствора.

Выявлена высокая эффективность внесения дефектата совместно с навозом, что обеспечивает стабилизацию показателей почвы пахотного слоя и значительное повышение урожайности возделываемых культур в течение 10–12 лет последствия.

Регламентированное применение изученных отходов свеклосахарного производства позволяет решить не только проблему их утилизации (что само по себе имеет важное значение в современных экологических условиях), но и сохранения и повышения плодородия почв с кислой реакцией среды.

Библиографический список

1. Богданов Б.М. Сахарный завод как источник загрязнения воздушного бассейна : учеб. пособие / Б.М. Богданов. – Москва : Академия, 2000. – 145 с.
2. Гаркуша Н.Ф. Окультуривание почв как современный этап почвообразования / Н.Ф. Гаркуша. – Горки : Изд-во Белорусской с.-х. академии, 1956. – 201 с.

3. Гринченко А.М. Плодородие почв и пути его повышения : лекция / А.М. Гринченко. – Харьков : Харьковский с.-х. ин-т, 1976. – 59 с.
4. Житин Ю.И. Приемы использования отходов производства в агроэкосистемах Центрального Черноземья / Ю.И. Житин, Н.В. Стекольников. – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2015. – 218 с.
5. Кольцова О.М. Экологический аспект в оценке использования отходов производства в качестве химических мелиорантов черноземов выщелоченных типичной лесостепи Воронежской области / О.М. Кольцова // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2015. – Вып. 4 (47). – С. 12–21.
6. Лактионов Н.И. Влияние окультуривания на коллоидные свойства гумуса черноземов Каменной степи / Н.И. Лактионов // Окультуривание почв и их плодородие : труды Харьковского СХИ. – Харьков : Харьковский СХИ, 1973. – Т. 185. – С. 61–74.
7. Минеев В.Г. Экологические последствия длительного применения повышенных и высоких доз минеральных удобрений / В.Г. Минеев, Е.Х. Ремпе // Агрохимия. – 1991. – № 3. – С. 35–40.
8. Минеев В.Г. Экологические проблемы агрохимии / В.Г. Минеев. – Москва : Изд-во МГУ, 1997. – 285 с.
9. Никитин Б.А. Свойства и классификация окультуренных почв / Б.А. Никитин. – Чебоксары : Чувашское кн. изд-во, 1976. – 160 с.
10. Орлов Д.С. Гумусное состояние почв как функция их биологической активности / Д.С. Орлов, О.Н. Бирюкова // Почвоведение. – 1984. – № 8. – С. 39–40.
11. Спичак В.В. Развитие сахарной промышленности в России / В.В. Спичак, В.Б. Остроумов. – Курск : Изд-во РНИИСП, 2010. – 143 с.
12. Указ Президента Российской Федерации от 4 июня 2008 г. № 889 «О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rg.ru/2008/06/07/ukaz-doc.html> (дата обращения: 10.09.2018).
13. Федеральный закон Российской Федерации от 24 июня 1998 г. № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://basa.garant.ru/12112084> (дата обращения: 10.09.2018).
14. Федеральный закон Российской Федерации от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://basa.garant.ru/12125350/#help> (дата обращения: 10.09.2018).
15. Цуриков А.Т. Дефицит кальция в почвах как лимитирующий фактор получения высоких урожаев в условиях ЦЧЗ / А.Т. Цуриков // Эффективность применения удобрений и мелиорантов на почвах ЦЧЗ. – Воронеж, 1986. – С. 94–97.
16. Шишкин А.Ф. Новые известковые удобрения: эффективность и безопасность применения / А.Ф. Шишкин. – Воронеж : Изд-во Воронежского ГАУ, 2001. – 316 с.
17. Щербаков А.П. Плодородие почв, круговорот и баланс питательных веществ / А.П. Щербаков. – Москва : Колос, 1983. – 186 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ Принадлежность к организации

Ольга Михайловна Кольцова – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрохимии, почвоведения и агроэкологии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: olga.koltsova.52@mail.ru.

Нина Викторовна Стекольников – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрохимии, почвоведения и агроэкологии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: stekolnikova-nv@mail.ru.

Юрий Иванович Житин – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрохимии, почвоведения и агроэкологии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: agrohimi@agronomy.vsau.ru.

Дата поступления в редакцию 16.11.2018

Дата принятия к печати 22.12.2018

AUTHOR CREDENTIALS Affiliations

Olga M. Koltsova – Candidate of Agricultural Sciences, Docent, the Dept. of Agricultural Chemistry, Soil Science and Agroecology, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: olga.koltsova.52@mail.ru.

Nina V. Stekolnikova – Candidate of Agricultural Sciences, Docent, the Dept. of Agricultural Chemistry, Soil Science and Agroecology, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: stekolnikova-nv@mail.ru.

Yuriy I. Zhitin – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, the Dept. of Agricultural Chemistry, Soil Science and Agroecology, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: agrohimi@agronomy.vsau.ru.

Received November 16, 2018

Accepted December 22, 2018