

ВЛИЯНИЕ ВНЕСЕНИЯ ОТХОДОВ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ АГРОЦЕНОЗОВ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЧЕРНОЗЕМЬЯ

Дарья Евгеньевна Уланова, аспирант кафедры агроэкологии

Юрий Иванович Житин, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, зав. кафедрой агроэкологии

Нина Викторовна Стекольниковна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агроэкологии

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I

В данной работе приведены результаты исследований, целью которых являлось изучение влияния внесения отходов пищевой промышленности (вторичных сырьевых ресурсов) на функционирование агроценозов Центрального Черноземья. Полевые опыты были проведены в 2010-2014 гг. на территории УНТЦ «Агротехнология» Воронежского ГАУ. Почва опытного участка – чернозем выщелоченный среднеhumusный малогумусный тяжелосуглинистый на лессовидном суглинке. Объектами исследования являлись агроценозы картофеля (сорт Импала), сои (сорт Воронежская 31), томата (сорт Новичок), вторичные ресурсы пищевой промышленности – свекловичный жом и бардяной ил. Изучаемые отходы в качестве органического удобрения в нормах 50-100 т/га вносили в агроценозы картофеля, сои и томата. Сельскохозяйственные культуры в опытах размещались по следующим предшественникам: гречиха – картофель; ячмень – соя; озимая пшеница – томат. Свекловичный жом и бардяной ил вносили в агроценозы осенью под основную обработку почвы согласно схемам опыта. Установлено, что свекловичный жом и бардяной ил соответствуют требованиям, предъявляемым к отходам, используемым в качестве органического удобрения. Основное преимущество бардяного ила – высокое содержание общего азота (по данному показателю превосходит свекловичный жом в 2 раза). По содержанию фосфора и калия изучаемые отходы различаются незначительно. Наиболее существенное подкисление почвенного раствора чернозема выщелоченного и устойчивое сохранение pH обеспечивает внесение в агроценозы бардяного ила в норме 50 т/га и свекловичного жома – 100 т/га. Применение свекловичного жома относительно контрольного варианта обеспечивает увеличение содержания обменного фосфора в агроценозах картофеля, сои и томата на 58, 44 и 15,4-34,2% (в зависимости от норм внесения). Аналогичная закономерность выявлена и по содержанию обменного калия. Внесение свекловичного жома и бардяного ила в норме 50 т/га в агроценоз картофеля способствовало увеличению урожайности соответственно на 32,8 и 47,6%. Установлена оптимальная норма внесения свекловичного жома в агроценоз томата, равная 75 т/га, при внесении которой урожайность культуры повышалась на 29,9%. Таким образом, изменение агрохимических свойств чернозема выщелоченного и повышение продуктивности изучаемых агроценозов наглядно подтверждают целесообразность использования свекловичного жома и бардяного ила в агроэкосистемах в качестве органического удобрения.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: вторичные ресурсы, свекловичный жом, бардяной ил, кислотность почвы, биогенные элементы, урожайность.

This article presents the results of research the purpose of which was to study the effect of food-industry waste (secondary raw material resources) on the functioning of agrocoenosis in the Central Chernozem Region. Field experiments were conducted in 2010-2014 on the territory of the «Agrotechnology» Educational Technical Research Centre of Voronezh State Agrarian University. The soil of the plot is the medium-textured low-humus heavy-loamy leached chernozem on heavy clay loess. The object of the research were potato agrocoenosis (variety Impala), soybean (variety Voronezhskaya 31), tomato (variety Novichok), secondary raw-material resources of food industry – beet pulp and distillery stillage. The wastes of interest were applied as an organic fertilizers at 50-100 t/ha into the agrocoenosis of potato, soybean and tomato. In the experiments the following preceding crops were used: buckwheat – potato; barley – soybean; winter wheat – tomato. Beet pulp and distillery stillage were applied into agrocoenosis in the fall under basic cultivation according to the schemes of the experiments. It was found that beet pulp and distillery stillage meet the requirements for wastes to be used as organic fertilizers. The main advantage of distillery stillage is high total nitrogen content, which is twice higher than that of beet pulp. The content of phosphorus and potassium in the studied wastes differed only slightly. The most significant acidification of leached chernozem soil solution and sustainable pH level maintenance are ensured by applying distillery stillage at 50 t/ha and beet pulp at 100 t/ha. Application of beet pulp compared to the control variant provides an increase in active solid phase phosphorus content in potato, soybean and tomato agrocoenosis by 58%, 44% and 15.4-34.2% (depending on application rates). A similar pattern was revealed with active solid phase potassium content.

Application of beet pulp and distillery stillage at the rate of 50 t/ha in potato agrocoenosis helped to increase the yield by 32.8% and 47.6%, respectively. It was determined that the optimum application rate for beet pulp in tomato agrocoenosis is 75 t/ha, which increased the crop yield by 29.9%. Thus, changes in the agrochemical properties of leached chernozem and increase in productivity of agrocoenosis under study obviously confirm the feasibility of applying beet pulp and distillery stillage as organic fertilizers of agricultural ecosystems. KEY WORDS: secondary resources, beet pulp, distillery stillage, soil acidity, biogenic elements, crop yield.

Агропромышленный сектор экономики представляет собой отходоёмкую отрасль. Выход основного продукта иногда составляет всего 15-30% от массы исходного сырья. Остальная часть, содержащая значительное количество ценных веществ, в данном производственном процессе не используется, переходит в так называемые отходы производства. Сбор, вывоз, захоронение или их переработка требуют больших материальных, финансовых и трудовых затрат. В настоящее время в России используется не более 28% от объема ежегодно образующихся отходов сельскохозяйственного производства [3, 6].

В связи с этим возрастает интерес к технологиям использования отходов в качестве источника ресурсов для производственной деятельности. Применение вторичных ресурсов пищевой промышленности в сельском хозяйстве является рациональным способом решения проблем загрязнения природной среды.

Свекловичный жом является основным видом побочной продукции свеклосахарного производства, представляющий собой обессахаренную свекловичную стружку, оставшуюся после извлечения из нее сахарозы диффузионным способом. Общий объем производства сырого свекловичного жома ежегодно составляет 31 млн 855 тыс. т, из них 17 млн 741 тыс. т. производят в Центрально-Черноземном регионе, что составляет 55,7% от всего сахарного производства в РФ [3].

Бардяной ил – отход спиртопроизводящих предприятий. Утилизация спиртовой барды в современных экологических условиях является одной из приоритетных задач, поскольку в соответствии с Федеральным законом РФ от 21.07.2005 102 – ФЗ «О государственном регулировании производства и оборота этилового спирта, алкогольной и спиртосодержащей продукции» сбрасывание барды в водоемы или канализацию, без предварительной переработки, запрещено. Данный закон гласит: «Эксплуатация основного технологического оборудования для производства спирта допускается только при условии внедрений оборудования, позволяющего полностью перерабатывать или утилизировать основные отходы спиртового производства (барду), и наличия положительного заключения государственной экологической экспертизы». Это положение вступило в силу 1 января 2009 г.

Объемы образования бардяного осадка достаточно велики, при среднем производстве спирта 10 т/сут. выход данного отхода составляет до 300 т. Такое количество сложно переработать, не имея комплексной и эффективной технологии [8].

Ведущим направлением использования бардяного ила и свекловичного жома является применение в рационах кормления крупного рогатого скота мясного и молочного направлений. Однако в последние десятилетия, в связи со значительным снижением поголовья скота, масштабы применения данных вторичных ресурсов значительно сократились [5, 6].

В настоящее время в качестве корма в свежем виде используют 35-40% свекловичного жома, и около 8 млн т оказываются невостребованными, вывозятся в отвал, что сопряжено с возникновением ряда экологических проблем. Что же касается бардяного ила, то, как показывают наблюдения, барда не способна к самоконсервированию. Гидролиз органического вещества проходит в анаэробных условиях, и через 2-3 месяца барда становится полностью непригодной для скармливания [5].

Значительно расширяет рынок сбыта свекловичного жома сушка и гранулирование, но в РФ пока еще не хватает производственных мощностей для переработки жома таким способом, а для их создания недостает средств. Потенциал выработки сушеного жома на свеклосахарных заводах России составляет лишь 510-650 тыс. т/год. Разрабатываемые

проекты применения свекловичного жома для получения пектина и пектиновых концентратов, пищевых добавок и др. имеют определенную инновационную привлекательность, но требуют значительных капиталовложений.

Что касается бардяного ила, то количество предприятий по его переработке в России составляет не более 10% от общего числа функционирующих предприятий по выработке спирта, а предлагаемые для переработки и утилизации барды технологии сами зачастую являются отходными и вызывают загрязнение окружающей среды.

Не нашли широкого распространения и технологические схемы переработки свекловичного жома и барды с получением биогаза в метантенках ни за рубежом, ни в России [5].

Исходя из вышесказанного разработка приемов использования данных вторичных сырьевых ресурсов является весьма актуальной, особенно для Центрального Черноземья.

Целью проводимых исследований являлось изучение воздействия свекловичного жома и бардяного ила, используемых в качестве органического удобрения, на агрохимические свойства чернозема выщелоченного и урожайность сельскохозяйственных культур.

Авторами проведены полевые и лабораторные опыты в 2010-2014 гг. Экспериментальная работа выполнена на кафедре агроэкологии Воронежского ГАУ им. императора Петра I. Полевые опыты были заложены на территории УНТЦ «Агротехнология».

Климат места проведения исследований – умеренно континентальный с неустойчивым увлажнением. Среднегодовая температура воздуха составляет +5,4°C, среднегодовая сумма осадков – 554 мм, из них на холодный период приходится 227 мм (41%) и на теплый – 327 мм (59%).

Почва опытного участка – чернозем выщелоченный среднесиловый малогумусный тяжелосуглинистый на лессовидном суглинке.

Объектами исследования являлись агроценозы картофеля (сорт Импала), сои (сорт Воронежская 31), томата (сорт Новичок), вторичные ресурсы пищевой промышленности – свекловичный жом и бардяной ил. Изучаемые культуры размещались по следующим предшественникам: гречиха – картофель; ячмень – соя; озимая пшеница – томат. Свекловичный жом и бардяной ил вносили в агроценозы осенью под основную обработку почвы согласно схемам опыта.

Опыты были заложены по методу расщепленных делянок, размещение вариантов – систематическое. Учетная площадь делянки – 3 м². Повторность – четырехкратная.

Химический анализ свекловичного жома и бардяного ила проводился по следующим методикам:

- влажность определяли гравиметрическим методом;
- содержание органического вещества – по методу сырой золы, калия – на пламенном фотометре, фосфора – ванадно-молибденным методом, общего азота – методом Кьельдаля;

- кислотно-щелочные свойства – потенциометрическим методом.

Образцы почвы отбирали согласно требованиям агроэкологического мониторинга [1].

Определение подвижных форм фосфора и калия в почве проводили по методу Чirikова в модификации ЦИНАО;

- рН солевой вытяжки – потенциометрическим методом;

- содержание общего азота – титриметрически [4, 5].

Статистическая обработка данных выполнена методом дисперсионного анализа [2].

В результате проведенных исследований установлено, что по показателям качества отходов производства, которые используют как органические удобрения, свекловичный жом и бардяной ил относятся к пятому классу опасности, и возможно их использование в качестве органического удобрения.

Анализ химического состава данных отходов показал, что по содержанию общего азота бардяной ил (4,02%) превосходит свекловичный жом (2,59%). В результате анализа

технологии спиртового производства установлено, что все полисахариды зерна подвергаются аэробному и анаэробному брожению, белковый компонент зерна, состоящий из 20 аминокислот, дезаминируется и сохраняется в барде. Так как в технологический процесс поступает в основном не целое зерно, а эндосперм, в барду переходит только небольшая часть фосфора и калия. Содержание фосфора в бардном иле составляет 1,22% и превышает свекловичный жом на 0,9%. По содержанию калия жом и ил несущественно различаются между собой – соответственно 0,82 и 0,69%.

Соотношение С : N у изучаемых отходов составляет примерно 12 : 1, что свидетельствует о более благоприятных условиях их разложения в почвенно-биотическом комплексе.

Содержание тяжелых металлов является одним из важнейших критериев экологической оценки качества отходов, используемых в качестве удобрения. В свекловичном жоме тяжелых металлов не обнаружено, а в бардном иле содержатся в количествах, не превышающих ПДК. Внесение тяжелых металлов с бардным осадком в почву будет являться скорее процессом минимальной компенсации их выноса с урожаем основной и побочной продукции.

Существенными недостатками свекловичного жома и бардяного ила являются влажность 84-88%, что затрудняет их равномерное внесение в агроценозы, и высокая кислотность 4,53-4,65. Следует отметить, что кислотность данных отходов обусловлена присутствием органических кислот, которые в почве, особенно при хорошей аэрации, быстро разлагаются с выделением углекислого газа (при декарбонизации) и аммиака (в процессе дезаминирования).

Реакция почвенного раствора является весьма важным свойством почвы. От нее зависят условия протекания процессов почвообразования и функционирования почв, а также рост и развитие растений и микроорганизмов. Поэтому введение новых удобрений или агротехнических приемов в агроценоз контролируется данным показателем.

В результате проведенных исследований установлено, что значительное понижение величины рН наблюдалось при внесении в агроценозы бардяного ила. Данный показатель перед посадкой картофеля составлял 4,82, что ниже контрольного варианта на 0,63 ед. В течение вегетации культуры значение рН оставалось на одном уровне, процесс подщелачивания отмечался только после уборки культуры – рН 5,21. Реакция почвенного раствора при внесении свекловичного жома снижалась до 5,05 ед. и восстанавливалась несколько быстрее, к окончанию вегетации культуры – 5,15, а через месяц после уборки картофеля – 5,38 (табл. 1).

Таблица 1. Реакция почвенного раствора чернозема выщелоченного (рН_{сол}), 2012-2014 гг.

Вариант	Сроки отбора проб			
	посадка картофеля	цветение картофеля	уборка картофеля	через месяц после уборки
Контроль	5,45	5,41	5,47	5,51
Свекловичный жом, 50 т/га	5,05	5,04	5,15	5,38
Бардяной ил, 50 т/га	4,82	4,90	4,90	5,21

Такая же закономерность изменения реакции почвенного раствора отмечалась при внесении свекловичного жома в агроценоз сои. Значение рН на контроле до посева сои составляло 5,4, при внесении свекловичного жома (50 т/га) – 4,9. Процесс подкисления наблюдался и в фазе ветвления культуры – 4,7. Однако к моменту созревания зерна процесс кислотообразования прекращался, и реакция почвенного раствора в данный период соответствовала контрольному значению.

Более длительный период кислотообразования и резко выраженное подкисление почвенного раствора наблюдались при размещении свекловичного жома в агроценозах томата в нормах 75-100 т/га. Кислотность почвы в период высадки томата в открытый грунт на контроле составляла 5,51 и понижалась до 4,84 с нормой внесения жома 75 т/га и до 4,69 с нормой 100 т/га. Такая реакция почвенного раствора с несущественными колебаниями сохранялась в течение всей вегетации культуры, и подщелачивание почвенного раствора отмечалось только к моменту уборки плодов томата. Определение данного показателя в сентябре показало, что на варианте с внесением жома в норме 75 т/га величина кислотности составляла 5,31, при норме жома 100 т/га – 5,28, при значении на контрольном варианте – 5,42 (табл. 2).

Таблица 2. Изменение обменной кислотности почвы под влиянием свекловичного жома в агроценозах томата (слой 0-20 см), 2010-2014 гг.

Варианты	Сроки сбора проб		
	высадка томата в открытый грунт	созревание плодов	после уборки
Контроль	5,41	5,44	5,42
Свекловичный жом, 50 т/га	5,14	5,16	5,36
Свекловичный жом, 75 т/га	4,84	4,96	5,31
Свекловичный жом, 100 т/га	4,69	4,64	5,28

Внесение изучаемых вторичных ресурсов в агроценозы оказало существенное влияние на содержание элементов питания в почве, что, несомненно, очень важно для роста, развития растений и формирования урожая сельскохозяйственных культур, а также функционирования почвенно-биотического комплекса.

Увеличение содержания биогенных элементов в агроценозе картофеля отмечалось как при внесении свекловичного жома, так и при использовании бардяного ила. Содержание подвижного фосфора в сравнении с контролем увеличивалось на 59 и 57%, а обменного калия – соответственно на 23 и 27%.

Содержание общего азота в большей мере увеличивалось при использовании бардяного ила – с 0,11% на контрольном варианте до 0,23%. Превышение относительно варианта с внесением свекловичного жома составляло 0,08% (табл. 3).

Таблица 3. Содержание элементов питания в агроценозе картофеля (фаза цветения), 2012-2014 гг.

Вариант	P ₂ O ₅ , мг/кг	K ₂ O, мг/кг	Нобщ, %
Контроль	142	74	0,11
Свекловичный жом, 50 т/га	224	95	0,19
Бардяной ил, 50 т/га	227	92	0,23

Такая же закономерность наблюдалась и при внесении свекловичного жома в норме 50 т/га в агроценозы сои. Относительно контроля увеличение подвижного фосфора в фазе первого тройчатого листа составляло 46,0% и в фазе цветения сои – 41,7%; содержание обменного калия увеличивалось соответственно на 32,3 и 12,5%.

Следует отметить, что содержание биогенных элементов в почве определяется как их содержанием в самих вторичных ресурсах, так и колебаниями реакции почвенного раствора под влиянием свойств данных отходов.

Так, увеличение содержания подвижного фосфора прежде всего связано с тем, что при подкислении почвенного раствора, которое наблюдается при внесении в агроценозы

свекловичного жома и бардяного ила, двухзамещенные соли двухвалентных катионов фосфора растворяются и становятся доступными для растений.

Благоприятные условия для обменного калия создаются тогда, когда реакция почвенного раствора существенно меняется в течение небольшого промежутка времени. При этом в большей мере обменный калий накапливается в том случае, когда реакция почвенного раствора слабокислая.

Установлено, что в агроценозе томата повышение нормы свекловичного жома приводит к закономерному увеличению содержания подвижного фосфора. Так, при внесении 50 т/га превышение относительно контроля составляло 5,4%, 75 т/га – 30,2%, 100 т/га – 34,2% относительно контрольного варианта.

Существенное увеличение содержания обменного калия отмечалось на вариантах с нормами внесения 50-75 т/га – соответственно на 30,8 и 41,1%. Использование свекловичного жома в норме 100 т/га слабо отразилось на содержании обменного калия, превышение относительно контроля составляло 7,3%. Вероятно, что при увеличении органического вещества в почве при внесении свекловичного жома в норме 100 т/га и понижении кислотности почвы до 4,64 происходит закрепление калия в необменной форме.

Содержание азота при внесении в агроценозы свекловичного жома увеличивалось в зависимости от нормы внесения с 0,17% на контроле до 0,30% на варианте с внесением жома – 100 т/га (табл. 4).

Максимальный урожай картофеля был получен на варианте с внесением бардяного ила 20,9 т/га, превышение относительно контроля – 47,6%. При использовании свекловичного жома урожайность картофеля в сравнении с контролем увеличивалась на 32,8% (НСР_{0,95} (2012 г.) – 1,8 т; НСР_{0,95} (2013 г.) – 2,1 т; НСР_{0,95} (2014 г.) – 2,7 т).

Таблица 4. Влияние свекловичного жома на содержание в почве биогенных элементов в агроценозе томата (фаза цветения), 2010-2014 гг.

Вариант	P ₂ O ₅ , мг/кг	K ₂ O, мг/кг	Нобщ, %
Контроль	149	68	0,17
Свекловичный жом, 50 т/га	172	89	0,25
Свекловичный жом, 75 т/га	194	96	0,27
Свекловичный жом, 100 т/га	200	73	0,30

При внесении свекловичного жома в норме 50 т/га в агроценоз сои ее урожайность составляла 19,4 ц/га, что превышало контроль на 22,8% (НСР_{0,95} (2010 г.) – 0,9 ц; НСР_{0,95} (2011 г.) – 0,6 ц).

Внесение свекловичного жома в разных нормах способствовало получению достоверной прибавки урожая томата: так, урожайность культуры при норме внесения свекловичного жома 50 т/га составила 16,7 т/га, при норме 75 т/га – 20,4 т/га и при 100 т/га – 17,6 т/га, превышение над контролем составляло соответственно 6,8; 29,9 и 12,1% (табл. 5).

Таблица 5. Влияние свекловичного жома на урожайность томата, 2010-2014 гг.

Вариант	Урожайность, т/га
Контроль	15,9
Свекловичный жом, 50 т/га	16,7
Свекловичный жом, 75 т/га	20,4
Свекловичный жом, 100 т/га	17,6
НСР _{0,95}	1,2-2,4

Таким образом, свекловичный жом и бардяной ил, используемые в качестве органического удобрения, оказывают значительное воздействие на реакцию почвенного раствора, изменение которой носит кратковременный характер и зависит от норм внесения данных отходов. Внесение в агроценозы вторичных ресурсов обеспечивает увеличение содержания в почве общего азота, подвижного фосфора и обменного калия, что, в свою очередь, благоприятно сказывается на урожайности изучаемых культур.

Применение бардяного ила и свекловичного жома в качестве органического удобрения важно рассматривать не только как восполнение отчужденных из почв питательных веществ, но и как необходимость утилизации данных отходов без ущерба для окружающей среды.

Список литературы

1. Ашихмина Т.Я. Экологический мониторинг / Т.Я. Ашихмина. – Москва : Академический Проект, 2005. – 416 с.
2. Доспехов Б.П. Методика полевого опыта / Б.П. Доспехов. – Москва : Мир, 1985. – 304 с.
3. Мищенко В.Я. Использование вторичных ресурсов сахарных заводов / В.Я. Мищенко, Е.М. Кувардина, О.Г. Локтионова, Д.А. Фролова // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: техника и технологии. – Курск, 2012. – № 2. – Ч. 1. – С. 274-277.
4. Муха В.Д. Практикум по агропочвоведению / В.Д. Муха, Д.В. Муха, А.Л. Ачкасов. – Москва : КолосС, 2010. – 367 с.
5. Опытное дело в полеводстве. – Москва : Россельхозиздат, 1982. – 190 с.
6. Пахненко Е.П. Осадки сточных вод и другие нетрадиционные органические удобрения : учеб. пособие / Е.П. Пахненко. – Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. – 311 с.
7. Проколова Л.В. Воздействие фильтрационных осадков на функционирование почвенно-биотического комплекса чернозема выщелоченного / Л.В. Проколова, Е.А. Коноплина // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2011. – Вып. 1 (28). – С. 31-36.
8. Рециклинг отходов в АПК : справочник ; под ред. Ю.А. Кузнецова, В.И. Панферова. – Москва : ФГБНУ «Росинформагротех», 2011. – 296 с.
9. Цагараева Э.А. Биологический рециклинг отходов спиртовой промышленности / Э.А. Цагараева, С.А. Бекузарова // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2013. – Т. 50. – № 1. – С. 309-314.