

На правах рукописи

Гукалов Виктор Владимирович

ВЛИЯНИЕ СЛОЖНЫХ ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНЫХ КОМПОСТОВ НА
СВОЙСТВА И ПРОЦЕССЫ В СИСТЕМЕ ПОЧВА-РАСТЕНИЕ НА
ОБЫКНОВЕННОМ ЧЕРНОЗЕМЕ,
РАЗВИТИЕ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ПОСЕВОВ КУКУРУЗЫ

06.01.04 – агрохимия

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Москва – 2015

Работа выполнена на кафедре общей биологии и экологии ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный аграрный университет» МСХ РФ.

Научный руководитель: доктор биологических наук, профессор
Белюченко Иван Степанович

Официальные оппоненты: **Касатиков Виктор Александрович**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБНУ «Всероссийский НИИ органических удобрений и торфа», отдел технологий производства органических удобрений и торфа, ведущий научный сотрудник
Степанова Лидия Павловна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет», кафедра земледелия, профессор

Ведущая организация: ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»

Защита диссертации состоится «__» «_____» 2016 года в 14 часов на заседании диссертационного совета Д.006.029.01 при ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова» по адресу: 127550, г. Москва, ул. Прянишникова, 31а.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБНУ «Всероссийский НИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова» и на сайте: <http://vniia-pr.ru/zashita/gukalov.htm>

Автореферат разослан «__» «_____» 2016 года

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенных печатью учреждения, просим направлять по адресу: 127550, г. Москва, ул. Прянишникова, д. 31а, учёному секретарю диссертационного совета.

E-mail: dissovet_vniia@mail.ru

**Ученый секретарь
диссертационного совета**

Никитина Любовь Васильевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы

Чернозем обыкновенный, занимающий северные районы Краснодарского края, выделяется невысоким содержанием органического вещества и элементов минерального питания. В связи с недостатком в последние 20 лет органических удобрений и потерей гумуса в почвах при интенсивном сельскохозяйственном использовании, содержание питательных веществ заметно снижается. В настоящее время ведутся поиски путей оптимизации агрономических свойств чернозема обыкновенного для повышения продуктивности сельскохозяйственных культур. Состояние чернозема оценивается по продуктивности сельскохозяйственных культур, и, в частности, кукурузы. В Краснодарском крае она является важнейшей культурой в структуре севооборота многих хозяйств.

Для получения высокого урожая кукурузы необходимо использовать органоминеральные удобрения, положительно влияющие на свойства почвы, ее водный и воздушный режимы, жизнедеятельность почвенной флоры и фауны. Перспективным направлением технологии выращивания кукурузы на черноземе обыкновенном является использование сложных компостов, включающих отходы животноводства, растениеводства и промышленности.

Цель и задачи исследований

Основной целью исследований явилось изучение влияния сложного компоста на свойства пахотного слоя чернозема обыкновенного, рост, развитие и урожайность кукурузы.

В задачи исследований входило: 1) определение особенности влияния сложного компоста на агрофизические и агрохимические свойства чернозема обыкновенного; 2) оценка влияния сложного компоста на морфолого-анатомические и физиолого-биохимические особенности развития растений кукурузы и ее урожайность; 3) оценка влияния сложного компоста на свойства и процессы в системе почва-растение; 4) разработка алгоритма создания сложных компостов с заданными свойствами для оптимизации состояния почв; 5) определение экономической целесообразности использования сложного компоста при выращивании кукурузы на зерно.

Научная новизна результатов работы

Впервые на черноземе обыкновенном Западного Предкавказья в условиях полевого опыта дана комплексная оценка влияния сложного компоста на основе полуперепревшего навоза КРС, фосфогипса и отходов растениеводства, по сравнению с применением только минеральных и органических удобрений, на агрофизические, агрохимические и биохимические свойства чернозема обыкновенного, особенности роста, развития растений кукурузы и ее урожайность. Установлено влияние сложного компоста на свойства и процессы в системе почва-растение для выбранных объектов исследования.

Практическая значимость работы

Практическую ценность работы представляют результаты исследований, позволяющие рекомендовать сельскохозяйственным предприятиям научно обоснованные элементы технологии возделывания кукурузы на зерно с применением, в качестве удобрения, сложного компоста, обеспечивающего

поддержание почвенного плодородия и высокую продуктивность посевов кукурузы на зерно.

Материалы исследований используются в учебном процессе в Кубанском государственном аграрном университете при изучении курсов «Общая экология», «Экологический мониторинг» и «Агрolandшафтная экология», «Агрохимия».

Основные положения, выносимые на защиту

1. Изменение агрофизических, агрохимических и биологических свойств чернозема обыкновенного в зависимости от применяемых удобрений (минеральных, органических и сложного компоста)

2. Особенности роста, развития растений кукурузы, формирования ими базальной зоны, анатомическое строение стеблей, продуктивность посевов кукурузы на зерно при применении сложного компоста

3. Экономическая целесообразность использования сложного компоста и рентабельности при выращивании кукурузы на зерно

4. Алгоритм создания сложных органоминеральных удобрений из заданного купажа исходных продуктов при использовании их на разных типах почв и в зависимости от степени окультуренности

Публикации

По материалам диссертационной работы опубликованы 17 научных работ, в т.ч. 4 в изданиях, рекомендованных ВАК, получены 2 патента на удобрения.

Апробация работы

Результаты исследований представлены на I, II, III научных конференциях «Проблемы рекультивации отходов быта, промышленности и сельскохозяйственного производства» (Краснодар, 2009, 2010, 2013), Московском международном салоне изобретений и инновационных технологий «Архимед» (Москва, 2011), съезде экологов России (Москва, 2011, 2012), Международной выставке «Экология юга России / ECOS» (Краснодар, 2012).

Реализация результатов исследований

Научные разработки по теме диссертации апробированы на площади 400 га в ОАО «Заветы Ильича» Ленинградского района Краснодарского края. Урожайность кукурузы на зерно составила 95,0 ц/га.

Объем и структура диссертации

Диссертация состоит из введения, 5 глав, выводов и предложений производству, изложена на 162 страницах машинописного текста, содержит 37 таблиц и 11 рисунков. Список использованной литературы включает 190 наименований из них 17 иностранных. Приложение включает 10 таблиц.

Личный вклад автора

Автору принадлежит 80% вклада в теоретическую и экспериментальную часть выполненной работы, включая разработку программы, методики исследований, закладку и проведение лабораторных, вегетационных и полевых опытов. Им выполнен весь объем аналитических исследований, статистически обработаны результаты экспериментов, сделаны выводы и обоснованы теоретические положения.

Автор выражает глубокую благодарность научному руководителю доктору биологических наук Белюченко И.С. и всему коллективу кафедры общей

биологии и экологии ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный аграрный университет» за советы и помощь при выполнении научно-исследовательских работ и обработке экспериментального материала.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1 Обзор литературы

Изучению влияния органно-минеральных компостов на свойства и биопродуктивность угодий посвящено значительное количество работ (Белюченко И.С., 2009; Васильев В.А., 1988; Ганжара Н.Ф., 2001; Дабахова Е.В., 2004; Инишева Л.И., 2000; Когут В.М., 2003; Кершенс М., 1998; Лыков А.М., Марков И.Н., 1997; Мерзлая Г.Е., Афанасьев Р.А., 2005; Мерзлая Г.Е., 2006; Надежкин С.М., 2005; Наумова Г.В., 1987; Орлов Д.С., 1996; Савич В.И., 2001; Сидоренко О.Д., 2009; Седых В.А., 2013; Титова В.И., 2004; Титлянова А.А., 1991; Шевцова Л.К., 1989; Касатиков В.А., 2012; Демин В.А., 1981; Воронина Л.В., 2012 и др.).

Дается аналитический обзор литературных источников по изучаемой проблеме, проанализированы требования кукурузы к плодородию почвы. Приводятся результаты исследований влияния компостов на развитие и продуктивность кукурузы. В завершении обзора литературы сформулированы основные направления исследований.

Глава 2 Объекты исследования

Объектом исследования выбраны карбонатные малогумусные, мощные глинистые черноземы. Содержание гумуса в почвах составляет 3,5-4,0%, уменьшаясь на глубине 150 см до 0,7%. Запасы органических веществ составляют 500-600 т/га, рН почв 7,5-8,2; содержание физической глины – 60-70%. Плотность верхнего горизонта почвы в среднем 1,3 г/см³, удельная масса твердой фазы почвы – 2,6 г/см³, порозность – 45-50%, коэффициент структурности колеблется в пределах 1,5-2,3.

По полученным данным, содержание органического вещества, подвижных форм Са, Mg, К было выше в более мелких фракциях (1-0,25 мм) и ниже в более крупных фракциях (10-5 мм) соответственно: содержание органического вещества 6,1±1,0% и 2,4±0,6%; Са - 28,1±3,3 мг/л и 20,8±4,2; Mg – 14,8±1,5 и 12,3±0,2; К – 72,5±1,8 и 67,4±1,6 мг/л. При этом во фракциях > 10 мм и < 0,25 содержание органического вещества составляло 1,0 и 8,6%; Са – 9 и 12 мг/100 г; Mg – 6 и 7 мг/100 г почв.

Глава 3 Методика исследования

Исследования свойств почв проводили в полевых и лабораторных условиях. Постановку модельных и полевых опытов, статистическую обработку полученных данных и вычисление корреляционных и регрессионных взаимосвязей проводили для системы почва-растение в вариантах с применением минеральных и органических удобрений, сложных компостов.

Полевой опыт проводился в ОАО «Заветы Ильича» Ленинградского района Краснодарского края с 2008 по 2013 гг. Опыт включал 3 варианта опыта: 1) контроль – минеральные удобрения N₆₀; 2) полуперепревший навоз КРС (25 т) + N₆₀; 3) сложный компост. Повторность опыта 4-кратная; форма делянок

удлиненная, размещение вариантов рендомизированное. Площадь делянки 5000 м² (50 × 100 м).

Сложный компост составлен из полуперепревшего навоза КРС (25 т), фосфогипса (3,5 т) и растительных остатков (4 т/га): послеуборочных остатков подсолнечника, сахарной свеклы, отходов кормления животных, отходов очистки зерна, древесных опилок в соотношении 7,0:1,5:1,0 + N₆₀. Компостирование отходов проводили в весенне-летний период в течение 4,0-4,5 месяцев.

Чередование культур в полевом опыте в годы исследований было следующим: кукуруза (2008 г.) – озимая пшеница (2009 г.) – сахарная свекла (2010 г.) – кукуруза (2011 г.) – озимая пшеница (2012 г.) – кукуруза (2013 г.). При выращивании сахарной свеклы участок пахали на глубину 25-30 см и вносили минеральные удобрения в дозе N₈₀P₂₅K₂₀. Производственный опыт проводили по вариантам: 1) контроль – минеральные удобрения (N₆₀); 2) полуперепревший навоз КРС (50 т/га) + N₆₀; 3) сложный компост, состоящий из полуперепревшего навоза КРС (50 т/га), фосфогипса (7 т/га) и растительных остатков (8 т/га), включающих счёт кормовых отходов с фермы и после очистки семян, отходы с площадок хранения зерна и сахарной свеклы, солому ячменя и шляпки подсолнечника общей массой, а также 60 кг д.в. N. Площадь каждого варианта составила 68 га, площадь опыта – 408 га.

Отбор почвенных образцов в полевом и производственном опытах проводился после завершения вегетации культур по диагонали методом «конверта» с глубины пахотного слоя (0-20 см). В образцах определяли содержание гумуса методом Тюрина в модификации ЦИНАО; содержание общего азота по методу Кьельдаля; нитратного азота ионометрическим методом; амизмонийного азота по методике ЦИНАО; подвижного фосфора методом Мачигина в модификации ЦИНАО; кальция трилонометрическим методом в водной вытяжке; содержание сульфатов турбидиметрическим методом в водной вытяжке; рН водной суспензии электрометрическим методом; полевую влажность термостатно-весовым методом; плотность сложения методом режущего кольца объемом 50 см³; плотность твердой фазы пикнометрическим методом; гранулометрический и микроагрегатный состав по методу Качинского; общая пористость определена по Качинскому. В зерне кукурузы определяли общий азот и протеин, общий фосфор, калий, кальций, серу, нитраты, фториды и стронций (Минеев В.Г. «Практикум по агрохимии», 2001).

Численность микроорганизмов оценивали методом посева разведений почвы на плотные и жидкие питательные среды (МПА, КАА, ГА, Виноградского, Чапека). Проведено изучение анатомического строения стебля кукурузы (Паламарчук, Веселова, 1969).

В образцах модельного опыта определено содержание NO₃, CO₂, соотношение функциональных групп органического вещества по данным ИК спектроскопии, изменение в динамике содержания водорастворимых Ca, K, Fe, рН, Eh, содержание кислотно-растворимых форм катионов. Проведено изучение структуры почв методом сухого просеивания и определение содержания органического вещества, подвижных форм Ca, Mg, K в вытяжке CH₃COONH₄ в

структурных отдельностях разного размера (Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А., 1986).

Статистическая обработка результатов исследований проводилась при помощи компьютерной обработки данных в программах Microsoft Office Excel. Достоверность различий в средних значениях показателей в сопоставляемых вариантах оценивалась по t-критерию Стьюдента на 5% уровне значимости.

Взаимосвязи содержания ионов в системе почва-растение оценивали по 15 формулам парной корреляции по программе кафедры статистики РГАУ-МСХА им. К.А.Тимирязева.

Глава 4 Экспериментальная часть

4.1 Изменение свойств и процессов почв при внесении в них органо-минеральных сложных компостов

4.1.1 Влияние сложного компоста на агрофизические свойства чернозема обыкновенного в посевах кукурузы

Внесение сложного компоста в верхний горизонт почвы существенно влияет на ее физические свойства. В полевом опыте в гранулометрическом составе содержание физической глины на контроле колеблется от 55,3 до 60,0%, а содержание частиц < 0,005 мм, влияющих на плодородие и структуру почвы – от 44,9 до 47,4%. В производственном опыте при внесении сложного компоста содержание физической глины составило $58,7 \pm 1,6$, а в контрольном варианте – $53,1 \pm 1,6\%$, что связано с увеличением содержания ила.

В производственном опыте выявлено хорошее агрегатное состояние почвы ($K_{ст} > 1,5$); использование сложного компоста повышало долю агрономически ценных агрегатов по сравнению с контролем на 9,5%. Статистически достоверные значения изменения плотности сложения почвы свойственны для варианта с внесением сложного компоста (от 1,1 до 1,2 г/см³). В 1-ый год исследования (2008 г.) плотность почвы на контроле была заметно выше (на 5%), чем при внесении сложного компоста. Аналогичная ситуация отмечена и в последующие годы: плотность почвы с внесением сложного компоста в 2009 году снизилась на 4,3, в 2010 – на 4,0, в 2011 – на 5,0%, по сравнению с контролем; соответственно увеличилась общая пористость почвы. Таким образом, в производственном опыте внесение сложного компоста оказало положительное влияние на плотность почвы, ее порозность и влагоемкость.

4.1.2 Влияние сложного компоста на агрохимические свойства чернозема обыкновенного в посевах кукурузы

Полевые исследования показали, что на контрольных участках содержание общего азота варьирует в пределах $0,2-0,4 \pm 0,01\%$, а с внесением сложного компоста – $0,3-0,5 \pm 0,01\%$ (таблица 1). Количество органического вещества в почве со сложным компостом превышает этот показатель в контрольном варианте на 0,4–0,5%. При внесении сложного компоста происходит своего рода консервация азота в аммонийной форме, снижаются его потери, вызываемые денитрификацией и вымыванием нитратов. Выявлено увеличение содержания подвижного фосфора в опытном варианте в среднем на 15-20% по сравнению с контрольными участками. Применение сложного компоста привело к некоторому изменению реакции почвенной среды с $7,1 \pm 0,1$ до $7,4 \pm 0,2$, а на контроле – с

7,9±0,1 (2009 г.) до 8,3±0,2 (2013). Отмечено повышение в верхнем слое почвы содержания кальция на 0,1 и серы на 0,4%.

Таблица 1 – Влияние сложного компоста на агрохимические свойства чернозема обыкновенного, полевой опыт

Год исследования	Вариант	Гумус, %	N _{общ.} , %	P ₂ O ₅ , мг/кг	pH
2008	контроль	3,8±0,1	0,2±0,01	25,5±0,5	8,1±0,2
	сложный компост	4,1±0,1	0,3±0,01	43,5±1,2	7,4±0,2
2009	контроль	4,1±0,1	0,4±0,01	30,9±1,3	7,9±0,1
	сложный компост	4,5±0,1	0,4±0,01	53,0±1,8	7,1±0,1
2010	контроль	3,5±0,1	0,3±0,01	30,3±0,8	8,1±0,2
	сложный компост	4,0±0,1	0,4±0,01	44,9±1,0	7,2±0,1
2011	контроль	3,9±0,1	0,4±0,01	29,7±1,1	8,1±0,1
	сложный компост	4,2±0,1	0,4±0,01	50,4±1,6	7,3±0,1
2012	контроль	3,8±0,1	0,4±0,01	32,1±1,2	8,1±0,1
	сложный компост	4,1±0,1	0,4±0,01	49,6±1,5	7,3±0,1
2013	контроль	3,5±0,1	0,3±0,01	26,4±1,3	8,3±0,2
	сложный компост	4,0±0,1	0,4±0,01	45,3±1,5	7,3±0,1

Формирование микробсообществ в посевах кукурузы в зависимости от применяемой системы удобрений

Влияние сложного компоста прослеживается и по влиянию на микробсообщества при его внесении в полевом опыте под посев кукурузы. Количество нитрифицирующих бактерий отчетливо просчитывается уже при 3-ем разведении раствора. Значительное влияние на сдерживание процесса денитрификации азота оказывает именно сложный компост. Внесение сложного компоста способствует консервации азота в аммонийной форме, сокращает его потери в связи с ослаблением процессов денитрификации, вымывания нитратов и превращения его в свободный азот; повышается уровень использования почвенного азота растениями кукурузы, что положительно влияет на формирование надземной и корневой биомассы посевов.

На участках полевого опыта из почв было выделено большое количество различных групп микроорганизмов: аммонификаторов, амилолитиков, нитрификаторов, олиготрофов, актиномицетов, микромицетов, азотфиксирующих и целлюлозоразрушающих (таблица 2). Сравнительный микробиологический анализ почв показал, что в почвах полей опыта доминирующее положение занимает прокариотный комплекс, его количество на несколько порядков превышает численность микроскопических грибов.

Таблица 2 – Изменение численности эколого-трофических групп микроорганизмов в посевах кукурузы, полевой опыт

Вариант	Аммонификаторы, *10 ⁷ КОЕ/г	Амилолитики, *10 ⁶ КОЕ/г	Активность Микрофлоры, %		Нитрификаторы, титр	Олиготрофы, *10 ⁵ КОЕ/г	Микромицеты, *10 ³ КОЕ/г
			азотфиксирующей	целлюлозоразрушающей			
контроль	16,0	7,0	95,8	94,6	10 ⁻⁵	34,0	6,0
сложный компост	24,0	18,0	99,0	98,5	10 ⁻³	38,0	10,0

Численность сапротрофных микроорганизмов на полях с внесением сложного компоста достигает $2,4 \cdot 10^8$ КОЕ/г по сравнению с $1,6 \cdot 10^8$ КОЕ/г без его внесения. Наиболее часто встречались представители следующих родов: *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Xanthomonas*, *Agrobacterium*, *Clostridium*. Среди амилотических микроорганизмов в анализируемых почвенных системах наиболее часто встречались бактерии и актиномицеты, представители родов *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Xanthomonas*, *Micrococcus*, *Streptomyces*, *Nocardia*.

В полевом опыте наблюдается различная интенсивность процесса нитрификации: без сложного компоста процесс нитрификации в почве протекает более интенсивно (титр равен 10^{-5}), при его внесении титр нитрифицирующих бактерий отмечен на уровне 10^{-3} . Следовательно, сложный компост существенно ингибирует развитие нитрифицирующих бактерий.

Целлюлозоразрушающие комплексы на изучаемых посевах кукурузы представлены в почве в основном родами *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Cellulomonas*, *Cytophaga*, *Streptomyces*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Trichoderma*, *Alternaria*. В вариантах опыта наблюдается различная активность целлюлозоразрушающих микроорганизмов. Интенсивнее процессы целлюлозоразрушения протекают при внесении в почву сложного компоста.

Численность почвенной мезофауны в посевах кукурузы в зависимости от применяемой системы удобрений

Сложный компост заметно влияет на трансформацию органического вещества и процессы нитрификации в почве, что положительно сказывается на сообществе мезофауны корнеобитаемого слоя в посевах кукурузы (таблица 3).

Отмечено, что при внесении в почву сложного компоста происходит увеличение численности представителей таких семейств, как *Julidae* (кивсяки), *Lumbricomorpha* (дождевые черви) и *Enchytraeidae* (энхитреиды). Представители семейства *Julidae* (кивсяки) в основном были обнаружены в варианте с внесением сложного компоста - $28,6 \pm 5,3$ экз./м², тогда как в варианте с полуперепревшим навозом КРС данный показатель составил всего $10,2 \pm 2,7$, а при использовании только азотных удобрений – $6,8 \pm 1,8$ экз./м². Численность энхитреид на участке внесения сложного компоста достигала $84,6 \pm 8,6$ экз./м², тогда как на контроле (минеральные удобрения) всего $15,2 \pm 3,8$.

Таблица 3 – Влияние сложного компоста на таксономический состав почвенной мезофауны, экз./м² (полевой опыт, 2008 г.)

Мезофауна	Вариант		
	контроль	полуперепревший навоз КРС	сложный компост
отряд Coleoptera (жесткокрылые)	25,0	83,0	225,0
отряд Diptera (двукрылые)	12,5	13,0	5,0
класс Olygochaeta (дождевые черви)	37,5	116,0	200,0
класс Muriaropoda (многоножки)	-	5,0	12,5
подкласс Pterygota (крылатые)	112,5	121,0	162,5
Всего	187,5	338,0	650,0

4.1.3 Изменение математических взаимосвязей между свойствами почв при внесении сложных компостов

Все свойства почв взаимосвязаны друг с другом, и изменение одного показателя состояния почв влияет на другие показатели. Так, по полученным данным, зависимость структурного состояния почв от содержания органического вещества, pH и содержания подвижных фосфатов описывалась следующим уравнением:

$Y = -0,99 + 0,68Г + 0,08рН + 0,01P_2O_5$; $r = 0,69$; $F = 4,3$, т.е. структурное состояние почв прямо пропорционально зависело от содержания органического вещества и в меньшей степени от pH среды и содержания подвижных фосфатов.

Зависимость пористости почв от структурного состояния и содержания органического вещества определялась следующей зависимостью:

$Y = 11,03 + 8,8 КС + 3,3Г$, $r = 0,32$, т.е. пористость почв в большей степени зависела от структуры почв и в меньшей от содержания органического вещества.

Внесение в почву компоста привело к улучшению физико-химических свойств почв (таблица 4).

Таблица 4 – Изменение физико-химических и агрохимических свойств черноземов при внесении органических удобрений

Вариант	Органическое вещество, %	N _{Общ} , %	P ₂ O ₅	pH	C/N
контроль + N ₆₀	3,7±0,1	0,33±0,02	29,1±1,1	8,1±0,1	6,7
+ навоз	3,8±0,1	0,33±0,01	36,9±1,7	8,1±0,1	6,8
+ компост	4,2±0,1	0,40±0,01	47,8±1,5	7,3±0,1	6,2

*) под кукурузу, пшеницу, сахарную свеклу

Внесение в почву компоста привело к изменению влажности почв (таблица 5).

Таблица 5 – Изменение влажности и полной влагоемкости пахотного слоя чернозема при внесении в него навоза и сложного компоста *

Вариант	Влажность, %	Полная влагоемкость, %
контроль – N ₆₀	22,5±0,6	38,0±0,5
+ навоз	23,5±0,6	43,6±0,6
+ компост	25,8±0,9	46,7±0,7

*) под кукурузой, пшеницей и сахарной свеклой

Значимые изменения произошли при внесении компоста и в структурном состоянии почв (таблица 6).

Таблица 6 – Структурный анализ пахотного слоя обыкновенного чернозема при внесении удобрений

Вариант	Размер агрегатов в мм и их содержание в %					
	> 10	5-2	2-1	1-0,5	< 0,25	K _{СТ}
контроль N ₆₀	23,7±1,0	16,1±0,8	15,5±0,6	11,6±0,5	4,8±0,5	2,5±0,4
N ₆₀ + навоз	22,0±0,9	15,5±0,8	16,8±0,9	13,0±0,5	4,1±0,5	2,8±0,1
N ₆₀ + компост	21,4±0,5	16,3±0,6	18,8±0,4	15,0±0,7	3,4±0,1	3,0±0,1

*) под кукурузу, озимую пшеницу и сахарную свеклу

Внесение компоста привело к уменьшению плотности почвы от 1,3±0,01 до 1,1±0,01 г/см³ и к увеличению пористости от 47,2±0,4% до 53,1±0,6%.

4.1.4 Изменение почвенных процессов при внесении в почву сложных компостов

Внесение в почвы сложных компостов приводит, как к изменению рН, содержания биофильных элементов и токсикантов в почвах, так и к поступлению дополнительного количества субстрата и энергии для развития микрофлоры и микрофауны. При этом, в связи с новыми условиями питания, изменяется состав микрофлоры, что сопровождается изменением условий разложения растительных остатков, органических удобрений и трансформации соединений ионов в почвах. Таким образом, при внесении в почву сложных компостов в системе «компосты – почва – микроорганизмы» проявляются прямые и обратные взаимосвязи.

В проведенном нами модельном опыте при внесении в изучаемые почвы отходов моркови, свеклы, картофеля, золы, табака, соломы злаков отмечалось поэтапное изменение свойств почв, изменение органического вещества почв, идентифицируемое по соотношению ароматических и алифатических группировок на инфракрасных спектрах образцов.

По данным полевого опыта в течение 3-х лет при внесении в почвы компоста, по сравнению с контролем, под посевами кукурузы отмечалось увеличение содержания органического вещества на 13,5%, N общего – на 21,2%; P₂O₅ подвижного – на 64,6%; полной влагоемкости – на 22,9%; а также увеличение количества дождевых червей – на 433%, целлюлозоразлагающих бактерий – на 4,1%. При этом содержание нитрификаторов изменилось от $n \cdot 10^{-5}$ до $n \cdot 10^{-3}$ КОЕ/г, количество сапрофитных бактерий – от $1,6 \cdot 10^8$ до $2,4 \cdot 10^8$ КОЕ/г, количество аммонификаторов – от $16 \cdot 10^7$ КОЕ/г до $24 \cdot 10^7$ КОЕ/г.

4.2. Изменение процессов в системе почва-растение при внесении в почвы органо-минеральных удобрений

При внесении сложного компоста под посевы кукурузы или в результате его последствия в 5-польном севообороте было установлено, что эта культура активно реагирует на улучшение условий питания верхнего слоя почвы, особенно это касается начального роста растения: формирование его базальной зоны, развитие корневой системы, строение стебля, продолжительность вегетации и т.д.

4.2.1 Формирование базальной зоны растений кукурузы

Содержание сухого вещества в период формирования базальной зоны у растений кукурузы изменяется по фазам развития и зависит, прежде всего, от запаса питательных веществ. На контроле общая масса растений с завершением формирования базальной зоны уступала почти в 3 раза растениям в варианте с внесением сложного компоста. При этом масса надземных органов была больше, чем в контрольном варианте, в 2,5 раза. Если площади пластинок первых двух листьев у обоих вариантов были близки ($1-1,4 \text{ см}^2$), то разница уже у 6-го листа оказалась весьма заметной (на контроле 12,4, а в варианте со сложным компостом – $27,8 \text{ см}^2$). Минеральные удобрения влияли на формирование листовых пластинок, особенно в фазе первых 3 листьев; начиная с 4-го листа размеры пластинок, а с 3-го листа и длина влагалища уступали варианту со сложным компостом. В варианте со сложным компостом площади листьев до фазы 3-го листа мало варьировали, но, начиная с 4-го листа, различия в вариантах становились заметными, и в фазе 5-го листа при внесении сложного компоста

площадь листьев уже почти в 1,8, а в фазе 6-го в 2,8 раза была больше, чем в контрольном варианте.

Поверхность корней кукурузы интенсивно увеличивается при внесении сложного компоста по сравнению с контролем. Начиная с 5-го листа, темпы прироста поглощающей поверхности корней на контроле снижаются, а в опытном варианте повышаются. В фазе 4-го листа на контроле резко возрастает доля недействительной поверхности корней, а показатель рабочей поверхности падает. Таким образом, растения кукурузы, выращенные при внесении минеральных удобрений и сложного компоста, заметно выделяются формированием базальной зоны растений.

Физиолого-биохимические особенности формирования базальной зоны кукурузы

Проведенные исследования показывают, что внешние изменения у растений сопровождаются существенной перестройкой внутренних физиологических процессов, включая интенсивность дыхания отдельных органов растений: листья отличаются высокой интенсивностью дыхания в фазе первых 2 листьев, в фазе 3-4 листьев этот показатель снижается, а в фазе 5-6 листьев снова усиливается. Интенсивность дыхания корней наиболее высокая в ранние фазы, а к фазе 5-6 листьев резко снижается, что, вероятно, связано с увеличением доли недействительных корней, которые выполняют механическую и проводящую функции. Особое положение в организме занимает базальная зона, интенсивность дыхания которой варьирует в весьма широких пределах (от 34 - в фазу 1-2 листьев до 530 мл $\text{CO}_2/\text{г}$ сырой массы - в фазу 5-го листа, когда у растений начинается активный рост). В надземных структурах растений кукурузы содержание общего азота в варианте со сложным компостом снизилось с 5,4 мг в фазе 1-го листа до 1,7 мг в фазе 6-го листа, а на контроле - соответственно с 3 до 1,4 мг.

4.2.2 Влияние сложного компоста на анатомическое строение стебля кукурузы, биометрические и биологические показатели

В анатомических срезах стеблей кукурузы в производственном опыте (2011 г.) одинаковыми были такие показатели, как количество рядов клеток склеренхимы под эпидермисом (2-3 ряда); количество сосудов ксилемы закрытых коллатеральных проводящих пучков (от 4 до 8). В то же время, растения во всех 3 вариантах различались по количеству и диаметру проводящих пучков. Общее количество проводящих пучков на срезе в контрольном варианте было в 2 раза меньше, чем в варианте с внесением сложного компоста.

В варианте с полуперепревшим навозом КРС выделено 1-2 ряда более мелких и 1-2 ряда крупных пучков. В варианте со сложным компостом выделяется 1 хорошо выраженный ряд значительно отличающихся размером мелких пучков, который снаружи сменяется 2-3 рядами крупных пучков.

В варианте со сложным компостом все пучки, включая лежащие в сердцевине, крупнее по сравнению с вариантами полуперепревшего навоза КРС и контрольным, а проводящие пучки в сердцевине расположены приблизительно в 1,5 раза чаще, чем в других вариантах. В 3 вариантах проводящие пучки существенно различаются по толщине обкладки клетками склеренхимы, особенно это касается пучков, залегающих непосредственно под её наружным слоем. В

варианте со сложным компостом количество рядов склеренхимы значительно больше по сравнению с остальными вариантами.

Морфологические особенности развития растений кукурузы и продолжительность их вегетации

В основной массе посевов в контроле всходы кукурузы появляются на 1-2 дня раньше, чем в варианте со сложным компостом. Однако при этом в фазе 2-3 листьев длина побега, представленного в основном нижними частями листовых пластинок, заметно превышала контроль. То же самое можно отметить и в период появления 5 листьев, когда на дневной поверхности у растений четко начали выделяться удлиненные междоузлия. При выходе в трубку средняя высота контрольных растений составила около 177 см при различном коэффициенте вариации, а растений в варианте со сложным компостом превышала высоту контрольных больше, чем на 40 см (в среднем 213 см). В варианте с полуперепревшим навозом КРС она в среднем увеличилась примерно на 10 см при значительно меньшем коэффициенте варьирования. К фазе цветения и созревания семян прирост побегов в изучаемых вариантах, в общем, снизился, но высота опытных растений превышала контрольные на 30-35 см.

У 82% растений при удобрении появилось по 2 початка в пазухах средних листьев в фазу цветения, а в контрольном варианте число таких растений составило всего 20%. В фазу цветения на контроле масса початка в среднем составила $129,7 \pm 7,6$ г, а с внесением навоза и сложного компоста – $151,3 \pm 8,9$ и $172,6 \pm 9,2$ г соответственно.

В фазу образования 2-3-го листа развитие корневой системы у растений при удобрении компостом несколько замедлилось на фоне более интенсивного формирования побега и листьев, но было активнее, чем в контрольном варианте. Так, длина корня при этом в среднем составила около 18 см, а в контроле и с навозом – 16,5 и 17,3 соответственно; количество вторичных корней у контрольных растений варьировало от 5 до 6, а при удобрении было значительно выше и составило в среднем 8,4 шт. на растение.

В фазу молочно-восковой спелости выявлены различия в объеме корней по вариантам опыта: контроль (минеральные удобрения) – 33, полуперепревший навоз КРС с минеральными удобрениями – 75, сложный компост, включая минеральные удобрения, – 125 см^3 . Через месяц, к началу созревания семян средний объем корневой системы 1 растения в контрольном варианте составил 42, в варианте с полуперепревшим навозом КРС – 96, а в эксперименте с внесением сложного компоста – 141 см^3 .

4.3. Влияние сложного компоста на продуктивность растений кукурузы, качество зерна и уровень рентабельности ее выращивания

Влияние сложного компоста на продуктивность растений кукурузы и качество зерна

Применение сложного компоста оказало влияние на изменение диаметра початка, его длины и массы, количество зерен в початке, массы 1000 зерен и, следовательно, продуктивности. Масса 1000 семян является одним из важных показателей оценки продуктивности сельскохозяйственных культур: так, на контроле данный показатель по годам выращивания кукурузы (2008, 2011 и 2013

годы) составил 224,2; 237,6 и 212,7 г, тогда, как с внесением полуперепревшего навоза КРС, соответственно 225,9; 240,6 и 215,2 г, а с внесением сложного компоста – 228,3; 244,4 и 240,8 г. Изменение данного показателя сказалось на биологической продуктивности изучаемой культуры.

Внесение сложного компоста способствовало накоплению в зерне кукурузы протеина, а также химических элементов, в частности, фосфора и кальция. В зерне кукурузы содержание белкового азота при внесении сложного компоста повысилось на 21,3, фосфора – на 17,0 и кальция – на 36,6%. В то же время, в связи с наличием в компосте фосфогипса в зерне кукурузы контрольного варианта фтора накапливалось от 4,4 до 5,8 мг/кг, с внесением полуперепревшего навоза КРС – от 4,9 до 6,1, а сложного компоста – от 7,9 до 8,7 мг/кг.

Результаты производственных опытов с внесением сложного компоста показали, что масса семян в этом варианте увеличилась на 33 г в среднем на 1000 семян. Значительно меньшая разница отмечена в варианте с полуперепревшим навозом КРС (9 г на 1000 семян) (таблица 7). Подготовка сложного компоста с частичным внесением зеленой массы в момент перемешивания (подготовки) по месяцам способствовала улучшению питания микрофлоры и мезофауны. Это приводило к более экономному расходованию органического вещества полуперепревшего навоза, более эффективному образованию сульфата аммония из аммиака и SO_4 и его расходованию.

Таблица 7 – Влияние сложного компоста на развитие и продуктивность кукурузы, производственный опыт (2011 г.)

Вариант	Высота растения, см	Масса семян, г/початок	Масса 1000 семян, г	Базальное ветвление, шт./раст.	Продуктивность, кг/м ²	Урожайность, ц/га
контроль	262±12,7	143,2±6,9	320,8±15,7	0,10	0,71±0,03	71,0
полуперепревший навоз КРС	256±12,3	157,9±7,3	329,7±17,6	0,84	0,78±0,03	78,4
сложный компост	277±12,4	169,0±7,2	353,6±14,2	0,12	0,95±0,04	95,0
НСР ₀₅	-	-	-	-	-	7,1

Экономическая эффективность применения сложного компоста

Урожайность зерна кукурузы в 2008, 2011 и 2013 годах по вариантам опыта существенно различалась. В первый год после внесения сложного компоста прибавка урожайности составила 6,4 ц/га, в 2011 г. – 5,6, а на 6-ой год последствия в 2013 г. – 12,2 ц/га.

Таблица 8 – Сравнительная характеристика экономических показателей технологии возделывания кукурузы на зерно в ОАО «Заветы Ильича» Ленинградского района, 2011 г.

Показатель	Вариант	
	контроль	сложный компост
урожайность, ц/га	70,0	95,1
прибавка урожая, ц/га	-	25,1
цена реализации, руб./ц	650	650
стоимость валовой продукции, руб., в т.ч. дополнительной	45500	61815
	-	16315
себестоимость 1 ц, руб.	331,0	258,5

производственные затраты на 1 га, руб. в т.ч.:	23170,2	24553,3
затраты на внесение компоста,	-	422,5
затраты на уборку дополнительного урожая	-	960,6
сумма дополнительных затрат	-	1383,1
чистый доход с 1 га, руб., в т.ч.:	22329,8	37261,7
дополнительный	-	14931,9
уровень рентабельности, %	96,4	151,9

В среднем за 3 года урожайность кукурузы в контроле составила 61 ц/га, а с применением сложного компоста – 80,8 ц/га; себестоимость 1 ц в контроле – 379,8 руб., с применением компоста – 303,9 руб.; уровень рентабельности в контроле – 71,7, а в варианте с применением компоста – 113,9%.

В производственном опыте в год внесения сложного компоста урожайность зерна в опытном варианте превысила на 24 ц/га контрольный вариант, что было положено в основу экономической оценки предложенной технологии. Применение сложного компоста, по нашим расчетам, существенно сокращает себестоимость кукурузы на зерно, что способствует повышению уровня её рентабельности на 55,5% (таблица 8).

Сравнительная оценка технологии возделывания кукурузы на производственных площадях показала достаточно высокую экономическую эффективность предлагаемого варианта технологии подготовки и применения сложного компоста.

4.4. Математические структурные взаимосвязи в системе почва-растение при применении в качестве удобрения сложного компоста

При внесении в почву сложного компоста изменяются и взаимосвязи в системе почва-растение. При внесении в почву биофильных элементов активизируется развитие растений, что сопровождается как большим потреблением ими элементов питания, так и большим поступлением в почву пожнивных и корневых остатков, которые существенно влияют на свойства почв. В то же время, увеличение биопродуктивности угодий сочетается с усилением процессов биохимического выветривания и с развитием дернового процесса почвообразования. Это приводит к накоплению биофильных элементов в пахотном слое почв. При наличии в применяемых компостах тяжелых металлов, фтора, стронция они поступают и в растения. Это определяет допустимые дозы внесения с компостами минеральных добавок. В фосфогипсе содержится фтор и стронций.

По полученным данным, зависимость урожайности (У) ц/га от содержания гумуса (Г), общего азота (N), содержания подвижных форм P_2O_5 (P) и пористости (П), коэффициента структурности (КС) и полной влагоемкости (ПВ) описывалась следующим уравнением:

$$Y = -377,7 + 18,9(G) - 83,7(N) + 0,23(P) - 2,0(KC) + 13,2(П) - 6,2(ПВ); \quad r = 0,99; \quad F = 19,2,$$

т.е. в наибольшей степени урожайность кукурузы зависела от содержания органического вещества и пористости почв.

Зависимость биопродуктивности (У) кг/м² от содержания органического вещества (Г), общего азота (N), содержания подвижных форм P_2O_5 (P), ко

эфициента структурности (КС), пористости (П), полной влагоемкости (ПВ) описывалась уравнением:

$Y = 0,16 + 0,28(\Gamma) - 0,01(N) - 0,01(P) - 0,03(КС) - 0,03(П) + 0,03(ПВ);$ $r = 0,99;$ $F = 19,2,$ т.е. биопродуктивность также в наибольшей степени зависела от содержания в почвах органического вещества.

Полученные данные подтверждают, что урожайность зависит от свойств почв, а свойства почв зависят от потребления растениями элементов питания, корневых выделений растений и от продуктов разложения пожнивных и корневых остатков.

По полученным данным, содержание протеина в зерне кукурузы зависело от содержания азота в почве:

$$Y = 7,5 + 11,98N; r = 0,41.$$

Содержание P_2O_5 в зерне зависело от содержания подвижных фосфатов в почве. Так, при содержании P_2O_5 мг/кг $30,6 \pm 1,7$ содержание P_2O_5 в зерне в мг/кг составляло $33,1 \pm 1,2$, а при содержании в почве $46,4 \pm 2,1$ мг/кг содержание в зерне было $40,5 \pm 0,6$ мг/кг.

В зерне кукурузы в контрольном варианте содержалось $14,9 \pm 2,3$ мг/кг кальция; $4,8 \pm 0,5$ – фтора; $5,2 \pm 0,8$ – серы; $0,38 \pm 0,02$ – стронция; а при внесении компоста Ca – $28,0 \pm 0,8$; F – $8,0 \pm 0,3$; S – $10,5 \pm 0,3$; Sr – $0,68 \pm 0,02$.

4.5 Алгоритмы создания почв с заданными свойствами при внесении в них сложных органо-минеральных компостов

При внесении в почву сложных органо-минеральных компостов необходимо рассчитывать их дозы с учетом потребности растений в биофильных элементах, с учетом повышения плодородия почв, возможности загрязнения окружающей среды. При применении больших доз рекомендуемого к применению сложного компоста возможно загрязнение растений NO_3 , F, Sr, ухудшение свойств почв в связи с диспергированием при высокой доле К в ППК, загрязнение вод.

В разделе рассматриваются ограничения доз фосфогипса по Дричко В.Д. (1999), Игамбердиеву В.И. (1993), Любимовой И.И. (2005) с учетом содержания в фосфогипсе Sr, F.

В сложных органо-минеральных удобрениях в отдельных компонентах установлено разное содержание элементов $X_1 - X_n$, т.е. необходимо учитывать долю этих компонентов в комплексном удобрении и создавать купаж из исходных продуктов с заданным составом смеси для конкретных целей оптимизации плодородия почв и устранения факторов, лимитирующих урожай.

Оценивая методы оценки потребности растений в элементах питания, предлагается рассматривать морфологические особенности растений, как индикатор плодородия. Этот критерий является полезным дополнением к существующим методам оценки потребности растений в элементах питания.

По полученным данным, оптимизация свойств почв при внесении сложного компоста на $132,0 \pm 5,9\%$, по сравнению с контролем, привела к оптимизации морфологических показателей растений на $154,7 \pm 17,2\%$ и к увеличению урожая на $132,4\%$.

ВЫВОДЫ

1. Почвы агроландшафта ОАО «Заветы Ильича» Ленинградского района характеризуются относительно невысоким содержанием гумуса (около 3,5%), подвижного фосфора (2,5 мг/кг), аммонийного азота (около 6,0 мг/кг); отличаются слабощелочной реакцией (рН = 8,0-8,5), тяжелосуглинистым гранулометрическим составом с умеренным количеством тонкодисперсных фракций и варьированием агрономически ценных агрегатов в пределах 64-70%; содержанием водопрочных агрегатов на уровне 45-47%; достаточно высокой плотностью пахотного слоя (1,3-1,3 г/см³), полной влагоемкостью в пределах 45%.

2. Применение сложного компоста, продолжительность созревания которого колеблется от 3 до 5 месяцев, способствует улучшению физических свойств почвы, её структурности, увеличивает в ней содержание устойчивых агрономически ценных микроагрегатов в среднем на 10% по сравнению с контролем и заметно повышает водоустойчивость агрегатов. При значении плотности почвы до 1,3 г/см³ внесение сложного компоста снижает этот показатель на 0,1 г/см³, что существенно повышает пористость почвы, улучшает её влагоемкость, почвенную структуру, способствует поддержанию влаги и улучшает в целом условия развития растений.

3. Внесение в почву сложного компоста способствует повышению количества органического вещества, благоприятствует более экономному расходованию гумуса, биологического азота, поддержанию на достаточном уровне подвижного фосфора, кальция, сульфатов, что существенно улучшает условия произрастания растений кукурузы; существенно изменяет популяционный состав микроорганизмов и фаунистических сообществ, разнообразит таксономический состав мезофауны со значительным увеличением численности дождевых червей, энхитреид и других организмов.

4. Внесение сложного компоста значительно влияет на ростовые процессы растений кукурузы, начиная от образования базальной зоны, формирования вегетативных органов надземных и подземных частей растения и до образования зерна; способствует развитию базальной зоны кукурузы, нарастанию придаточных и боковых корней, увеличению их объема и рабочей поверхности, массы надземных органов; оказывает заметное влияние не только на морфологию растений, но и на внутренние особенности развитие анатомических структур, характер их размещения, особенности формирования, улучшает развитие растений и увеличивает их механическую прочность.

5. Сложный компост оказывает положительное влияние на урожайность кукурузы. В производственном опыте на площади 68 га урожайность зерна составила 95 ц/га, что на 25% выше контроля; при этом заметно повышается качество урожая, увеличивается содержание белка в зерне и масса 100 семян.

6. Проведение природоохранных мероприятий с использованием сложного компоста, направленных на восстановление почвенного плодородия, сопровождается снижением себестоимости кукурузы на зерно на 21,9% и повышением уровня рентабельности на 55,4%. К реальной прибыли повышения урожая кукурузы следует добавить улучшение здоровья населения, повышение качества пищевой продукции. Социальная эффективность предлагаемой

технологии проявляется в оздоровлении окружающей среды за счет утилизации значительной части отходов сельскохозяйственного и промышленного производств в результате их вторичного использования для получения сложных компостов.

Рекомендации производству

1. Для получения высоких урожаев зерна кукурузы необходимо вносить 1 раз в 5 лет осенью 60-65 т/га сложного компоста под дискование с посевом самой культуры весной.

2. Внесение сложного компоста под кукурузу улучшает физические свойства верхнего слоя почвы (снижает плотность на 10-12 %, повышает порозность, улучшает водообеспеченность).

3. Внесение сложного компоста способствует повышению биологической активности почвы, улучшает под кукурузой состав микрофлоры и мезофауны.

Список опубликованных работ

Статьи в изданиях, рекомендованных ВАК РФ

1. Белюченко И.С. Влияние органоминерального компоста на плотность сложения и порозность чернозема обыкновенного / И.С. Белюченко, Д.А. Славгородская, В.В. Гукалов // Тр. КубГАУ. – 2012. – № 34 –с.88-90

2. Гукалов В.В. Влияние сложного компоста на экологическое состояние чернозема обыкновенного, развитие и продуктивность кукурузы / В.В. Гукалов, Д.А. Славгородская // Тр. КубГАУ, 2013. – № 5 (44) – с. 53-59

3. Гукалов В.В. Влияние органо-минеральных компостов на свойства, процессы и режимы системы почва-растение // Гукалов В.В., Белюченко И.С., Бурдакова А.Л.// Агрехимический вестник – 2015, №6

4. Гукалов В.В. Комплексообразующая способность продуктов разложения растительного опада и ее влияние на подвижность поливалентных катионов /В.И.Савич, С.Л.Белопухов, В.В.Гукалов, Д.С.Скрябина// Вест. Казанского технологического ун-та, 2015, т.18, №12, с. 185-189

Патенты на изобретение:

1. Белюченко И.С., Добрыднев Е.П., Гукалов В.В., Мельник О.А., Петух Ю.Ю. «Способ борьбы с мышевидными грызунами» № 2421990 от 18 января 2010 года

2. Белюченко И.С., Гукалов В.В., Славгородская Д.А. «Способ компостирования послеуборочных растительных остатков сельскохозяйственных культур» № 2529174 от 08.02.2014 г.

Статьи в других изданиях

1. Белюченко И.С. Влияние фосфогипса на развитие и продуктивность растений кукурузы в севообороте / И.С. Белюченко, Е.И. Муравьев, В.В. Гукалов, О.А. Мельник, Д.А. Славгородская, Ю.Ю. Петух // Экол. Вестник Сев. Кавказа. – 2008. – Т. 4. – № 4. – с. 108-112

2. Гукалов В.В. Использование фосфогипса для рекультивации почв в полевом севообороте / В.В. Гукалов, В.Н. Гукалов // Материалы I Всероссийской научной конференции «Проблемы рекультивации отходов быта и сельскохозяйственного производства». – Краснодар, 2009. – с. 148-151

3. Гукалов В.В. Проблемы использования фосфогипса в сельском хозяйстве

на Кубани / В.В. Гукалов // Материалы II Всероссийской научной конференции «Проблемы рекультивации отходов быта и сельскохозяйственного производства». – Краснодар, 2010. – с. 42-44

4. Гукалов В.В. Влияние фосфогипса на водно-физические свойства чернозема / В.В. Гукалов, Д.А. Славгородская // Экол. Вестник Сев. Кавказа. – 2011. – Т. 7. – № 1. – с. 83-85

5. Белюченко И.С. Использование отходов промышленности и сельского хозяйства в качестве комплексных мелиорантов чернозема обыкновенного / И.С. Белюченко, В.В. Гукалов, О.А. Мельник, Ю.Ю. Петух, Д.А. Славгородская // Материалы Международного конкурса научно-исследовательских работ молодых ученых и студентов «Eurasia Green» – Екатеринбург, 2011. – с. 27-29

6. Гукалов В.В. Научное обоснование использования отходов промышленности и сельского хозяйства для повышения урожайности сельскохозяйственных культур / В.В. Гукалов, О.А. Мельник, Ю.Ю. Петух, Д.А. Славгородская // Материалы III Международной научно-практической конференции «Научно-техническое творчество молодежи – путь к обществу, основанному на знаниях». – Москва, 2011. – с. 305-306

7. Гукалов В.В. Использование фосфогипса в сельском хозяйстве на Кубани (на примере выращивания кукурузы на зерно в ОАО «Заветы Ильича» Ленинградского района Краснодарского края) / В.В. Гукалов // Экол. Вестник Сев. Кавказа. – 2011. – Т. 7. – № 4. – с. 25-29

8. Гукалов В.В. Влияние органоминерального компоста на развитие и продуктивность растений кукурузы / В.В. Гукалов // Экол. Вестник Сев. Кавказа. – 2012. – Т. 8. – № 3. – с. 74-78

9. Гукалов В.В. Влияние сложного компоста на агрономические свойства чернозема обыкновенного и развитие растений кукурузы (на примере ОАО «Заветы Ильича» Ленинградского района Краснодарского края) / Гукалов В.В., Славгородская Д.А. // Экол. Вестник Сев. Кавказа. – 2013. – Т. 9. – № 1. – с. 39-88

10. Гукалов В.В. Влияние сложного компоста на формирование базальной зоны растений кукурузы в степной зоне Краснодарского края / В.В. Гукалов // III Международная научная экологическая конференция «Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства». – Краснодар, 2013. – с. 138-143

11. Мельник О.А. Сельскохозяйственные отходы и их использование при создании сложных компостов / О.А. Мельник, В.В. Гукалов, Н.В. Гашенко // Экол. Вестник Сев. Кавказа. – 2013. – Т. 9. – № 2. – с. 63-66