

ИЗМЕНЕНИЕ АГРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО ПОД ДЕЙСТВИЕМ ВЕРМИКОМПОСТА В ЗЕРНОВОМ АГРОЦЕНОЗЕ

О.В. Шиндорикина, О.В. Сенкевич, О.А. Ульянова, д.б.н., Ю.П. Ковалева, к.б.н., Красноярский ГАУ 660049, г. Красноярск, пр. Мира, 90, E-mail: kora64@mail.ru

Рассматривается действие вермикомпоста на агрохимические показатели чернозема обыкновенного. Выявлено: повышение содержания $C_{\text{гумуса}}$ на 11 %, тип гумуса изменяется на фульватно-гуматный, происходит снижение аммонийного азота на 18-19 %, что обусловлено потреблением его растениями. Показано, что внесение вермикомпоста в чернозем обыкновенный привело к достоверному повышению урожайности пшеницы к контролю в среднем на 40 %, при этом оптимальной дозой вермикомпоста является доза, эквивалентная N_{60} .

Ключевые слова: птичий помет, вермикомпост, чернозем обыкновенный, агрохимические свойства почвы, урожайность пшеницы.

В Красноярском крае в настоящее время функционирует 9 птицефабрик. Только от одной птицефабрики «Заря» на 500 тыс. кур-несушек, расположенной в центральной части Красноярской лесостепи, ежегодно образуется до 41,5 тыс. т птичьего помета, который относится к 3-му классу опасности и является источником загрязнения почв и подземных вод [9]. Существуют разные способы его переработки, один из наиболее перспективных – метод вермикюльтуры, позволяющий получать концентрированное органическое удобрение вермикомпост. Для этого готовят органоминеральную смесь, состоящую из конвертируемой части и наполнителя – структурообразователя. В качестве конвертируемой части используют смесь птичьего помета с гидролизным лигнином, а в качестве наполнителя-структурообразователя – почву. Соотношение конвертируемой части и наполнителя структурообразователя 75:25%. После проведения теста на токсичность, органоминеральную смесь заселяют калифорнийским червем *Eisenia fetida* из расчета 1500 шт/м². Через 4 месяца вермикомпостирования червей отделяют от готового продукта (вермикомпоста) просеиванием. Сведения о действии вермикомпоста на показатели плодородия почв в Красноярском крае малочисленны, что ограничивает его широкое применение в сельском хозяйстве региона.

Цель исследований – изучить действие вермикомпоста на агрохимические показатели чернозема обыкновенного и урожайность пшеницы, а также установить оптимальную дозу его внесения в почву.

Методика. Полевой опыт проведен в 2010-2013 гг. в землепользовании птицефабрики «Заря», расположенной в Емельяновском районе Красноярского края, на черноземе обыкновенном по следующей схеме:

- 1) $N_{60}P_{30}$ (фон) – контроль;
- 2) фон + вермикомпост (ВК) эквивалентно N_{60} ;
- 3) фон + ВК эквивалентно N_{120} .

Минеральные удобрения вносили в почву ежегодно весной – 1,7 ц/га в физической массе аммиачной селитры и 0,7 ц/га аммофоса, а вермикомпост – в дозах 5,4 и 10,8 т/га – однократно при закладке опыта в 2010 году в

севообороте: 1 – чистый пар; 2 – пшеница; 3 – пшеница; 4 – пшеница. Размер опытной делянки 100 м². Размещение рендомизированное. Исследования проводили в трехкратной повторности. Тестовой культурой служила яровая пшеница сорта Новосибирская 15. При закладке опыта и ежегодно после уборки урожая отбирали почвенные образцы, в которых определяли содержание углерода гумуса ($C_{\text{гумуса}}$) по И.В. Тюрину [1], подвижный гумус ($C_{\text{подв}}$), включающий углерод водорастворимый ($C_{\text{H}_2\text{O}}$) и экстрагируемый 0,1 н. щелочью (C_{NaOH}) – по И.В. Тюрину в модификации В.В. Пономаревой, Т.А. Плотниковой [4], содержание нитратного азота определяли дисульфифеноловым методом [2], аммонийного азота – с реактивом Несслера, легко- и трудногидролизуемого азота в 1 н. и 6 н. NaOH – по Корнфилду, количество подвижного фосфора, обменного калия – по Чирикову. Полученные результаты исследования обработаны статистически методом дисперсионного анализа.

Результаты и их обсуждение. Анализ полученных данных показывает, что чернозем обыкновенный характеризуется слабощелочной реакцией среды, высоким содержанием гумуса, но низкой обеспеченностью его азотом, средним количеством подвижного фосфора и очень высоким – обменного калия, что является следствием обогащенности калием материнских пород тяжелого гранулометрического состава. Исследуемая почва насыщена основаниями и имеет высокую емкость катионного обмена. Агрохимическая характеристика чернозема обыкновенного (0-20 см): C – 4,35 %; $N_{\text{общ}}$ – 0,26 %; C:N – 16,5; $pH_{\text{H}_2\text{O}}$ – 7,7; S – 23,5 мг-экв/100 г; Нг – 2,9; ЕКО – 26,5 мг-экв/100 г; V – 89 %; P_2O_5 и K_2O 14,2 и 22,3 мг/100 г.

Вермикомпост характеризуется нейтральной реакцией среды, содержит органического углерода 18,1 %, общего азота – 1,12, общего фосфора – 3,80, общего калия – 0,95 %. Он имеет высокое количество подвижного фосфора (19,9 мг/100 г) и очень высокое – обменного калия (36,7 мг/100 г). В вермикомпосте отсутствуют патогенная микрофлора кишечной группы, личинки и яйца гельминтов, что согласуется с данными других авторов [5] и свидетельствует о его экологической безопасности.

Гумус – основной показатель плодородия почв. Результаты проведенных исследований показывают, что при внесении ВК в дозе, эквивалентной N_{120} , происходит повышение содержания $C_{\text{гумуса}}$ на 11% к контролю, однако различия между удобренными вермикомпостом вариантами статистически не доказаны (табл. 1). Отмечается тенденция к повышению углерода, экстрагируемого 0,1 н. щелочью, в удобренных вермикомпостом вариантах. Содержание водорастворимого углерода достоверно увеличивается только в варианте фон + ВК экв. N_{120} в сравнении с контролем.

1. Среднее содержание углерода в различных категориях органического вещества почвы (в среднем за 2010-2013 гг.), мг/100 г

Вариант опыта	Компоненты органического вещества (в слое 0-20 см), мг/100 г					
	C _{гумуса}	C _{NaOH}	C _{H2O}	C _{подв} (C _{H2O} + C _{NaOH})	C _{тк} :C _{фк}	C _{стаб}
N ₆₀ P ₃₀ (фон) – контроль	2594	338	27,8	366	0,9	2228
Фон + ВК экв. N ₆₀	2759	348	26,4	374	1,1	2385
Фон + ВК экв. N ₁₂₀	2870	397	31,1	428	0,8	2442
HCP ₀₅	199	82	2,2	-	-	-

В составе органического вещества пахотных почв Красноярского края преобладает стабильный гумус [7]. Результаты исследований подтверждают это. Во всех вариантах опыта в структуре углерода органического вещества (рис.) преобладает углерод стабильного гумуса (C_{стаб}), на долю которого приходится 85-86%. Среди подвижных форм преобладают соединения, экстрагируемые 0,1 н. NaOH (13-14%). Доля водорастворимых соединений не превышает 1%.

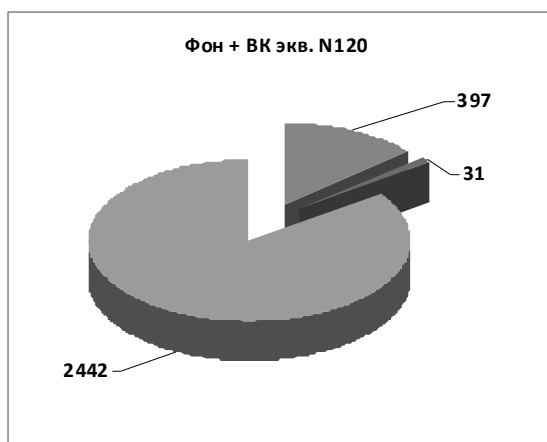
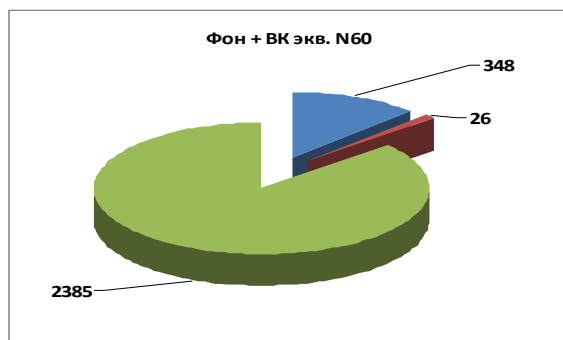
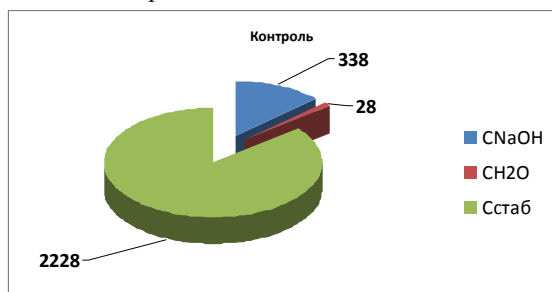


Рис. 1. Структура углерода органического вещества чернозема обыкновенного, мг/100 г

Структура углерода гумуса за исследуемый период во всех вариантах практически одинакова, что объясня-

ется сложностью и длительностью процессов гумусообразования. Тип гумуса на контроле и в варианте фон + вермикомпост эквивалентно N₁₂₀ характеризуется как гуматно-фульватный, а в варианте фон + вермикомпост эквивалентно N₆₀ – как фульватно-гуматный.

Почвенное органическое вещество является главным природным источником обеспечения растений азотом, который не может быть полноценно заменен техническим азотом без риска ухудшения состояния окружающей среды и качества продукции [6]. Превращение азота в почвах, динамика содержания его минеральных соединений в значительной степени определяют условия минерального питания растений на протяжении вегетационного периода, эффективность удобрений, уровень урожая сельскохозяйственных культур и его качество [3].

Рассмотрим последствие вермикомпоста на трансформацию азота в черноземе обыкновенном (табл. 2).

2. Статистические параметры содержания минеральных форм азота в черноземе обыкновенном

Вариант опыта	N-NH ₄ , мг/кг	C _V , %	N-NO ₃ , мг/кг	C _V , %
	M ± m		M ± m	
N ₆₀ P ₃₀ (фон) – контроль	65,44±3,18*	8	1,37±0,10*	13
Фон + ВК экв. N ₆₀	53,80±5,42	17	1,66±0,15	16
Фон + ВК экв. N ₁₂₀	53,03±1,29	4	1,51±0,15	17
HCP ₀₅	7,41	-	0,27	-

Примечание. M – среднее значение, m – стандартная ошибка, C_V – коэффициент вариации (здесь и далее).

Результаты исследований показывают, что в составе минерального азота преобладает аммонийная форма. Это указывает на доминирование аммонификационного процесса над нитрификационным в исследуемой почве. В удобренных вермикомпостом вариантах по сравнению с контролем происходит снижение содержания азота в аммонийной форме на 18-19 %, что связано с активным потреблением его растениями и подтверждается данными урожайности пшеницы в этих вариантах (см. табл. 5).

Содержание азота в нитратной форме изменяется незначительно – в удобренных вермикомпостом вариантах увеличивается в среднем на 16% к контролю. Статистически значимых различий между двумя дозами внесения ВК не обнаружено.

Вермикомпост пополняет в почве запасы азотсодержащих органических соединений. Легкогидролизуемая фракция, представленная наиболее подвижными органическими соединениями (аминокислоты, амиды), является ближайшим резервом азотного питания растений. Результаты исследований показывают статистически недоказуемые различия по вариантам (табл. 3).

3. Статистические параметры содержания органических форм азота в черноземе обыкновенном (2013 г.)

Вариант опыта	N _{орг} , мг/кг	C _V , %	N _{тк} , мг/кг	C _V , %
	M ± m		M ± m	
N ₆₀ P ₃₀ (фон) – контроль	149±5	5	203±7	6
Фон + ВК экв. N ₆₀	131±9	12	224±16	13
Фон + ВК экв. N ₁₂₀	140±14	17	219±9	7
HCP ₀₅	20	-	23	-

Фракция трудногидролизуемого азота включает амины, часть необменного аммония и гуминов. Органический азот, обладая достаточной устойчивостью, поддерживает плодородие почвы, определяет степень

мобилизации азота, сопровождающуюся накоплением минеральных соединений этого макроэлемента. В вариантах с ВК наблюдается тенденция к повышению данной фракции. Отсутствие статистически значимых различий между вариантами опыта может быть обусловлено тем, что с 2011 по 2013 г., согласно схеме опыта, вносили только минеральные удобрения, которые нивелировали эффект от применения вермикомпоста и способствовали усилению минерализации органических форм азота.

Важным показателем эффективного плодородия почв является наличие в них достаточного запаса необходимых растениям биогенных элементов в доступной форме. Рассмотрим последствие вермикомпоста на содержание подвижных форм фосфора и калия (табл. 4).

4. Статистические параметры содержания подвижного фосфора и обменного калия в черноземе обыкновенном (2013 г.)

Вариант опыта	P ₂ O ₅ , мг/100г M ± m	C _v , %	K ₂ O, мг/100г M ± m	C _v , %
N ₆₀ P ₃₀ (фон) – контроль	22,75±1,75	11	20,85±1,85	13
Фон + ВК экв. N ₆₀	33,50±3,80	16	18,40±1,60	12
Фон + ВК экв. N ₁₂₀	39,00±4,00	15	23,45±1,65	10
HCP ₀₅	10,6	-	5,4	-

Почва контрольного варианта имеет повышенное содержание подвижного фосфора, что объясняется ежегодным внесением минеральных удобрений. Под действием вермикомпоста количество фосфора имеет тенденцию к росту в среднем на 47-71%, причем различия между удобренными вариантами недоказуемы. Содержание подвижного калия в черноземе обыкновенном очень высокое. Внесение вермикомпоста не влияет на этот показатель.

Результаты проведенных исследований свидетельствуют о положительном действии ВК на формирование урожайности яровой пшеницы сорта Новосибирская 15. Минимальной урожайностью пшеницы характеризуется контрольный вариант (табл. 5).

Внесение вермикомпоста в почву способствует повышению урожайности яровой пшеницы на 70-85 % в первый год его действия в зависимости от применяемой дозы. В последствии прибавка от внесения вермикомпоста в почву в количестве эквивалентном N₆₀ варьирует от 11 до 45 %, а при применении вермикомпоста в дозе эквивалентной N₁₂₀ – от 14 до 33 % к контролю. Оценивая действие вермикомпоста за весь пе-

риод наблюдений, отметим, что прибавка к контролю составила в среднем 40 %.

5. Урожайность зерна пшеницы сорта Новосибирская 15, ц/га

Вариант опыта	2010 г.		2011 г.		2012 г.		2013 г.	
	1	2	1	2	1	2	1	2
N ₆₀ P ₃₀ (фон) – контроль	12,3	-	19,0	-	13,8	-	12,3	-
Фон + ВК экв. N ₆₀	21,0	70	21,1	11	18,8	36	17,8	45
Фон + ВК экв. N ₁₂₀	22,8	85	21,7	14	18,4	33	15,7	28
HCP ₀₅	5,0	-	2,4	-	4,8	-	2,7	-

Примечание. 1 – Урожайность, ц/га, 2 – Прибавка к контролю, %.

Закключение. Полученные результаты исследований свидетельствуют о положительном влиянии вермикомпоста на содержание C_{гумуса}, который повышается на 11% в варианте с ВК экв. N₁₂₀. Тип гумуса изменяется на фульватно-гуматный. Наблюдается снижение аммонийного азота на 18-19 %, что обусловлено потреблением его растениями. Внесение вермикомпоста в чернозем обыкновенный способствует достоверному повышению урожайности пшеницы к контролю в среднем на 40 %. Отметим, что статистических различий по урожайности зерна пшеницы между дозами внесения вермикомпоста не выявлено ни в первый, ни в последующие годы исследований. Это дает основание считать оптимальной дозу вермикомпоста, эквивалентную N₆₀, или 5,4 т/га в физической массе, которая может изменяться в зависимости от химического состава используемого вермикомпоста.

Литература

1. Ариунушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 478 с.
2. Иодко С.Л., Шарков И.Н. Новая модификация дисульфопенолового метода определения нитратов в почве // Агрохимия. – 1994. – №4. – С. 95-97.
3. Носко Б.С., Котвотцкий Б.Б., Бредников А.М. Юнакова Т.А. Трансформация в почве и поглощение растениями азота // Агрохимия. – 1997. – № 12. – С. 3-11.
4. Пономарева В.В., Плотнокова Т.А. Гумус и почвообразование (методы и результаты изучения). – Л.: Наука, 1980. – 222 с.
5. Русакова И.В., Касатикова В.А., Кравченко М.Е. Агробиологическая оценка вермикомпоста и вермигумата // Плодородие. – 2007. – № 1. – С. 36-37.
6. Семенов В.М., Козут Б.М. Почвенное органическое вещество. – М.: ГЕОС, 2015. – 233 с.
7. Чупрова В.В., Кураченко Н.Л., Белоусов А.А., Власенко О.А. Большой практикум по почвоведению с основами геологии: учеб. пособие. – Красноярск: Краснояр. ГАУ, 2007. – 375 с.

CHANGES IN AGROCHEMICAL PROPERTIES OF ORDINARY CHERNOZEM UNDER THE EFFECT OF VERMICOMPOST IN GRAIN AGROCENOSSES

O.V. Shindorikova, O.V. Senkevich, O.A. Ulyanova, Yu.P. Kovaleva
Krasnoyarsk State Agrarian University 660049 Krasnoyarsk, pr. Mira 90
E-mail: kora64@mail.ru

The effect of vermicompost on the agrochemical properties of ordinary chernozem is discussed. The content of humus increased by 11%; the type of humus becomes fulvate-humate; the content of ammonium nitrogen is reduced by 18–19% due to the consumption by plants. It has been shown that the application of vermicompost to ordinary chernozem resulted in a significant increase in wheat yield compared to the control by 40% on the average; the optimal application rate of vermicompost is equivalent to N₆₀.

Keywords: poultry manure, vermicompost, ordinary chernozem, agrochemical soil properties, wheat yield