

УДК 631.894:631.417.2:631.445.24

**ВЛИЯНИЕ РАЗНЫХ ВИДОВ И ДОЗ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ
НА КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ И КАЧЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ГУМУСА
ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЫ**

Е.Н. Богатырева, кандидат сельскохозяйственных наук

О.М. Бирюкова, младший научный сотрудник

Т.М. Серая, кандидат сельскохозяйственных наук

Е.Г. Мезенцева, кандидат сельскохозяйственных наук

РУП «Институт почвоведения и агрохимии»

Ключевые слова: дерново-подзолистая супесчаная почва, фракционно-групповой состав гумуса, органические удобрения.

Введение

Интенсификация земледелия в современных условиях должна базироваться, прежде всего, на основе рационального землепользования с учетом объективной оценки потенциала почвенно-земельных ресурсов конкретных сельскохозяйственных предприятий и предусматривать разработку методов и приемов управления почвенными процессами, улучшающими их гумусное состояние. В зонально-генетическом аспекте общее содержание и фракционно-групповой состав гумуса, а также свойства гумусовых веществ надежно характеризуют его природные качества и могут служить информативным диагностическим и классификационным признаком [1—4]. Наиболее ценными диагностическими показателями для оценки характера и направленности почвообразовательного процесса и вскрытия изменений, происходящих при использовании почв в сельскохозяйственном производстве, являются состав и свойства гумусовых веществ. Являясь многокомпонентной и полифункциональной системой, структурно-функциональные параметры гумуса находятся в состоянии постоянного равновесия с факторами агроэкосистемы и в зависимости от проводимых агротехнических мероприятий могут претерпевать заметные количественные и качественные изменения. По мнению М.Ф. Овчинниковой [5], характер перераспределения фракций является четким отражением изменения конкретных факторов гумификации и одним из ранних симптомов деградации гумуса.

Действенным приемом улучшения гумусного состояния почв пахотных земель считается применение органических удобрений. Различные виды органических удобрений и содержащийся в них углерод характеризуются своими специфическими особенностями по воздействию на процессы трансформации почвенного гумуса. На данном этапе развития сельскохозяйственного производства возникла необходимость установления

влияния на процесс гумусообразования таких видов органических удобрений, как разные виды компостов на основе полужидкого навоза и отходов промышленного производства (жом, дефекаат, лигнин); вермикомпосты, сапропели, органические удобрения, получаемые на выходе биогазовых установок.

Цель исследований — установить влияние разных видов и доз органических удобрений на групповой и фракционный состав гумуса дерново-подзолистой супесчаной почвы.

Методика и объекты исследования

Исследования выполнены на основании опыта, заложенного в 2010 г. в ГП «Экспериментальная база им. Суворова» Узденского района, Минской области на дерново-подзолистой супесчаной почве (pH_{KCl} 5,6, содержание гумуса — 2,38 %, P_2O_5 — 180 мг/кг, K_2O — 231 мг/кг, CaO — 1106 мг/кг, MgO — 166 мг/кг почвы). Опыт заложен в двух последовательно открывшихся полях. Повторность вариантов в опыте — четырехкратная. Общая площадь делянки — 20 м².

В опыте удобрения внесены согласно схеме, представленной в таблице. Дозы компостов и сапропелей (варианты 5—10) выровнены по азоту с учетом его содержания в 60 т подстильного навоза КРС (вариант 3). Дозы жидкого навоза КРС, куриного помета, органического удобрения, получаемого на выходе биогазовой установки, (варианты 14, 16 и 18) по содержанию азота соответствуют дозе азота, внесенной с карбамидом (N_{150}) под кукурузу в варианте с минеральной системой удобрения. В вариантах 15, 17, 19 дозы органических удобрений по азоту равноценны двойной дозе минерального азота.

Исследования проводятся в звене севооборота: кукуруза — яровой рапс — озимое тритикале. Дозы минеральных удобрений под кукурузу составили $N_{90+60}P_{60}K_{140}$; яровой рапс — $N_{80+30}P_{60}K_{120}$; озимое тритикале — $N_{70+30+40}P_{60}K_{120}$. Минеральные удобрения в виде аммонизированного суперфосфата и хлористого калия вносили под предпосевную культивацию; азотные в виде карбамида — под предпосевную культивацию и в подкормки. Все органические удобрения внесены под кукурузу весной под вспашку.

В почвенных образцах обменную кислотность pH_{KCl} определяли по ГОСТ 26483-85, содержание гумуса — по ГОСТ 26213-91; подвижных форм фосфора и калия — по ГОСТ 26207-91, обменного кальция и магния — по ГОСТ 26487-85. Почвенные образцы для определения фракционно-группового состава гумуса были отобраны через год после внесения органических удобрений перед посевом ярового рапса. Групповой и фракционный состав гумуса определяли по схеме И.В. Тюрина в модификации В.В. Пономаревой и Т.А. Плотниковой; оптическую плотность — по упрощенному методу Т.А. Плотниковой и В.В. Пономаревой [6]. Математическая обработка экспериментального материала проведена дисперсионным методом с использованием программы MS Excel.

Результаты исследований и обсуждение

Полученные экспериментальные данные показали, что в дерново-подзолистой супесчаной почве на неудобренном фоне в составе гумусовых веществ преобладали

подвижные формы. В группе гуминовых кислот относительное содержание 1-й фракции достигало 12,9 % от общего углерода почвы ($S_{\text{общ.}}$) (таблица). Количество подвижных фульвокислот было в 1,7 раза больше, чем гуминовых. Доля фракции ФК-1, свободной и связанной с полуторными оксидами составила 16,4 % от $S_{\text{общ.}}$, «агрессивной» фракции ФК-1а — 5,7 %. Обогащенность гумуса гуматами кальция характеризовалась минимальным показателем (4,6 %) при более высоком содержании гуминовых кислот, связанных с глинистыми минералами (8,8 % от общего углерода почвы). Относительное содержание фульватов кальция в 1,4 раза было больше по сравнению с ГК-2, количество ФК-3, наоборот, в 2,5 раза уступало по содержанию фракции ГК-3. В целом при изучении фракционно-группового состава гумуса дерново-подзолистой супесчаной почвы в варианте без внесения удобрений установлено превалирование фульвокислот над гуминовыми кислотами, вследствие чего отношение углерода гуминовых кислот к углероду фульвокислот составило 0,82, тип гумуса — гуматно-фульватный.

Под влиянием органических и минеральных удобрений произошли определенные изменения во фракционном и групповом составе гумуса, что, по-видимому, обусловлено довольно высокой подвижностью и чувствительностью гумуса дерново-подзолистых почв к агрогенному воздействию. Наблюдаемые изменения затронули практически все фракции гуминовых и фульвокислот, при этом характер этих изменений зависел от вида применяемых удобрений и их дозы.

Минеральные удобрения оказали отрицательное влияние на качество гумуса, что проявилось в изменении его фракционного состава и в меньшей степени сказалось на показателях группового состава. Под влиянием минеральных удобрений не обнаружено изменений в величинах содержания гуминовых и фульвокислот 3-й фракции. Наиболее трансформируемыми оказались подвижные фракции: увеличилось как относительное содержание гуминовых кислот фракции ГК-1 (до 15,5 % от $S_{\text{общ.}}$), так и количество «агрессивной» фракции фульвокислот ФК-1а (до 6,3 %) и фракции ФК-1 (до 18,7 %). При этом содержание фракций, связанных с кальцием, уменьшилось, что свидетельствует о неблагоприятном процессе протекания гумусообразования. Перераспределение во фракциях обеих групп гумусовых веществ и, прежде всего, деструкция гуматов на фоне уменьшения процесса их образования может быть связано с подкисляющим действием минеральных удобрений и декальцинированием почвы, что является одним из характерных признаков дестабилизации гумусового состояния дерново-подзолистой супесчаной почвы на уровне фракций гумусовых кислот [7—9].

В целом относительное суммарное содержание гуминовых кислот на фоне внесения минеральных удобрений составило 28,6% от $S_{\text{общ.}}$, фульвокислот — 34,5%, отношение $S_{\text{ГК}}/S_{\text{ФК}}$ находилось на уровне этого показателя в варианте без внесения удобрений и равнялось 0,83.

При рассмотрении влияния подстилочного навоза КРС, подстилочного куриного

Таблица 1 — Изменение фракционного состава гумуса дерново-подзолистой супесчаной почвы под влиянием органических и минеральных удобрений, % к общему углероду почвы (С_{общ.})

№ п/п	Вариант	С _{общ.} , % к почве	Фракции гуминовых кислот (С _{ГК})			Фракции фульвокислот (С _{ФК})			
			1	2	3	1а	1	2	3
1	Без удобрений	1,28	12,9	4,6	8,8	5,7	16,4	6,5	3,5
2	N ₉₀ +P ₆₀ K ₁₄₀ — фон	1,39	15,5	4,1	9,0	6,3	18,7	5,8	3,7
3	Подстилочный навоз КРС, 60 т/га	1,36	17,8	5,5	9,5	5,4	18,9	6,8	4,5
4	Фон + Подстилочный навоз КРС, 60 т/га	1,39	16,2	5,1	9,0	5,7	20,9	6,4	3,5
5	ТЛСНК*, 60 т/га	1,34	18,5	6,4	9,7	5,4	17,1	8,2	4,3
6	Фон + ТЛСНК, 60 т/га	1,42	16,6	5,9	9,4	5,4	20,2	7,1	3,7
7	ТЖДСНК*, 60 т/га	1,40	15,7	6,8	10,0	5,7	15,8	8,9	3,8
8	Фон + ТЖДСНК, 60 т/га	1,50	14,0	5,7	9,6	6,0	18,0	8,2	3,6
9	Фон + Сапропель кремнеземистый, 45 т/га	1,51	14,6	5,6	8,9	5,4	18,3	7,5	3,7
10	Фон + Сапропель органо-известковистый, 40 т/га	1,53	12,6	6,3	9,2	4,7	15,7	8,3	3,9
11	Вермикомпост, 15 т/га	1,33	19,7	4,0	12,3	6,4	21,0	7,0	4,4
12	Фон + Вермикомпост, 5 т/га	1,48	14,8	3,6	9,3	6,7	18,5	5,7	3,3
13	Фон + Вермикомпост, 15 т/га	1,40	15,8	3,3	10,1	6,9	19,4	5,6	3,8
14	Жидкий навоз КРС, 75 т/га	1,35	15,4	4,1	11,5	6,3	22,4	7,7	2,4
15	Жидкий навоз КРС, 150 т/га	1,35	16,1	4,2	12,0	7,2	23,1	7,8	2,6
16	Подстилочный куриный помет, 15 т/га	1,47	15,3	4,5	11,6	6,0	17,4	9,5	3,2
17	Подстилочный куриный помет, 30 т/га	1,47	15,7	4,6	12,3	6,1	17,7	10,0	3,4
18	ОУ*, получаемые на выходе биогазовой установки, 30 т/га	1,35	17,9	2,8	10,0	6,0	15,8	11,9	3,1
19	ОУ, получаемые на выходе биогазовой установки, 60 т/га	1,32	18,6	3,0	10,6	6,6	16,7	12,3	3,2

*ТЛСНК — торфо-лигнино-соломисто-навозный компост, ТЖДСНК — торфо-жомо-дефекато-соломисто-навозный компост, ОУ — органические удобрения

помета, торфо-лигнино-соломисто-навозного и торфо-жомо-дефекато-соломисто-навозного компостов на фракционно-групповой состав гумуса наблюдались отличительные особенности по сравнению с показателями, полученными на фоне внесения минеральных удобрений. Обнаружено увеличение всех групп и фракций гумусовых соединений при более активном накоплении гуминовых кислот. Применение навоза, куриного помета и компостов привело к увеличению в пахотном слое дерново-подзолистой супесчаной почвы относительного содержания гуминовых кислот 1-й фракции в 1,2—1,4 раза по сравнению с неудобренным вариантом. Важно также, что внесение этих органических удобрений обеспечило накопление наиболее ценной фракции гуминовых кислот — гуматов кальция, содержание которых достигло 5,5—6,8 % против 4,6 % в варианте без удобрений. Исключение составили только варианты с внесением подстилочного куриного помета, где применение этого органического удобрения в дозах 15 и 30 т/га не оказало влияния на содержание фракции ГК-2 по сравнению с неудобренным вариантом. В целом полученные данные свидетельствуют о протекании процесса гумусообразования в агрономически благоприятном направлении. Расширение соотношения углерода гуминовых кислот к углероду фульвокислот до 0,87—0,99 является прямым подтверждением

улучшения качественного состава гумуса дерново-подзолистой супесчаной почвы при внесении подстилочного навоза КРС, подстилочного куриного помета и компостов. Данный показатель в вариантах с внесением торфо-лигнино-соломисто-навозного и торфо-жомо-дефекато-соломисто-навозного компостов характеризовался максимальными величинами (0,95—0,99), приближаясь к фульватно-гуматному типу. Однако можно отметить, что изменение группового и фракционного состава в изучаемой почве хотя и идет в благоприятном направлении, но не выходит за пределы, присущие в целом типу дерново-подзолистых почв.

При внесении жидкого навоза КРС и органических удобрений, получаемых на выходе биогазовой установки, в зависимости от дозы их внесения суммарное относительное содержание гуминовых кислот в дерново-подзолистой супесчаной почве увеличивалось в меньшей степени по сравнению с подстилочным навозом КРС и компостами при более интенсивном накоплении фульвокислот. Жидкий навоз КРС способствовал максимальному обогащению гумуса подвижными фульвокислотами: содержание ФК-1 достигло 22,4—23,1 %, ФК-1а — 6,3—7,2 %. В вариантах с внесением жидких удобрений отмечено уменьшение содержания фракции ГК-2 по сравнению с вариантом без удобрений, что свидетельствует об ухудшении качества гумуса данной почвы, подверженности его процессам минерализации и активном вымывании кальция из пахотного слоя. Отношение $S_{ГК}/S_{ФК}$ отражает действие жидких удобрений на гумусное состояние дерново-подзолистой супесчаной почвы. В вариантах с внесением органических удобрений, получаемых на выходе биогазовой установки, данный показатель практически не изменился по сравнению с неудобренным вариантом, при внесении жидкого навоза КРС наблюдается некоторое сужение отношения $S_{ГК}/S_{ФК}$ (до 0,80), что указывает на сдвиг процесса гумусообразования в фульватную сторону.

Внесение двойных доз жидкого навоза КРС, подстилочного куриного помета и органических удобрений, получаемых на выходе биогазовой установки, приводило к некоторому увеличению всех фракций гумусовых веществ по сравнению с одинарной дозой, но достаточно резких изменений во фракционно-групповом составе не наблюдалось.

Одностороннее применение вермикомпоста в дозе 15 т/га способствовало довольно сильному увеличению суммарного содержания гуминовых кислот (до 36,0 %) и фульвокислот (до 38,8 %) при снижении содержания негидролизуемого остатка до уровня 25,2 %, что свидетельствует о повышении степени гидролизуетности гумуса. При этом увеличение суммы гуминовых и фульвокислот происходило в основном за счет подвижных фракций: содержание ГК-1 увеличилось на 6,8 % относительно неудобренного варианта, ФК-1 — на 4,6 %. Данные по групповому составу гумуса показывают, что процесс гумусообразования под влиянием вермикомпоста протекает в благоприятном направлении, на что указывает увеличение соотношения $S_{ГК}/S_{ФК}$ до 0,93. Однако данный процесс обусловлен более высокой изменчивостью гуминовых кислот 1-й фракции, что указывает

ет на ее постоянное обновление, а содержание гуминовых кислот, связанных с кальцием, в этом варианте снижается.

Насколько устойчивы изменения фракционного и группового состава гумуса дерново-подзолистой супесчаной почвы под влиянием органических и минеральных удобрений, покажут более продолжительные сроки наблюдения, превышающие период данных исследований.

К числу важнейших показателей, отражающих гумусное состояние почв, относится оптическая плотность, которая обусловлена соотношением количеств углерода, входящего в конденсированные ароматические ядра, и углерода боковых алифатических цепей. Определение оптической плотности 1-й фракции гуминовых кислот при длинах волн 465 и 665 нм показало, что изучаемая почва имела низкие индексы оптической плотности: в среднем по опыту при длине волны 465 нм этот показатель составил 6,54, при длине волны 665 нм — 1,31, что типично для дерново-подзолистых почв. При этом длина волны 465 нм является более подходящей при определении оптической плотности гуминовых кислот, позволяя получить более стабильные показания, а при длине волны 665 нм возможно некоторое искажение результатов.

В варианте без удобрений индекс оптической плотности ($E_{\text{ГК-1, 465}^{\text{мг/мл}}}$) при длине волны 465 нм характеризовался наиболее высокой величиной и находился на уровне 6,98. Более высокие значения данного показателя относительно неудообренного варианта были получены только при внесении сапропеля органо-известковистого в дозе 40 т/га и вермикомпоста в дозе 15 т/га в сочетании с минеральными удобрениями. Во всех остальных случаях индекс оптической плотности либо находился на уровне аналогично показателя в варианте без удобрений, либо был меньше. Наименьшим индексом оптической плотности обладали ГК-1 при внесении минеральных удобрений, где $E_{\text{ГК-1, 465}^{\text{мг/мл}}}$ уменьшился на 20 %. Снижение индекса оптической плотности свидетельствует об увеличении новообразованных гуминовых кислот и их постоянном обновлении за счет повышения микробиологической активности при внесении удобрений. При снижении степени ароматичности и конденсированности ядер «молодые» гуминовые кислоты характеризуются более разветвленной алифатической структурой, что и приводит к уменьшению показателей индекса оптической плотности.

По данным величин оптической плотности фракции ГК-1, измеренных при длинах волн 465 и 665 нм, были рассчитаны значения E_{465}/E_{665} , которые характеризуют степень конденсированности сетки ароматического ядра гуминовых кислот: чем уже это отношение, тем большее участие конденсированного ароматического ядра и соответственно меньшая доля алифатических боковых цепей в построении молекул гумусовых веществ. Установлено, что гуминовые кислоты 1-й фракции имеют высокие значения E_{465}/E_{665} (4,60—5,19), что подтверждает наличие значительного количества углерода, входящего в состав боковых алифатических цепей. Следует отметить, что полученные значения

отношения E_{465}/E_{665} соответствуют типичной величине этого показателя для дерново-подзолистых почв (около 4—5) [4, 10].

Выводы

1. Применение подстилочного навоза КРС, подстилочного куриного помета, торфо-жомо-дефекато-соломисто-навозного и торфо-лигнино-соломисто-навозного компостов увеличило относительное содержание ГК-1 в 1,2—1,4 раза, обеспечило накопление наиболее ценной фракции ГК-2 до 5,5—6,8 % (за исключением куриного помета, где содержание 2-й фракции было на уровне варианта без удобрений), расширило отношение $S_{ГК}/S_{ФК}$ до 0,87—0,99, что указывает на протекание процесса гумусообразования в агрономически благоприятном направлении.

2. Внесение жидкого навоза КРС и органических удобрений, получаемых на выходе биогазовой установки, уменьшило содержание ГК-2, что свидетельствует об ухудшении качества гумуса. Жидкий навоз способствовал максимальному обогащению гумуса подвижными фульвокислотами: содержание ФК-1 достигло 22,4—23,1 % от общего углерода почвы, ФК-1а — 6,3—7,2 %, отношение $S_{ГК}/S_{ФК}$ сузилось до 0,80.

3. При внесении двойных доз жидких органических удобрений и подстилочного куриного помета содержание всех фракций гумусовых веществ увеличивалось по сравнению с одинарной дозой, но резких изменений во фракционно-групповом составе не наблюдалось.

4. Применение вермикомпоста в дозе 15 т/га увеличило сумму гуминовых кислот до 36,0 %, фульвокислот — до 38,8 %. Увеличение данных показателей происходило в основном за счет подвижных фракций: содержание ГК-1 увеличилось на 6,8 % относительно неудобренного варианта, ФК-1 — на 4,6 %; отмечено расширение отношения $S_{ГК}/S_{ФК}$ до 0,93.

Литература

1. Тюрин, И.В. Органическое вещество почвы и его роль в плодородии / И.В. Тюрин. — М.: Наука, 1965. — 320 с.
2. Кононова М.М. Органическое вещество почвы / М.М. Кононова. — М.: Изд-во АН СССР, 1963. — 314 с.
3. Александрова, Л.Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации / Л.Н. Александрова. — Л.: Наука, 1980. — 288 с.
4. Орлов, Д.С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации / Д.С. Орлов. — М.: Из-во МГУ, 1990. — 325 с.
5. Овчинникова, М.Ф. Изменение состава и свойств гумусовых веществ дерново-подзолистой почвы под влиянием разных факторов / М.Ф. Овчинникова // Почвы России: современное состояние, перспективы изучения и использования: материалы VI съезда общества почвоведов им. В.В. Докучаева, Всероссийской с межд. участием науч. конф., Петрозаводск—Москва, 13-18 авг. 2012 г. / Карельский науч. центр РАН; отв. ред: С.А. Шоба [и др.]. — Петрозаводск, 2012. — Кн. 2. — С. 193—195.

6. Методические указания по определению содержания и состава гумуса в почвах (минеральных и торфяных) / В.В. Пономарева, Т.А. Плотникова; Центр. музей почвоведения им. В.В. Докучаева. — Л., 1975. — 105 с.

7. Филон, И.И. Влияние сельскохозяйственного освоения и длительного применения удобрений на гумусное состояние темно-серых лесных почв / И.И. Филон, И.А. Шеларь // *Агрохимия*. — 2002. — № 1. — С. 16-21.

8. Минакова, О.А. Влияние длительного применения минеральных удобрений и навоза на гумусовое и азотное состояние чернозема ывыщелоченного в зерносвекловичном севообороте лесостепи ЦЧЗ / О.А. Минакова, Л.В. Тамбовцева, А.И. Громовик // *Агрохимия*. — 2011. — № 5. — С. 18-25.

9. Овчинникова, М.Ф. Особенности трансформации гумусовых веществ дерново-подзолистых почв при агрогенных воздействиях // *Вестник МГУ*. — 2009. — № 1. — с.12-18

10. Органическое вещество целинных и освоенных почв: экспериментальные данные и методы исследования / Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева; отв. ред М.М. Кононова. — М.: Наука, 1972. — 279 с.

Summary

E. Bogatyrova, O. Biryukova, T. Seraya, E. Mezentseva

THE INFLUENCE OF ORGANIC FERTILIZERS DIFFERENT TYPES AND DOSES ON THE HUMUS QUANTITATIVE AND QUALITATIVE COMPOSITION OF SOD-PODZOLIC SANDY LOAM SOIL

The influence of organic fertilizers different types and doses on a factional-group humus composition on sod-podzolic sandy loam soil is studied. Litter manure, chicken manure and composts application has increased content of HA-1 in 1,2-1,4 times, has ensured accumulation HA-2 to 5,5-6,8% (except chicken manure), has expanded the ratio of C_{HA} / C_{FA} to 0,87-0,99, providing the flow of humusification process in agriculturally favorable direction.

Поступила 15 марта 2013 г.