

УДК 631.417.2:631.445.24:631.8

ИЗМЕНЕНИЕ КАЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА ГУМУСА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ПРИМЕНЕНИИ УДОБРЕНИЙ

**В. А. ЧЕРНИКОВ, С. Э. СТАРЫХ, В. А. КОНЧИЦ, А. Д. ХЛЫСТОВСКИЙ,
О. А. ПТИЦИНА**

(Кафедра физической и коллоидной химии)

Приводятся данные об изменении гидрофильности почвы, кислотнo-солевого и фракционно-группового состава и коэффициентов цветности при длительном применении минеральных и органических удобрений.

Систематическое применение больших норм минеральных и органических удобрений приводит не только к значительному увеличению урожаев сельскохозяйственных культур, но и к изменению процессов почвообразования [1, 6, 10]. В длительно удобряемой почве повышается

содержание усвояемых питательных веществ, общего углерода и азота [6, 11, 17]. Изменяется также содержание органического вещества и его качественный состав, однако этот вопрос все еще остается не выясненным.

Нами изучалось влияние длительного применения удобрений на качественный состав органического вещества почвы по данным фракционно-группового, кислотно-солевого составов и спектрофотометрии в видимой области. Об изменении гидрофильности почвы судили по набуханию.

Методика

Исследовали дерново-среднеподзолистую почву тяжелосуглинистого механического состава в длительном стационарном опыте Д. Н. Прянишникова, заложенном в 1931 г. на Долгопрудненской агрохимической опытной станции.

Агрохимическая характеристика почвы в момент закладки опыта была следующей: содержание общего гумуса — 1,06 %, общего азота — 0,106 %, P_2O_5 по Кирсанову и K_2O по Масловой соответственно 3 и 8 мг/100 г, рН_{сол} — 3,9, Нг — 4,1, S — 8 мэкв в 100 г [9].

Опыт представлен 4-польным севооборотом: пар клеверный — озимые (в 1932—1958 гг. — рожь, с 1959 г. — пшеница) — картофель — яровые. Сравнивали эффективность эквивалентных по количеству N, P, K, Ca норм навоза и минеральных удобрений на двух фонах: с известью и без нее. В 1947 г. известь вносили по N_1 , в 1970 г. — по 0,5 N_1 , в 1981 г. — по N_1 . В течение 44 лет за ротацию севооборота было внесено 36 т навоза на 1 га, с 1975 г. — 60 т. В первом случае количество навоза под каждую культуру — озимую рожь (пшеницу), картофель и овес — соответственно 12 т/га, в последнем под озимую пшеницу и картофель — 24, под овес — 12 т/га. Минеральные удобрения вносили под предпосевную культивацию под те же культуры, что и навоз. В 1931 —

1960 гг. применяли Ca с учетом его содержания в навозе, а с 1961 г. — исходя из нейтрализующей способности навоза. Минеральные удобрения использовали в форме аммиачной селитры, простого гранулированного суперфосфата и хлористого калия, Ca — в виде мела. В течение 55 лет ежегодно под каждую культуру севооборота вносили 60N30P50K (кг д. в. на 1 га), что соответствует 12 т навоза на 1 га до 1975 г. и 120N60P100K, или 24 т навоза на 1 га (с 1975 г.). Повторность 4-кратная. Площадь опытной делянки 75 м².

Образцы почвы отбирали и подготавливали к анализам по общепринятой методике. Набухание почвенных образцов исследовали на приборе Васильева. Максимальное значение набухания (Q_m) и константу скорости набухания (K) вычисляли по уравнению С. Н. Алешина [4, 6]. Фракционно-групповой состав гумуса определяли по методу И. В. Тюрина в модификации В. В. Пономаревой и Т. А. Плотниковой [15]. Кислотно-солевое отношение устанавливали по методике кафедры физической и коллоидной химии [5, 7, 16] без разделения гумусовых соединений. Вместо спектрофотометрического анализа проводили определение массы извлекаемых соединений. Использовали спектрофотометр «Хитачи» (Япония) в видимой области спектра (от 400 до 700 нм).

Результаты

Содержание органического вещества в почве, по данным одних исследователей [12], положительно влияет на ее способность к набуханию. По мнению других [8, 13], удаление органического вещества из почвы может привести к увеличению ее набухания, что определяется качественным составом гумуса.

Результаты определения Q_m и K графическим путем приведены в табл. 1.

В контрольном варианте значения Q_m и K были значительно меньше, чем в вариантах с удобрением. При известковании почти в 2 раза увеличился первый показатель и несколько повышался последний. В ре-

Т а б л и ц а 1

Набухание и константа скорости набухания почвы

Вариант опыта	Q_m , 10 мм ²	K	Вариант опыта	Q_m , 10 мм ²	K
Контроль	126	0,0378	Навоз+известь	749	0,0920
Известь	227	0,0404	NPK	523	0,0797
Навоз	900	0,0396	NPK+известь	1037	0,4820

зультате внесения навоза резко возрастали значения Q_m , а значения К практически не изменялись. Применение навоза на фоне извести приводило к уменьшению Q_m (до $749 \cdot 10^2$ мм), но при этом резко возрастала величина К. При внесении минеральных удобрений оба показателя были выше, чем в контроле и в почве после известкования. Применение навоза вызывало более значительное увеличение Q_m , чем использование минеральных удобрений, но величина К была более высокой в последнем случае. Тот и другой показатели оказались максимальными при совместном применении минеральных удобрений и извести. Увеличение К свидетельствует о повышении гидрофильности гумусовых кислот, т. е. применение минеральных удобрений способствует изменению качественного состава органического вещества (увеличение содержания компонентов, находящихся на ранней стадии гумификации и являющихся более доступными для растений).

Общее содержание гумуса в дерново-среднеподзолистой почве при длительном применении удобрений было невысоким (табл. 2), что объ-

Т а б л и ц а 2

Фракционно-групповой состав гумуса (С фракций гумуса, % к $C_{\text{Общ}}$)

Вариант опыта	Гумус, %	$C_{\text{ГК}}$			$C_{\text{ФК}}$				$\frac{C_{\text{ГК}}}{C_{\text{ФК}}}$	$Q_{4/9}$
		1	2	3	1 ^а	1	2	3		
Контроль	0,73	1,58	21,44	8,22	5,92	7,44	3,24	8,36	1,25	4,37
Известь	0,77	2,47	20,65	8,83	5,30	5,55	5,87	7,79	1,30	4,49
Навоз	0,94	3,78	19,20	9,57	5,96	7,34	2,66	7,34	1,40	4,35
Навоз+известь	0,99	4,04	20,60	9,70	5,26	6,00	5,12	8,48	1,39	4,31
НРК	0,78	3,66	19,16	10,38	6,80	6,28	4,74	7,95	1,28	3,94
НРК+известь	0,79	4,12	17,90	12,53	6,33	5,19	8,23	7,09	1,29	3,95

ясняется ограниченным поступлением органического вещества в почву и его активной минерализацией микроорганизмами. Меньше всего гумуса содержалось в контроле и при внесении извести. Более благоприятный гумусовый режим наблюдался при использовании навоза. Наиболее значительно увеличивалось содержание гумуса при внесении навоза по фону извести. В то же время максимум свободных ГК отмечен при совместном применении навоза и минеральных удобрений по фону извести. Во всех вариантах с известкованием и прежде всего при внесении минеральных удобрений по фону извести резко возрастало содержание ФК, связанных с Са. Это может свидетельствовать о том, что Са в первую очередь взаимодействует с ФК, содержащими большое количество функциональных групп. При этом фульваты Са являются менее устойчивыми и более подвижными соединениями, чем гуминаты Са. При внесении навоза по фону извести количество ГК, связанных с Са, такое же, как и при одном известковании, но выше, чем в варианте с минеральными удобрениями и известью. Из соотношения $C_{\text{ГК}} : C_{\text{ФК}}$ следует, что во всех вариантах опыта органическое вещество отличается фульватно-гуматным характером (табл. 2), наилучший качественный состав свойствен гумусу при внесении навоза как по фону извести, так и без нее. Сумма ГК и ФК составляет 56,20—61,39 % к содержанию С гумуса, остальная часть приходится на С гумина. Причем применение органических и минеральных удобрений приводит к увеличению суммы ГК и ФК, т. е. содержание функции гумина уменьшается, особенно в варианте с минеральными удобрениями, вносимыми по фону извести. Это свидетельствует о том, что применение удобрений способствует мобилизации пассивных форм органического вещества. Последнее подтверждается также максимальными значениями Q_m и К при внесении минеральных удобрений по фону извести.

Об изменении качественного состава ГК дерново-среднеподзолистой почвы при длительном внесении удобрений мы судили по оптической

плотности, или коэффициенту цветности ($Q_{4/6}$), 2-й фракции (табл. 2). Наибольшее значение $Q_{4/6}$ при длинах волн 465 и 665 нм было в контроле и при внесении извести. В вариантах с навозом по фону извести и без нее этот показатель практически не различался. При внесении минеральных удобрений по фону извести и без извести значение $Q_{4/6}$ уменьшалось.

Данные о кислотно-солевом составе гумуса позволяют оценить его агрономическую ценность (кислотно-солевое отношение). Установлено, что оксалат Na извлекают в основном гуматы, а 0,1 н. NaOH — гумусовые кислоты [2, 3, 5, 7, 16]. Как показали результаты наших исследований, почти во всех вариантах гуматы преобладают над гумусовыми кислотами (табл. 3). Это свидетельствует о том, что гумусовые кислоты находятся преимущественно в солевой форме, причем в вариантах с навозом кислотно-солевое отношение увеличивается в большей мере, чем в вариантах с минеральными удобрениями. Под влиянием известкования данное отношение также заметно возрастает. В контроле гумусовых кислот содержится больше, чем гуматов, что наблюдается и при внесении одних минеральных удобрений. Хотя общее содержание гумусовых кислот и гуматов в последнем варианте выше, тем не менее отношение гуматов к гумусовым кислотам практически не меняется.

Для установления изменений качественного состава гумуса нами использовался не только показатель $Q_{4/6}$, но и так называемый коэф-

Т а б л и ц а 3

Кислотно-солевой состав и коэффициенты цветности гумусовых веществ дерново-среднеподзолистой почвы

Вариант опыта	Гумусовые вещества	Гуматы	$\frac{\text{Гуматы}}{\text{гумусовые кислоты}}$	рН _{вод}	$Q_{4/6}$	А
	г/100 г					
Контроль	0,57	0,55	0,96	5,24	5,65	4,08
Известь	0,54	0,56	1,04	5,89	6,14	4,75
Навоз	0,60	0,63	1,05	5,50	5,54	3,83
Навоз+известь	0,52	0,60	1,15	6,31	5,58	4,50
НРК	0,59	0,56	0,95	5,32	5,47	3,63
НРК+известь	0,58	0,62	1,07	6,08	5,54	4,17

фициент А [2], позволяющий судить о структурных особенностях гумусовых соединений.

Из данных табл. 3 видно, что значение А и $Q_{4/6}$ максимальны при внесении извести, причем коэффициент $Q_{4/6}$ варьирует в более широких пределах и его значения выше, чем значения коэффициента А. Менее сложные в химическом отношении гумусовые кислоты характерны для контроля и варианта с внесением извести, более сложные — для вариантов с применением органических и минеральных удобрений. Это является косвенным доказательством повышения интенсивности биохимических процессов в почве, в результате которых усложняется строение гумусовых кислот. При внесении минеральных удобрений без известкования почвы в составе гумусовых веществ повышается доля ароматических структур, что обусловлено более «жесткими» условиями процесса гумификации, проходящего в кислой среде. Внесение извести приводит к усилению процесса новообразования гумусовых соединений. На процессы превращения органического вещества применение навоза оказывает более сильное положительное действие, чем внесение одних минеральных удобрений. Особенно эффективно унавоживание по фону известкования. При сравнении известкованных и неизвесткованных вариантов видно, что в первом случае гумусовые кислоты имеют менее сложное строение, т. е. при известковании создаются более благоприятные условия для гумификации и образования гумуса. При внесении ми-

неральных удобрений и навоза на фоне извести уменьшается кислотность почвы.

Таким образом, известкование дерново-среднеподзолистых почв является мощным фактором воздействия как на содержание органического вещества, так и на его качественный состав. Изменение последнего проявляется в усложнении строения гумусовых веществ, извлекаемых 0,1 н. NaOH, что связано с преобладанием в их составе агрономически более ценных фракций ГК-

Выявлена положительная роль удобрений и известкования в изменении качественного состава органического вещества почвы и прежде всего в изменении лабильной части органического вещества, как наиболее чувствительной к земледельческим приемам [14].

Выводы

1. Внесение как минеральных, так и органических удобрений способствует увеличению емкости набухания, т. е. гидрофильности почвы в целом. При этом органические удобрения в отличие от минеральных не влияют на механизм этого процесса, поскольку константа скорости набухания не изменяется.

2. Органические удобрения в большей степени, чем минеральные, обогащают почву органическим веществом. Внесение навоза усиливает процессы новообразования гумусовых веществ, что подтверждается более высокими значениями коэффициентов цветности.

3. Менее сложные по строению гумусовые кислоты характерны для контроля и варианта с известью, более сложные — для вариантов с удобрениями. Это свидетельствует о том, что при внесении удобрений усиливаются биологические процессы в почве, приводящие к некоторому уменьшению количества компонентов периферической части и относительно увеличению количества компонентов центральной, «ядерной» части ГК.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авдонин Н. С., Аренс И. П., Степанова Л. Н. Влияние удобрений на состав и свойства дерново-подзолистых почв — Почвоведение, 1960, № 9, с. 25—34. — 2. Алешин С. Н., Болдырев А. И. Гуминовые соединения почвы и их определение. — Изв. ТСХА, 1964, вып. 2, с. 224—236. — 3. Алешин С. Н., Курбатов А. И. Качественная и количественная характеристика гуминовых соединений степных почв. — Докл. ТСХА, 1965, вып. 103, с. 5—10. — 4. Алешин С. Н., Соломатина И. Н. Количественная характеристика набухаемости почв. — Докл. ТСХА, 1967, вып. 124, с. 257—262. — 5. Алешин С. Н., Черников В. А. О классификации, методах выделения и количественном определении различных групп гумусовых веществ. — Изв. ТСХА, 1971, вып. 4, с. 89—94. — 6. Алешин С. Н., Шевцова Л. К., Черников В. А. К вопросу об изменении органического вещества почвы при длительном применении удобрений. — Агрохимия, 1971, № 6, с. 49—54. — 7. Алешин С. Н., Нанятшвили А. П. Кислотно-солевое соотношение гумусовых веществ в коричневых почвах Грузии. — Докл. ТСХА, 1972, вып. 176, с. 27—30. — 8. Бахтин П. У., Егоров В. Е., Лыков А. М., Прудникова А. Г. Физико-механические и технологические свойства дерново-подзолистой почвы при ее длительном и интенсивном использовании. — Изв. ТСХА, 1974, вып. 6, с. 38—47. — 9. Бугаев В. П., Хлыстовский А. Д., Вехов П. А. Минеральные и органические удобрения в севообороте на тяжелых дерново-подзолистых почвах. — Химия в сельск. хоз-ве, 1974, № 2, с. 29—38. — 10. Владимиров М. Н. Изменение содержания и состава гумуса дерново-подзолистых почв при внесении высоких доз органических удобрений. — Зап. Ленингр. с.-х. ин-та, 1972, т. 165, вып. 2, с. 17—21. — 11. Гришина Л. А., Моргун Л. В. Изменение гумусного состояния дерново-подзолистых почв Валдая в процессе окультуривания и влияния его на устойчивость агрофитоценозов. — В сб.: Системно-экологический подход к современным проблемам сельск. хоз-ва и науки. Ч. I, Горький, 1980, с. 26—27. — 12. Касатиков В. А., Черников В. А. Набухание почвы в зависимости от состава поглощенных оснований и наличия органического вещества. — Материалы IV научн. конф., Целиноград, 1970. — 13. Кузнецов А. В., Алешин С. Н. О набухании дерново-подзолистых почв. — Докл. ТСХА, 1965, вып. 115, ч. 2, с. 13—19. — 14. Лыков А. М., Черников В. А., Боинчан Б. П. Оценка гумуса почв по характеристике его лабильной части. — Изв. ТСХА, 1981, вып. 5, с. 65—70. — 15. Пономарева В. В., Плотникова Т. А. Методика и некоторые ре-

зультаты фракционирования гумуса черноземов. — Почвоведение, 1968, № 11, с. 114—117. — 16. Черников В. А., Касатиков В. А. Соотношение кислотных и солевых форм гумусовых соединений

в различных типах почв. — Докл. ТСХА, 1971, вып. 172, с. 16—20. — 17. Bizik J. — Agrochemia (CSSR), 1977, 17, N 2, с. 33—37.

Статья поступила 5 ноября 1987 г.

SUMMARY

The effect of long-term application of fertilizers on qualitative composition of soil organic matter according to the data of fractional-group and acid-salt composition and spectrophotometry in the visible area is discussed in the paper. The object of investigation was soddy-podzolic soil of heavy loam texture used in the long-term stationary experiment of D. N. Pryanishnikov which was established in 1931 at Dolgoprudny Agrochemical station.

It has been found that in check variants there is negative humid balance, the most favourable humus regime being achieved under manure application, especially on lime background. The qualitative humus composition is the best when manure is applied both on lime background and without lime. Fertilizers make biological processes in the soil more intensive, which leads to somewhat lower amount of components in peripheral part of humic acids and, as a result to higher amount of components in central ("nuclear") part.