

УДК 631.417.2:631.821

**КАЧЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ГУМУСОВЫХ КИСЛОТ  
ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ  
ПРИ РАЗНЫХ ДОЗАХ И ФОРМАХ ИЗВЕСТИ**

**В. А. ЧЕРНИКОВ, АХМАД АБДУЛ ХАМИД**

(Кафедра экологии)

Изучалось влияние различных форм и доз извести, вносимой как на фоне 120N60P90K, так и без минерального удобрения, на качественный состав органического вещества почвы. Приводятся данные об изменении гидрофильности почвы, кислотно-солевого и фракционно-группового состава гумуса.

Для современного этапа развития земледелия характерен новый подход к изучению взаимодействия

удобрений с почвой и растениями, не только с агрономической и экономической точек зрения, но и с по-

зиции экологии, т. е. воздействия их на агробиоценоз [8].

В окультуривании почв ведущая роль принадлежит рациональному применению удобрений и извести. Систематическое их внесение наряду с увеличением урожайности сельскохозяйственных культур также приводит к изменению качественного состояния почвы. Длительно удобряемая почва, помимо аккумуляции питательных элементов, способна накапливать значительное количество токсичных элементов без видимых последствий. Причем в первую очередь изменяется лабильная часть органического вещества, наиболее чувствительная к приемам земледелия и доступная растениям. В связи с этим важное значение имеет ранняя диагностика неблагоприятных изменений почвы, которая позволяет предупредить развитие деградационных процессов [6].

Нами изучалось влияние различных доз извести в форме  $\text{CaCO}_3$  и  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  на качественный состав органического вещества почвы по данным фракционно-группового и кислотно-солевого состава. Об изменении ее гидрофильности судили по набуханию.

#### Методика

Исследования проводили в длительном опыте Института кормов Московской области, заложенном в 1935 г. Почва дерново-среднеподзолистая среднесуглинистая глубоко оглеенная на покровном суглинке. В опыте изучалось влияние разных доз извести, вносимых на фоне минеральных удобрений и без них, на формирование травостоя. Злаковую травосмесь, состоящую из овсяницы луговой, тимофеевки луговой и мятлики луговой, высевали на участке после сведения смешанного леса (в 30-е годы). Такое синантропное формирование суходольного луга является типичным для лесной зоны.

Агрохимическая характеристика почвы в момент закладки опыта была следующей: содержание общего углерода — 2,03 %, общего азота — 0,12 %;  $\text{P}_2\text{O}_5$  по Кирсанову и  $\text{K}_2\text{O}$  по Пейве — соответственно 7 и 4 мг/100 г,  $\text{pH}_{\text{кол}}$  — 4,3,  $\text{H}_r$  — 6,7 мэкв/100 г [4]. Варианты опыта: 1-й — заповедник (контроль), 2-й — 6 т/га  $\text{CaCO}_3$ ; 3-й — 6 т/га  $\text{CaCO}_3$  — 120N60P90K; 4-й — 12 т/га  $\text{CaCO}_3$ ; 5-й — 24 т/га  $\text{CaCO}_3$ ; 6-й — 72 т/га  $\text{CaCO}_3$ ; 7-й — 72 т/га  $\text{CaCO}_3$  + 120N60P90K; 8-й — 60 т/га  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ; 9-й — 120 т/га  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ; 10-й — 120 т/га  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  + 120N60P90K.

Образцы почвы отбирали и подготавливали по общепринятой методике. Набухание почвенных образцов исследовали на приборе Васильева. Максимальное значение набухания ( $Q_m$ ) и константу скорости этого процесса ( $K$ ) вычисляли по уравнению С. Н. Алешина [1]. Фракционно-групповой состав гумуса определяли по методу И. В. Тюрина в модификации В. В. Пономаревой и Т. А. Плотниковой [11]. Кислотно-солевое отношение устанавливали по методике кафедры физической и коллоидной химии Тимирязевской академии [3, 14] без разделения гумусовых соединений.

#### Результаты

Органическое вещество почвы, по данным одних авторов [7, 13], положительно влияет на ее способность к набуханию. Поступающие растительные остатки способствуют повышению доли водорастворимого органического вещества в составе гумуса, что приводит к увеличению его лабильности [16]. Длительное внесение минеральных удобрений, особенно на фоне извести, усиливает гидрофильность гумуса [15]. По мнению других исследователей, увеличение содержания органического

вещества в почве снижает способность агрегатов к набуханию и увеличивает силу сцепления между ними [5, 9, 17].

Результаты определения значений  $Q_m$  и  $K$ , рассчитанных нами с помощью программы DJNAR, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Набухание и константа скорости набухания почвы

| Вариант опыта | Гумус, % | $Q_m \cdot 10 \text{ мм}^2$ | $K$   |
|---------------|----------|-----------------------------|-------|
| 1 (контроль)  | 3,72     | 113                         | 0,008 |
| 2             | 3,94     | 164                         | 0,006 |
| 3             | 3,33     | 111                         | 0,009 |
| 4             | 3,48     | 131                         | 0,007 |
| 5             | 3,49     | 90                          | 0,018 |
| 6             | 3,48     | 121                         | 0,008 |
| 7             | 3,06     | 116                         | 0,008 |
| 8             | 3,62     | 132                         | 0,007 |
| 9             | 3,58     | 87                          | 0,010 |
| 10            | 3,26     | 130                         | 0,018 |

При внесении  $\text{CaCO}_3$  в дозе 6 т/га без минеральных удобрений значение  $Q_m$  было максимальным. Увеличение гидрофильности почвы в первую очередь обусловлено наличием свежего органического вещества, находящегося на ранней стадии гумификации, на что указывает макси-

мальное для данного варианта значение содержания гумуса.

При увеличении дозы извести соответственно до 12, 24 и 72 т/га значение  $Q_m$  уменьшилось, что можно объяснить образованием гуматов кальция (табл. 2). Для этих вариантов характерен рост значения  $K$ . Поскольку в данных вариантах общее содержание гумуса практически одинаковое, изменения как  $Q_m$ , так и  $K$  можно отнести за счет изменения его природы. Вероятно, здесь наблюдается трансформация гидрофобной части органических коллоидов.

В случае внесения извести в дозе 6 т/га на фоне минеральных удобрений значение  $Q_m$  значительно уменьшается, что прежде всего связано с потерей гумуса, при этом величина  $K$  практически не меняется.

Применение  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  в дозе 60 т/га привело к более существенному увеличению  $Q_m$  ( $132 \cdot 10^2 \text{ мм}$ ), чем в варианте с  $\text{CaCO}_3$  даже в дозе 72 т/га. Увеличение гидрофильности почвы, по-видимому, связано с повышением содержания гумуса с 3,48 до 3,62 %. Удвоение дозы  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  вызвало уменьшение значения  $Q_m$  почти в 2 раза, но практически не сказалось на величине  $K$  (табл. 1). Вероятно, уменьшение гидрофиль-

Таблица 2

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

| Вариант опыта       | $S_{\text{общ}}$ , % | Фракции $S_{\text{Тк}}$ |       |      | Фракции $S_{\text{Фк}}$ |      |      | $S_{\text{Тк}}/S_{\text{Фк}}$ | $S_{\text{Тк}}+S_{\text{Фк}}$ |       |
|---------------------|----------------------|-------------------------|-------|------|-------------------------|------|------|-------------------------------|-------------------------------|-------|
|                     |                      | 1                       | 2     | 3    | 1*                      | 1    | 2    |                               |                               | 3     |
| 1 (контроль)        | 2,16                 | 9,26                    | 21,99 | 8,33 | 4,63                    | 6,47 | 0,94 | 4,17                          | 2,40                          | 55,09 |
| 2                   | 2,29                 | 27,70                   | 5,49  | 6,11 | 5,68                    | 1,57 | 4,98 | 7,86                          | 1,96                          | 59,39 |
| 3                   | 1,93                 | 25,39                   | 12,95 | 7,25 | 6,22                    | 1,03 | 3,11 | 8,81                          | 2,38                          | 64,76 |
| 4                   | 2,02                 | 26,24                   | 9,40  | 7,42 | 6,44                    | 2,47 | 2,48 | 9,40                          | 2,07                          | 63,85 |
| 5                   | 2,03                 | 25,12                   | 8,38  | 6,90 | 5,91                    | 1,97 | 5,91 | 10,84                         | 1,64                          | 65,03 |
| 6                   | 2,02                 | 9,90                    | 19,80 | 9,90 | 4,95                    | 7,92 | 3,96 | 6,43                          | 1,70                          | 62,86 |
| 7                   | 1,78                 | 14,61                   | 25,84 | 8,43 | 6,18                    | 1,12 | 1,69 | 8,99                          | 2,72                          | 66,86 |
| 8                   | 2,10                 | 11,62                   | 24,09 | 8,57 | 5,24                    | 1,90 | 0,48 | 8,57                          | 2,73                          | 60,47 |
| 9                   | 2,08                 | 8,65                    | 26,93 | 9,13 | 5,29                    | 1,44 | 0,48 | 10,14                         | 2,51                          | 62,51 |
| 10                  | 1,89                 | 13,23                   | 23,84 | 9,52 | 4,76                    | 1,59 | 2,11 | 10,58                         | 2,45                          | 65,63 |
| НСР <sub>0,95</sub> | 0,087                |                         |       |      |                         |      |      |                               | 1,47                          |       |

ности почвы связано как с некоторым уменьшением содержания гумуса, так и с увеличением в его составе доли 2-й фракции ГК (табл. 2).

Особый интерес представляют данные, полученные в 10-м варианте. Так, при внесении 120 т/га Са(ОН)<sub>2</sub> на фоне минеральных удобрений, значение  $Q_m$  возросло с 87 до  $130 \cdot 10^2$  мм и несколько увеличилась величина  $K$ . Можно предположить, что систематическое применение минеральных удобрений даже в вариантах с высокими дозами известки способствует формированию гумусовых веществ с меньшей степенью гумификации. Сравнение опытных и контрольного вариантов позволяет сделать вывод, что почва при отсутствии антропогенной нагрузки характеризуется меньшей гидрофильностью. Причиной повышенной гидрофобности, по-видимому, являются наличие пленок органического вещества, покрывающих минеральные компоненты почвы, и более высокая степень его гумификации.

Почва опытного участка отличается довольно высоким содержанием  $S_{\text{общ}}$  (табл. 2), что, по всей вероятности, обусловлено ежегодным поступлением живой и отмершей массы луговой растительности. Агрономически ценный состав гумуса (высокая доля 2-й фракции ГК, предположительно связанной с содержанием кальция; отношение  $C_{\text{ГК}}/C_{\text{ФК}}$  составляет 2,4) отмечен в контрольном варианте.

Внесение известки в дозе 6 т/га приводит к значительному увеличению содержания 1-й фракции, при этом почти в 4 раза уменьшается содержание гуминовых кальция. В то же время в составе ФК доля 2-й фракции, предположительно связанной с кальцием, возрастает почти в 5 раз. Таким образом, можно предположить, что при известковании почвы повышается подвижность

органического вещества (увеличивается содержание фракций 1 ГК и 1<sup>а</sup> ФК и уменьшается количество гумина), а кальций в первую очередь взаимодействует с ФК, содержащими большее количество функциональных групп. В результате изменений в составе гумуса отношение  $C_{\text{ГК}}/C_{\text{ФК}}$  уменьшается с 2,4 до 1,96.

При внесении известки в дозе 6 т/га на фоне минеральных удобрений (3-й вариант) содержание  $S_{\text{общ}}$  в почве снизилось до 1,93 %. В этом и 2-м вариантах характер распределения углерода по фракциям был аналогичным. Однако в 3-м варианте содержание 2-й фракции ГК более чем в 2 раза превышало такое же во 2-м варианте (табл. 2).

Увеличение дозы известки до 12 и 24 т/га приводило к дальнейшему уменьшению содержания  $S_{\text{общ}}$ , причем различий между этими вариантами по данному показателю не наблюдалось (табл. 2). Существенных различий в распределении углерода по фракциям ГК и ФК гумуса также не отмечено, лишь содержание 2-й фракции ФК в 5-м варианте было значительно выше, что обусловило уменьшение отношения  $C_{\text{ГК}}/C_{\text{ФК}}$  с 2,07 до 1,64.

Применение высоких доз известки (72 т/га) без удобрений не оказывало влияния на содержание  $S_{\text{общ}}$ , что согласуется с литературными данными [12]. В то же время в составе гумуса увеличилась доля 1-й и 2-й фракций ГК, отношение  $C_{\text{ГК}}/C_{\text{ФК}}$  в 6-м варианте составило 1,70 (табл. 2). При внесении данной дозы известки на фоне минеральных удобрений резко уменьшилось содержание  $S_{\text{общ}}$ , одновременно увеличилось количество углерода 2-й фракции ГК, которое достигло в этом варианте максимального значения (25,84 %). Значительно снизился выход ФК в целом, что привело к

расширению отношения  $C_{\text{тк}}/C_{\text{фк}}$  до 2,72. Сравнимая 3-й и 7-й варианты, следует отметить, что в обоих случаях под влиянием удобрений значительно возросло содержание гуминовых кальция и резко уменьшилось количество фульватов кальция.

При внесении извести в форме  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  характер изменения качественного состава гумуса был несколько иной. Отмечена стабилизация содержания  $C_{\text{общ}}$  в 8-м и 9-м вариантах. В 10-м варианте содержание  $C_{\text{общ}}$  снизилось, как в 3-м и 7-м вариантах. При внесении  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  в составе ГК была высокой доля 2-й фракции, в 10-м варианте она незначительно уменьшилась. Преобладание содержания ГК над ФК обусловило расширение отношения  $C_{\text{тк}}/C_{\text{фк}}$  (2,45...2,73). В составе ФК существенно снизилась доля 1-й фракции и увеличилась доля 3-й фракции, предположительно прочно связанной с полуторными окислами и глинистыми минералами (табл. 2).

Сумма ГК и ФК по фракциям составила 55,09...66,86 % к содержанию углерода гумуса в вариантах с  $\text{CaCO}_3$  и 55,09...65,63 % в вариантах с  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Остальная часть гумуса приходилась на углерод не-

гидролизуемого остатка. Таким образом, гумус был наименее подвижный в контрольном варианте. При внесении извести, особенно на фоне минеральных удобрений, содержание негидролизуемого остатка уменьшилось, т. е. в процессе минерализации вовлекались пассивные формы органического вещества.

Об изменении качественного состава гумусовых кислот дерново-подзолистой почвы при внесении извести как на фоне минеральных удобрений, так и без них судили по кислотно-солевому составу этих кислот. Установлено, что 0,1 н.  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$  извлекает в основном гуматы, а 0,1 н.  $\text{NaOH}$  — гумусовые кислоты [2, 14].

Как показали результаты наших исследований, практически во всех вариантах опыта гумусовые кислоты преобладали над гуматами (табл. 3). Необходимо отметить, что в контрольном варианте гумусовые кислоты практически отсутствовали и органическое вещество было представлено гуматами. Следовательно, в нативных условиях отмечается стабилизация гумуса за счет наиболее устойчивых фрагментов органического вещества.

Уменьшение солевого отношения

Таблица 3  
Кислотно-солевой состав гумусовых кислот дерново-подзолистой почвы

| Вариант опыта       | Содержание гумусовых кислот в 0,1 н. $\text{NaOH}$ , г/100 г | % от суммы гумусовых веществ | Содержание гуматов в 0,1 н. $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ , г/100 г | % от суммы гумусовых веществ | Гумусовые кислоты + гуматы, г/100 г | Отношение гуматов к гумусовым кислотам |
|---------------------|--|------------------------------|---|------------------------------|-------------------------------------|--|
| 1 (контроль)        | 0,003  | 2,31                         | 0,010   | 76,9                         | 0,013                               | 3,33                                   |
| 2                   | 0,013  | 65,0                         | 0,007   | 35,0                         | 0,020                               | 0,54                                   |
| 3                   | 0,017  | 68,0                         | 0,008   | 32,0                         | 0,025                               | 0,47                                   |
| 4                   | 0,010  | 55,6                         | 0,008   | 44,4                         | 0,018                               | 0,80                                   |
| 5                   | 0,012  | 70,6                         | 0,005   | 29,4                         | 0,017                               | 0,42                                   |
| 6                   | 0,014  | 63,6                         | 0,008   | 36,4                         | 0,022                               | 0,57                                   |
| 7                   | 0,008  | 47,1                         | 0,009   | 52,9                         | 0,017                               | 1,13                                   |
| 8                   | 0,012  | 60,0                         | 0,008   | 40,0                         | 0,020                               | 0,67                                   |
| 9                   | 0,015  | 68,2                         | 0,007   | 31,8                         | 0,022                               | 0,47                                   |
| 10                  | 0,014  | 60,9                         | 0,009   | 39,1                         | 0,023                               | 0,64                                   |
| НСР <sub>0,95</sub> | 0,012  |                              | 0,008   |                              | 0,020                               |  |

при внесении различных доз известки свидетельствует об увеличении подвижности гумуса. Максимум гумусовых кислот содержался при внесении  $\text{CaCO}_3$  в дозе 24 т/га, минимум — 72 т/га на фоне минеральных удобрений (табл. 3). По-видимому, увеличение содержания гуматов в данном варианте связано с повышением доли 2-й фракции ГК в составе гумуса. Кисотно-солевое отношение в этом варианте составило 1,13.

Выявлена положительная роль внесения как 60, так и 120 т  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  на 1 га. Отмечается устойчивое и практически одинаковое содержание гуматов и гумусовых кислот. По всей вероятности, данный состав гумуса формируется при высоком содержании 2-й фракции ГК в этих вариантах опыта (табл. 2). В литературе отмечается [10], что внесение различных доз известки в сочетании с полным минеральным удобрением и без него привело к формированию различных типов травостоя. По-видимому, разные системы удобрения оказывают влияние не только на ботанический состав травостоя, но и на дерновый процесс, а следовательно, и на качественный состав органического вещества почвы.

### Выводы

1. При внесении известки как в форме  $\text{CaCO}_3$ , так и  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  увеличивается емкость набухания почвы, т. е. ее гидрофильность.

2. Систематическое известкование почвы способствует стабилизации содержания в ней гумуса, тогда как внесение известки на фоне минеральных удобрений приводит к уменьшению содержания органического вещества.

3. Известкование почвы вызывает изменение форм связи гумусовых

кислот и перегруппировку в составе их фракций. Наиболее благоприятно известкование  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , в результате которого увеличивается содержание гуминовых кислот 2-й фракции, связанных с кальцием.

4. В результате известкования почвы, особенно на фоне минеральных удобрений, увеличивается подвижность гумуса, по-видимому, за счет мобилизации пассивных форм органического вещества.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Алешин С. Н., Соломатина И. Н. Количественная характеристика набухаемости почв.— Докл. ТСХА, 1967, вып. 124, с. 257—262.— 2. 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.— 3. Алешин С. Н., Наниташвили А. П. Кисотно-солевое соотношение гумусовых веществ в коричневых почвах Грузии.— Докл. ТСХА, 1972, вып. 176, с. 27—30.— 4. Афанасьева М. С. Сенокосы и пастбища СССР, их улучшение и использование. М., 1936.— 5. 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.— 6. Добровольский Г. В., Орлов Д. С., Гришина Л. А. Теоретическое обоснование организации почвенного мониторинга как составной части агроэкологического мониторинга в современной земледелии.— Тр. ВИУА, 1990, с. 109—114.— 7. Касатиков В. А., Черников В. А. Набухание почвы в зависимости от состава поглощенных оснований и наличия органического вещества.— Материалы IV научн. конф. Целиноград. ВНИИЗХ, 1970.— 8. Кореньков Д. А. Агроэкологические аспекты применения азотных удобрений в интенсивных технологиях.— Тр. ВИУА, 1990, с. 21—27.— 9. Кузнецов А. В., Алешин С. Н. О набухании дерново-подзолистых почв.— Докл. ТСХА, 1965, вып. 115, ч. 2, с. 13—

19.— 10. Кугузова А. А. Экологические проблемы при интенсивном применении средств химизации в луговодстве.— Тр. ВИУА, 1990, с. 99—103.— 11. Пономарева В. В., Плотникова Т. А. Методика и некоторые результаты фракционирования гумуса черноземов.— Почвоведение, 1968, № 11, с. 114—117.— 12. Удадова Л. П., Колосова А. Ф., Шильникова И. А. Влияние основного и повторного известкования на содержание органического вещества в почве.— Бюл. ВИУА, 1988, № 88, с. 83—85.— 13. Федорова Н. Н., Зуева В. С., Зверева Т. С. Сорбция воды гумусовыми веществами почв.— Вестник ЛГУ, биол., 1988, с. 25—29.— 14. Черников В. А. Соотношение

кислотных и солевых форм гумусовых соединений в различных типах почв.— Докл. ТСХА, 1971, вып. 172, с. 16—20.— 15. Шевцова Л. К. Определение гидрофильности гумуса длительно удобрявшихся почв ВНР, ПНР и СССР.— Бюл. ВИУА, 1977, № 35, с. 59—63.— 16. Шевцова Л. К., Сидорина С. И., Столба П. Д., Володарская И. В. К вопросу исследования гумуса в длительных опытах с удобрениями.— Тр. Ин-та почвовед. и агрохимии АН УзССР, 1987, № 31, с. 127—133.— 17. Guerif J.— Ann. agron., 1979, t. 30, N 6, S. 469—480.

Статья поступила  
15 сентября 1992 г.

### SUMMARY

The effect of different forms and doses of lime applied both on the background of 120N60P90K and without mineral fertilizers on qualitative composition of soil organic matter was studied. The data are presented about changes in soil hydrophily, acid-salt and fraction-group composition of humus. It has been found that application of lime and  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  increases soil hydrophily, the mobility of humic compounds getting more intensive (mainly due to mobilization of passive forms of organic matter). When lime is applied as  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , the share of agronomically more valuable 2-nd fraction of humic acids in humus is higher than when it is applied as  $\text{CaCO}_3$ .