

## СОДЕРЖАНИЕ И СОСТАВ ГУМУСА ЧЕРНОЗЕМОВ ВЫЩЕЛОЧЕННЫХ В ОПЫТЕ С УДОБРЕНИЯМИ

Л. Д. Стахурлова<sup>1</sup>, Д. И. Щеглов<sup>1</sup>, А. И. Громовик<sup>1</sup>, О. А. Минакова<sup>2</sup>, М. П. Комарова<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Воронежский государственный университет,

<sup>2</sup> Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы и сахара им. А. Л. Мазлумова

Поступила в редакцию 30.07.2009 г.

**Аннотация.** Выявлено, что выращивание культур в севообороте без использования удобрений приводит к заметному снижению гумуса, изменяется его качественный состав. В составе гумуса исследуемых почв преобладают гуминовые кислоты. Показано, что удобрения оказывают слабое воздействие на состояние почвенно-поглощающего комплекса черноземов, при систематическом использовании повышенных доз минеральных удобрений отмечается тенденция снижения суммы кальция и магния.

**Ключевые слова:** чернозем выщелоченный, гумус, минеральные удобрения, органические удобрения, содержание гумуса, качественный состав гумуса, гуминовые кислоты, фульвокислоты, гумин, сумма кальция и магния.

**Abstract.** It has been revealed that growing of crops in the rotation without of fertilizers leads to reducing of humus content, its qualitative composition changes. Humic acids predominant in the composition of humus of the soil that has been investigated. Fertilizers influence slightly on the soil exchangeable complex of chernozems. It has been shown that systematic using of higher doses of mineral fertilizers tends to the reducing of the sum of calcium and magnesium.

**Keywords:** leached chernozem, humus, mineral fertilizers, organic matter, content of humus, qualitative composition of humus, humic acids, humin, sum of calcium and magnesium.

### ВВЕДЕНИЕ

Гумус является той частью почвы, которая выполняет одну из главных функций в создании необходимых условий для роста и развития растений. Он включает в себя основные элементы питания растений, которые образуются в почве в процессе его минерализации. В последнее время установлено еще более разностороннее и глубокое влияние составных частей гумусовых веществ на растения. Поступая в растения, они влияют на «... процессы, связанные с физиологией и обменом веществ растительного организма, а также участвуют в повышении эффективности минеральных удобрений [6, 7, 9, 11, 12]. Все это заставляет обратить особое внимание на изучение не только запасов гумуса под влиянием различных агротехнических приемов, но и на изменение его качественного состава. Существует мнение, что систематическое внесение минеральных удобрений способствует ухудшению гумусного состояния и в целом физико-химических показателей почв. Однако, в изменении органической части почвы большое значение имеет система

земледелия. При высокой культуре земледелия на фоне органических и минеральных удобрений потери гумуса ниже, чем на удобренных фонах [1, 2, 4, 5]. В то же время подтвердить или опровергнуть этот факт, можно только в условиях длительных стационарных наблюдений. В этой связи целью настоящего исследования было определение основных показателей плодородия (общий гумус, групповой и фракционный состав гумуса, содержание ППК) черноземов выщелоченных при использовании различных доз органических и минеральных удобрений в условиях длительного стационарного опыта.

### ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводили на базе ВНИИСС им. А. Л. Мазлумова (Рамонь, Воронежская область) на стационарном опыте, заложенном в 1936 году. Объектом служили черноземы выщелоченные среднегумусные среднемощные тяжелосуглинистые на карбонатных лессовидных суглинках. В слое 0—20 см содержалось 6.16% гумуса, 11,2 мг  $P_2O_5/100$  г почвы, 11,5 мг  $K_2O/100$  г почвы, pH 6,5,  $H^+$  3,2 мг-экв/100 г почвы,  $V$  90,7%.

Были выбраны следующие варианты опыта: контроль без удобрений,  $N_{45}P_{45}K_{45} + 25$  т/га навоза,

© Стахурлова Л. Д., Щеглов Д. И., Громовик А. И., Минакова О. А., Комарова М. П., 2009

$N_{45}P_{45}K_{45} + 50$  т/га навоза,  $N_{90}P_{45}K_{45} + 25$  т/га навоза,  $N_{90}P_{90}K_{90} + 25$  т/га навоза,  $N_{135}P_{135}K_{135} + 25$  т/га навоза,  $N_{190}P_{190}K_{190}$ . Применяли минеральные удобрения в виде аммиачной селитры (34%), суперфосфата двойного гранулированного (39%) и калийной соли (40%). Агротехника возделывания сахарной свеклы и других культур была общепринятой для зоны. Для изучения основных показателей плодородия почвы с каждой делянки отбирали буром смешанные образцы из пяти точек в слоях 0—20, 20—40 и 40—60 см конвертным способом в начале и в середине вегетации сахарной свеклы. Анализ почвенных образцов проводили по общепринятым методам: определение кальция и магния комплексометрически, pH водной и солевой вытяжек потенциометрически,  $H_T$  по Каппену, определение группового и фракционного состава гумуса по схеме И. В. Тюрина в модификации В. В. Пономаревой и Т. А. Плотниковой [10].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Гумус является интегрирующим показателем, определяющим большинство свойств почв и в целом их плодородие. Вместе с тем он достаточно быстро реагирует на внешние воздействия естественного и, главным образом, антропогенного характера, являясь надежным индикатором происходящих в почве изменений. Достигнув определенного равновесного состояния при данных биоклиматических условиях, содержание гумуса может оставаться таковым достаточно длительное время до тех пор, пока не изменятся факторы гумусообразования, особенно в результате нарушения земледельческой технологии [2, 8]. Черноземы выщелоченные Рамонского района Воронежской области характеризуются относительно невысоким содержанием гумуса. В слое 0—20 см целинного участка его содержание достигает 6%. Вниз по профилю его количество медленно снижается и в слоях 20—40 см и 40—60 см составляет соответственно 5,7 и 4,9% [4, 5].

При длительном использовании (в течение 72 лет) черноземов выщелоченных без внесения удобрений содержание гумуса в 0—20 см слое почвы снизилось на 16% и составляло 5,04 против 6,1% на целинном участке и 6% на опытном участке перед началом эксперимента (1936 г.). Низкие дозы минеральных удобрений ( $N_{45}P_{45}K_{45}$ ) на фоне 25 и 50 т/га навоза не способствовали повышению содержания гумуса в пахотном слое (табл. 1) по сравнению с контрольным вариантом. Внесение двойной дозы азота ( $N_{90}P_{45}K_{45}$ ) и полного минерального комплекса ( $N_{90}P_{90}K_{90}$ ) на фоне 25 т/га навоза

привело к незначительному снижению общего содержания гумуса на 6,9 и 4,8% соответственно по сравнению с целинным участком, и увеличению содержания гумуса на 12,7 и 15,3% соответственно по сравнению с контрольным вариантом опыта. Применение тройной дозы минеральных удобрений ( $N_{135}P_{135}K_{135}$ ) на фоне 25 т/га навоза стабилизирует содержание гумуса в черноземах выщелоченных (табл. 1). Использование повышенных доз только минеральных удобрений ( $N_{190}P_{190}K_{190}$ ) не привело к стабилизации содержания гумуса, наоборот, его количество по сравнению с целинным участком снизилось на 10%, а по сравнению с контролем — увеличилось только на 7,01%. Вниз по профилю

Таблица 1  
Изменение содержания гумуса в черноземах выщелоченных в длительном опыте с удобрениями (данные 2008 г.)

|                                             |       |      |
|---------------------------------------------|-------|------|
| Целина,<br>данные ВНИИСС                    | 0—20  | 6,10 |
|                                             | 20—40 | 5,74 |
|                                             | 40—60 | 4,91 |
| Контроль                                    | 0—20  | 5,04 |
|                                             | 20—40 | 4,43 |
|                                             | 40—60 | 3,88 |
| $N_{45}P_{45}K_{45}$<br>+ 25 т/га навоза    | 0—20  | 5,09 |
|                                             | 20—40 | 4,83 |
|                                             | 40—60 | 4,56 |
| $N_{90}P_{45}K_{45}$<br>+ 25 т/га навоза    | 0—20  | 5,68 |
|                                             | 20—40 | 4,70 |
|                                             | 40—60 | 3,84 |
| $N_{135}P_{135}K_{135}$<br>+ 25 т/га навоза | 0—20  | 5,94 |
|                                             | 20—40 | 5,29 |
|                                             | 40—60 | 4,33 |
| $N_{45}P_{45}K_{45}$ +<br>50 т/га навоза    | 0—20  | 5,31 |
|                                             | 20—40 | 4,50 |
|                                             | 40—60 | 3,86 |
| $N_{90}P_{90}K_{90}$ +<br>25 т/га навоза    | 0—20  | 5,81 |
|                                             | 20—40 | 5,19 |
|                                             | 40—60 | 4,47 |
| $N_{190}P_{190}K_{190}$                     | 0—20  | 5,40 |
|                                             | 20—40 | 4,47 |
|                                             | 40—60 | 3,19 |

количество гумуса снижается. Длительная распашка черноземов приводит к деградации не только пахотного, но и подпахотного слоев, о чем свидетельствуют данные по содержанию гумуса в слое 20—40 см целинного и опытного участков. Таким образом, при выращивании культур в условиях девятипольного зерносвекловичного севооборота неотъемлемым условием агротехники является применение тройной дозы минеральных удобрений на фоне навоза. Этот прием позволяет стабилизировать содержание общего гумуса в черноземах выщелоченных Рамонского района.

Групповой и фракционный состав гумуса является относительно стабильным показателем, который формируется в определенных условиях почвообразования и очень медленно изменяется под действием антропогенного фактора [7, 11]. Результаты группового анализа, показывают, что основной частью гумуса черноземов выщелоченных являются гуминовые кислоты, это является одной из основных отличительных и характерных черт черноземного типа почвообразования [11]. В преобладает фракция черноземов целины большего значения достигает фракция ГК 2, затем идут фракции ГК 1 и ГК 3 (табл. 2). Длительное систематическое применение удобрений в течение 72 лет привело к незначительному изменению фракционного состава гумуса. Так, в группе гуминовых кислот также преобладает фракция ГК 2, а фракция ГК 3 несколько превышает фракцию ГК 1. В группе фульвокислот преобладает фракция ФК 2, далее следуют фракции ФК 1, ФК 3 и ФК 1а. Длительное применение не отразилось на распределении фракций фульвокислот. Содержание негидролизующего остатка — гумина в черноземах выщелоченных Рамонского стационара не имело четкого характера распределения в слоях 0—20; 20—40 и 40—60 см. Однако при длительном внесении удобрений наметилась тенденция в сторону его увеличения (табл. 2). Исследования, проведенные ранее сотрудниками ВНИИСС им. А. Л. Мазлумова, показали, что целинные черноземы выщелоченные характеризуются вполне благоприятным фракционным составом гумуса. Особенностью строения их гумусового профиля является преобладание в составе гумуса фракции ГК 2 связанной с кальцием доля которой в общем углероде увеличивается вниз по профилю. Основная часть свободной и связанной с полуторными окислами фракции ГК 1 сосредоточена в верхнем 0—20 см слое [4, 5]. Аналогичные результаты получены на опытных полях ВГАУ [8]. Почва целины имеет гуматный тип гу-

муса. Соотношение углерода группы гуминовых кислот к углероду группы фульвокислот ( $C_{гк}:C_{фк}$ ) в слое 0—20 см составляет 2,86, 20—40 и 40—60 см соответственно 2,74 и 2,67. Исследования, проведенные в 2008 году показали, что сельскохозяйственное использование черноземов выщелоченных без внесения удобрений сохраняет гуматный тип гумуса.  $C_{гк}:C_{фк}$  в слое 0—20 см, 20—40 и 40—60 см — 2,40; 2,49 и 2,17 соответственно, но приводит к трансформации фракционного состава гумуса. Содержание подвижной и связанной с полуторными окислами фракции бурых гуминовых кислот ГК 1 заметно уменьшается. Особенно в слоях 20—40 и 40—60 см. Среди гуминовых кислот также преобладают гуматы кальция — ГК 2, но их количество заметно снижается по сравнению с целинным участком, в то время как, процент прочно связанной фракции ГК 3, наоборот, повышается.

В составе фульвокислот повышается содержание фракции ФК 1а (свободные фульвокислоты) на 87, 60 и 42 %, а фракция ФК 1, связанная с подвижными гуминовыми кислотами, наоборот, уменьшается на 27, 36 и 44 % соответственно в слоях 0—20, 20—40 и 40—60 см. Среди фульвокислот преобладают фульваты кальция ФК 2 т. е. фракция, связанная с фракцией 2 гуминовых кислот. Результаты наших исследований, показали их заметное снижение в слоях почвы 20—40 и 40—60 см по сравнению с целиной на 34 и 33 % соответственно. Фракция ФК 3, связанная с фракцией 3 гуминовых кислот, в почве удобренного варианта заметно увеличилась во всех исследуемых слоях (табл. 2). Длительное систематическое внесение минеральных удобрений, как на фоне навоза, так и без него не улучшает качественный состав гумуса черноземов выщелоченных по сравнению с целинным участком. В почве большинства вариантов сохраняется гуматный тип гумуса. Соотношение  $C_{гк}:C_{фк}$  в слое почвы 0—20 см от 2,15 до 2,53. Использование низких доз минеральных удобрений ( $N_{45}P_{45}K_{45}$ ) на фоне 25 т/га навоза и повышенных доз минеральных удобрений ( $N_{190}P_{190}K_{190}$ ) сужают соотношение  $C_{гк}:C_{фк}$ . Отмечается тенденция перехода от гуматного к фульватно-гуматному типу гумуса (табл. 2). Применение  $N_{45}P_{45}K_{45}$  на фоне 25 т/га навоза не изменило содержания фракции ГК 1 по сравнению с контролем. Доля гуматов кальция (ГК 2) в слоях 0—20 и 20—40 см уменьшилась в 1,5 и 1,1 раза по сравнению с вариантом без удобрений. Содержание фракции гуминовых кислот, связанной с полуторными окислами и глинистыми минералами почвы можно оценить как высокое — до 12,69 % в слое 0—20 см.

Таблица 2

Групповой и фракционный состав гумуса, % от углерода органического вещества почвы

| Вариант опыта                                  | Глубина, см | Фракции гуминовых кислот |       |       |       | Фракции фульвокислот |      |       |      |       | Сумма всех фракций | $C_{гк}:C_{фк}$ | Гумин |
|------------------------------------------------|-------------|--------------------------|-------|-------|-------|----------------------|------|-------|------|-------|--------------------|-----------------|-------|
|                                                |             | 1                        | 2     | 3     | сумма | 1a                   | 1    | 2     | 3    | сумма |                    |                 |       |
| Целина                                         | 0—20        | 5,00                     | 35,90 | 4,54  | 45,44 | 1,21                 | 4,70 | 8,31  | 1,64 | 15,86 | 61,3               | 2,86            | 38,70 |
|                                                | 20—40       | 4,87                     | 36,41 | 2,84  | 44,12 | 1,31                 | 4,54 | 9,22  | 1,00 | 16,07 | 60,19              | 2,74            | 39,81 |
|                                                | 40—60       | 4,23                     | 37,25 | 2,76  | 44,24 | 1,42                 | 3,91 | 10,31 | 0,92 | 16,56 | 60,80              | 2,67            | 39,20 |
| Контроль                                       | 0—20        | 3,48                     | 34,58 | 7,06  | 45,12 | 2,26                 | 3,42 | 8,75  | 4,29 | 18,72 | 63,84              | 2,40            | 36,16 |
|                                                | 20—40       | 2,22                     | 29,46 | 3,29  | 34,97 | 2,09                 | 2,91 | 6,07  | 2,98 | 14,05 | 49,02              | 2,49            | 50,98 |
|                                                | 40—60       | 1,58                     | 24,72 | 3,32  | 29,62 | 2,02                 | 2,19 | 6,87  | 2,58 | 13,66 | 43,28              | 2,17            | 56,72 |
| $N_{45}P_{45}K_{45}$<br>+ 25 т/га<br>навоза    | 0—20        | 3,88                     | 22,97 | 12,69 | 39,54 | 2,45                 | 5,07 | 8,36  | 3,99 | 19,86 | 59,40              | 1,99            | 40,59 |
|                                                | 20—40       | 2,48                     | 25,88 | 7,15  | 35,51 | 2,21                 | 4,44 | 5,57  | 5,95 | 18,18 | 53,69              | 1,95            | 46,31 |
|                                                | 40—60       | 1,56                     | 26,38 | 5,18  | 33,12 | 2,00                 | 2,95 | 8,31  | 1,01 | 14,27 | 47,39              | 2,33            | 52,61 |
| $N_{45}P_{45}K_{45}$<br>+ 50 т/га<br>навоза    | 0—20        | 4,15                     | 24,50 | 10,08 | 38,73 | 2,78                 | 4,71 | 5,75  | 2,05 | 15,29 | 54,02              | 2,53            | 45,98 |
|                                                | 20—40       | 3,39                     | 28,51 | 5,12  | 37,02 | 2,66                 | 3,24 | 8,09  | 2,2  | 16,19 | 53,21              | 2,30            | 46,79 |
|                                                | 40—60       | 2,97                     | 27,72 | 4,72  | 35,41 | 1,64                 | 3,20 | 8,49  | 1,96 | 15,29 | 50,70              | 2,32            | 49,30 |
| $N_{90}P_{45}K_{45}$<br>+ 25 т/га<br>навоза    | 0—20        | 2,23                     | 31,30 | 5,50  | 39,03 | 2,23                 | 4,04 | 5,59  | 2,59 | 14,45 | 45,75              | 2,17            | 54,25 |
|                                                | 20—40       | 2,01                     | 35,02 | 4,25  | 41,28 | 2,05                 | 3,57 | 8,28  | 2,34 | 16,24 | 57,52              | 2,54            | 42,48 |
|                                                | 40—60       | 2,68                     | 35,04 | 3,70  | 41,42 | 1,72                 | 3,32 | 8,57  | 1,50 | 15,11 | 56,53              | 2,32            | 43,47 |
| $N_{90}P_{90}K_{90}$<br>+ 25 т/га<br>навоза    | 0—20        | 3,85                     | 23,03 | 9,13  | 36,01 | 2,60                 | 4,08 | 6,55  | 3,52 | 16,75 | 52,76              | 2,15            | 47,24 |
|                                                | 20—40       | 3,09                     | 29,51 | 4,89  | 37,49 | 2,58                 | 3,10 | 6,73  | 3,21 | 15,62 | 53,11              | 2,40            | 46,89 |
|                                                | 40—60       | 2,91                     | 29,44 | 4,39  | 36,74 | 2,54                 | 3,24 | 7,6   | 1,92 | 15,30 | 52,04              | 2,40            | 43,47 |
| $N_{135}P_{135}K_{135}$<br>+ 25 т/га<br>навоза | 0—20        | 3,97                     | 27,69 | 9,62  | 41,28 | 2,19                 | 3,95 | 8,91  | 2,60 | 17,65 | 58,93              | 2,34            | 41,07 |
|                                                | 20—40       | 3,08                     | 31,48 | 5,70  | 40,26 | 2,23                 | 3,29 | 7,13  | 2,04 | 14,69 | 54,95              | 2,74            | 45,05 |
|                                                | 40—60       | 2,83                     | 31,78 | 5,09  | 39,70 | 2,34                 | 3,18 | 7,30  | 1,87 | 14,69 | 54,39              | 2,70            | 45,61 |
| $N_{190}P_{190}K_{190}$                        | 0—20        | 3,09                     | 22,76 | 8,79  | 34,64 | 2,80                 | 3,70 | 8,06  | 3,25 | 17,81 | 52,45              | 1,94            | 47,55 |
|                                                | 20—40       | 3,12                     | 24,94 | 5,18  | 33,24 | 2,91                 | 3,64 | 8,57  | 2,68 | 17,80 | 51,04              | 1,88            | 48,96 |
|                                                | 40—60       | 2,93                     | 28,35 | 6,49  | 37,77 | 2,98                 | 3,64 | 10,94 | 1,71 | 19,27 | 57,04              | 1,96            | 42,96 |

В составе фульвокислот доля «агрессивной» фракции ФК 1а незначительно отличалась от контроля, а доля ФК 1, связанная с подвижной фракцией ГК 1 была выше контроля в слое почвы 0—20 см, и достигала значений целинного участка. Во фракции ФК 2 не произошло существенных количественных изменений. Доля ФК 3 возросла, но была нарушена закономерность в ее распределении по исследуемым слоям почвы. Внесение 50 т/га навоза при низкой дозе удобрений привело к увеличению доли ГК 1 и ГК 2 в составе гуминовых кислот, по сравнению с 25 т/га навоза при той же дозе минеральных удобрений. Доля ФК 1а увеличилась, а содержание ФК 1 в слое 0—20 см достигало уровня целинного участка — 4,71 % (табл. 2). В распределении фракции ФК 2 не выявлено четкой закономерности по исследуемым слоям почвы. Количество ФК 3 заметно уменьшилось по сравнению с контролем и вариантом  $N_{45}P_{45}K_{45}$  на фоне 25 т/га навоза в 2,1 и 1,8 раза в слое 0—20 см соответственно.

Повышение количества азота в два раза при низких дозах фосфора и калия на фоне 25 т/га навоза ( $N_{90}P_{45}K_{45}$ ) снизило содержание ГК 1 в составе гуминовых кислот. Доля гуматов кальция ГК 2 увеличилась по сравнению с вариантом  $N_{45}P_{45}K_{45}$  на фоне 25 и 50 т/га навоза, а доля ГК 2, наоборот, — уменьшилась. В составе фульвокислот доля «агрессивной фракции» ФК 1а была на уровне неудобренного варианта. Фракция ФК 1 и ФК 2 не подвергалась существенным изменениям. Содержание фракции ФК 3 снизилось в слое почвы 0—20 см в 1,7 и 1,5 раза по сравнению с контролем и вариантом с одинарной дозой азота. Применение двойной дозы минеральных удобрений ( $N_{90}P_{90}K_{90}$ ) в сочетании с 25 т/га навоза привело к незначительному увеличению, содержания фракции ГК 1 и ГК 3, и снижению количества фракции ГК 2. В составе фульвокислот существенных изменений по сравнению с другими вариантами опыта не выявлено.

В почве варианта с тройной дозой минеральных удобрений ( $N_{135}P_{135}K_{135}$ ) на фоне 25 т/га навоза сумма фракций гуминовых кислот составляла 41,28 % в слое 0—20 см. Фракция ГК 3 увеличивалась, по сравнению с целиной в 2 раза в слоях почвы 0—20 см и 20—40 см и в 1,8 раза в слое 40—60 см. В составе фульвокислот содержание ФК 1а медленно повышалось с глубиной почвы, а количество ФК 1 снижалось и мало отличалось от контрольного варианта.

Длительное использование повышенных доз только минеральных удобрений ( $N_{190}P_{190}K_{190}$ ) привело к уменьшению суммы фракций гуминовых

кислот (34,64 %, в слое 0—20 см, против 45,44 % в почве целинного участка). Снизилась доля ГК 1. В составе фульвокислот произошло перераспределение фракций: повысилось количество так называемой «агрессивной» фракции ФК 1а по всем исследуемым слоям. Так, по сравнению с целиной более чем в 2 раза, а по сравнению с неудобренным вариантом, в среднем, в 1,3 раза. Содержание ФК 2 приближалось к целинному участку.

Таким образом, предварительные результаты показали, что длительное использование черноземов в пашне привело к изменению качественного состава гумуса. Гуминовые кислоты подверглись большему изменению, чем фульвокислоты, что приводит к изменению степени гумификации органического вещества.

Важным показателем плодородия почвы является состояние ее поглощающего комплекса. В черноземных почвах ППК почти полностью насыщен обменным кальцием и магнием с незначительной долей ионов водорода. Накопление кальция в почве обусловлено содержанием гумуса, вторичных глинистых минералов, органических остатков. Вслед за кальцием, второе место в составе поглощенных катионов принадлежит магнию. Он находится в почве в составе первичных и вторичных минералов, его валовое содержание близко к содержанию кальция. Растения обычно не испытывают недостатка в кальции и магнии, однако при малом содержании кальция корни растений ослизняются, прекращается поступление элементов питания, проявляется хлороз листьев, отмирает точка роста [6].

Данные лабораторных исследований свидетельствуют, что анализируемая почва хорошо обогащена обменными основаниями: кальция и магния. Так их сумма на контрольном варианте составляла 27,8 мг-экв/100 почвы (табл. 3).

При внесении повышенных доз органических удобрений (50 т/га) сумма кальция и магния увеличивалась. Наименьшего значения эта величина достигала на варианте с применением только высоких доз минеральных удобрений ( $N_{190}P_{190}K_{190}$ ) и на варианте с 3 дозами  $NPK + 25$  т/га навоза.

Вниз по профилю содержание обменных оснований незначительно увеличивалось на всех вариантах опыта.

В результате длительного сельскохозяйственного использования почвы рН солевой и водной вытяжек верхнего 0—20 см слоя практически не изменялось, за исключением варианта с повышенной дозой минеральных удобрений  $N_{190}P_{190}K_{190}$  и  $N_{135}P_{135}K_{135} + 25$  т/га навоза. Использование навоза

Физико-химические показатели чернозема выщелоченного, (2008)

| № варианта                                                                    | Глубина, см | рН    |      | Н <sub>г</sub> | Ca <sup>2+</sup> + Mg <sup>2+</sup><br>мг-экв/100г почвы | V    |
|-------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------|------|----------------|----------------------------------------------------------|------|
|                                                                               |             | Водн. | Сол. |                |                                                          |      |
| Без удобрений                                                                 | 0—20        | 5.68  | 5.45 | 3.20           | 27.8                                                     | 89.6 |
|                                                                               | 20—40       | 5.85  | 5.52 | 2.82           | 28.0                                                     | 90.8 |
| N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub><br>+ 25 т/га навоза в пару    | 0—20        | 5.86  | 5.49 | 3.61           | 28.6                                                     | 88.8 |
|                                                                               | 20—40       | 5.90  | 5.48 | 2.85           | 29.2                                                     | 91.1 |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub><br>+ 25 т/га навоза в пару    | 0—20        | 5.84  | 5.02 | 4.32           | 27.4                                                     | 86.4 |
|                                                                               | 20—40       | 5.92  | 5.18 | 3.41           | 27.7                                                     | 89.0 |
| N <sub>135</sub> P <sub>135</sub> K <sub>135</sub><br>+ 25 т/га навоза в пару | 0—20        | 5.79  | 4.76 | 4.92           | 27.2                                                     | 84.7 |
|                                                                               | 20—40       | 5.98  | 4.78 | 4.57           | 27.5                                                     | 85.8 |
| N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub><br>+ 50 т/га навоза           | 0—20        | 5.84  | 5.55 | 3.50           | 28.5                                                     | 89.7 |
|                                                                               | 20—40       | 5.96  | 5.83 | 2.80           | 29.0                                                     | 91.2 |
| N <sub>190</sub> P <sub>190</sub> K <sub>190</sub>                            | 0—20        | 5.54  | 4.49 | 5.30           | 26.6                                                     | 83.4 |
|                                                                               | 20—40       | 5.89  | 4.55 | 4.92           | 26.8                                                     | 84.5 |

в системе удобрения сахарной свеклы благоприятно сказывалось на реакции почвенного раствора, рН повышался в среднем на 0.15 ед. Аналогичные результаты были получены при исследовании рН солевой вытяжки. Вниз по профилю величина рН увеличивалась (табл. 3).

Многочисленные экспериментальные данные свидетельствуют о том, что систематическое использование удобрений приводит к увеличению величины гидролитической кислотности. Гидролитическая кислотность выше обменной, эта форма кислотности обусловлена ионами водорода, более прочно связанными в ППК и способными обмениваться на основания только в нейтральной или щелочной среде. Эти ионы водорода труднее замещаются на основания и вытесняются в раствор только гидролитически щелочными солями. У выщелоченных черноземов гидролитическая кислотность достигает часто 3—4 мг-экв на 100 г почвы. Анализ почвенных образцов контрольного варианта позволяет сказать, что Н<sub>г</sub> — динамичный показатель. На контроле Н<sub>г</sub> составила 3,2 мг-экв на 100 г почвы. Только на варианте с низкими дозами минеральных удобрений на фоне высоких доз органических отмечено снижение Н<sub>г</sub> на 12 %. Величина гидролитической кислотности возросла на всех вариантах, по сравнению с контролем и достигла максимального значения на варианте с

внесением N<sub>190</sub>P<sub>190</sub>K<sub>190</sub> — 5,5 мг-экв на 100 г почвы (табл. 3). Увеличение гидролитической кислотности отмечено и в подпахотном слое почвы.

Полученные данные согласуются с результатами исследований, полученными ранее [3].

Таким образом, длительное сельскохозяйственное использование черноземов приводит к изменению их физико-химических свойств, особенно заметные изменения происходят под влиянием высоких доз минеральных удобрений. Намечалась тенденция уменьшения суммы кальция и магния в составе поглощающего комплекса, рН среды. Величина гидролитической кислотности, наоборот, повышается.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В условиях зерносвекловичного севооборота исследовано влияние длительного применения удобрений на гумусное состояние черноземов выщелоченных Рамонского района. Использование черноземов в пашне приводит к количественным и качественным изменениям гумуса. Так, распашка черноземов выщелоченных и выращивание сельскохозяйственных культур без внесения удобрений способствует снижению содержания валового гумуса в среднем на 16 % по сравнению с целиной. Удобрения, в целом, стабилизируют количество гумуса. Лучший результат получен при внесении повышен-

ных доз минеральных удобрений ( $N_{135}P_{135}K_{135}$ ) на фоне навоза. Применение низких доз удобрений на фоне навоза неэффективно. Исследуемые черноземы характеризуются гуматным типом гумуса и высокой степенью гумификации. В составе гуминовых кислот преобладает фракция гуматов кальция ГК 2, а в составе фульвокислот — фракция ФК 2, связанная с фракцией 2 гуминовых кислот. Многолетнее сельскохозяйственное использование черноземов выщелоченных без применения удобрений приводит к уменьшению абсолютного содержания фракций ГК 1 и ГК 2 и увеличению содержания фракции ГК 3 в составе гуминовых кислот. В составе фульвокислот заметно увеличилось содержание фракций ФК 1а и ФК 3. Минеральные и органические удобрения не способствовали улучшению качественного состава гумуса. Применение повышенных доз только минеральных удобрений приводит к сужению соотношения  $C_{гк}:C_{фк}$  до 1,94 в исследуемых слоях почвы. Длительное сельскохозяйственное использование черноземов приводит к изменению их физико-химических свойств, особенно заметные изменения происходят под влиянием высоких доз минеральных удобрений ( $N_{190}P_{190}K_{190}$ ). Намечилась тенденция в сторону уменьшения суммы кальция и магния в составе поглощающего комплекса, pH среды, а величина гидролитической кислотности, наоборот, увеличивается.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агроэкологическое состояние черноземов ЦЧО / Под ред. А.П. Шербакова, И.И. Васенева. — Курск, 1996. — 326 с.
2. Беляев А.Б. Трансформация гумусного состояния черноземов целинных при длительном сельскохозяйственном использовании / А.Б. Беляев. — Черноземы России: экологическое состояние и почвенные процессы. — Изд-во Воронеж. Ун-та, 2006. — С. 301—305.
3. Королев В.А. Изменение основных показателей плодородия выщелоченных черноземов под влиянием удобрений / В.А. Королев, Л.Д. Стахурлова // Почвоведение. — 2004. — № 5. — С. 604—611.
4. Минакова О.А. Трансформация гумусового состояния чернозема при длительном применении удобрений / О.А. Минакова, А.М. Громовик // Сахарная свекла. — 2008. — № 9. — С. 19—20.
5. Минакова О.А. Гумусное состояние чернозема выщелоченного в условиях длительного применения удобрений в зернопропашном севообороте ЦЧП / О.А. Минакова, А.М. Громовик // Плодородие. — 2009. — № 3. — С. 20—22.
6. Минеев В.Г. Агрохимия / В.Г. Минеев. — М.: Изд-во МГУ, 2004. — 720 с.
7. Орлов Д.С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации / Д.С. Орлов. — М.: Изд-во МГУ, 1990. — 325 с.
8. Парахневич Т.М. Изменение почвенно-агрохимических показателей плодородия чернозема выщелоченного и пути их регулирования в парозернопропашном севообороте: Автореф. дисс. ... канд. сельск. наук / Т.М. Парахневич. — Каменная степь, 1999. — 23 с.
9. Пономарева В.В. Гумус и почвообразование / В.В. Пономарева, Т.А. Плотникова. — Санкт-Петербург: Наука, 1980. 222 с.
10. Растворова О. Г. Химический анализ почв / О. Г. Растворова, Д. П. Андреев. — СПб: Изд-во С.-Петербургского университета, 1995. — 264 с.
11. Тюрин И.В. Органическое вещество почв и его роль в плодородии / И.В. Тюрин. — М.: Наука, 1965. — 320 с.
12. Щеглов Д.И. Черноземы Центра Русской равнины и их эволюция под влиянием естественных и антропогенных факторов / Д. И. Щеглов. — М.: Наука, 1999. — 214 с.
13. Стахурлова Лариса Дмитриевна — доцент биолого-почвенного факультета Воронежского государственного университета; тел.: (4732) 208-577, 208-727, e-mail: stakhurlova@rambler.ru
14. Щеглов Дмитрий Иванович — профессор биолого-почвенного факультета Воронежского государственного университета; тел.: (4732) 208-577, 208-885
15. Громовик Аркадий Игоревич — ассистент биолого-почвенного факультета Воронежского государственного университета; тел.: (4732) 208-577
16. Минакова Ольга Александровна — зав. лабораторией агрохимии Всероссийского научно-исследовательского института сахарной свеклы и сахара; Рамонь, Воронежская обл.
17. Комарова Мария Петровна — студентка Воронежского государственного университета; тел.: (4732) 208-577
18. Stakhurlova L. D. — reader Voronezh State University, Biological and Soil Science Department; tel.: (4732) 208-577, 208-727, e-mail: stakhurlova@rambler.ru
19. Shcheglov D. I. — professor Voronezh State University, Biological and Soil Science Department; tel.: (4732) 208-577, 208-885
20. Gromovik A. I. — assistant Voronezh State University, Biological and Soil Science Department; tel.: (4732) 208-577
21. Minakova O. A. — manager of laboratory of agrochemistry Scientific research institute of sugar beet and sugar; Ramon, Voronezh region
22. Komarova Maria P. — student, Voronezh State University; tel.: (4732) 208-577