

Изменение содержания и запасов гумуса в чернозёме обыкновенном в зависимости от применяемых систем удобрений

***А.В. Парамонов**, к.с.-х.н., **А.В. Федюшкин**, к.с.-х.н.,
В.И. Медведева, ст.н.с., ФГБНУ Донской зональный НИИСХ*

Содержание и запасы органического вещества в почвах традиционно служат основными критериями оценки почвенного плодородия, а в последние годы всё больше рассматриваются и с точки зрения экологической устойчивости почв как компонента биосферы. Органическое вещество в целом и от-

дельные его группы разносторонне влияют на агрономические свойства и режимы почв [1–3].

По своим природным свойствам чернозёмы относятся к почвам с высоким уровнем плодородия, однако сейчас наблюдается негативная тенденция к их ухудшению под воздействием длительного сельскохозяйственного использования. Удобрения имеют разностороннее влияние на процессы трансформации органических веществ

почвы, меняя комплекс показателей, характеризующих его гумусовое состояние. Органические и минеральные удобрения являются одним из наиболее значимых факторов антропогенного воздействия на почву [4]. Поэтому для оптимизации эффективного плодородия весьма важное значение имеет система удобрения. Одни учёные [5, 6] утверждают, что в связи с применением только физиологически кислых минеральных удобрений потери гумуса могут составлять 4–12%, другие [7, 8] отмечают, что регулярное применение минеральных удобрений стабилизирует и оказывает положительное влияние на содержание гумуса в почве.

В соответствии с вышеизложенным целью работы являлось проследить направленность и количественные изменения гумуса, а также дозы удобрений, позволяющих сохранить плодородие почвы пахотного и подпахотного горизонтов чернозёма обыкновенного.

Материал и методы исследования. Объектами исследования были культуры севооборота, почва пахотного и подпахотного горизонтов стационарного опытного участка, дозы органических и минеральных удобрений.

Постановку опытов с ежегодной перезакладкой проводили на опытном поле отдела общего земледелия ФГБНУ «ДЗНИИЭСХ» (стационар Д4) согласно методике полевого опыта Б.А. Доспехова [9] начиная с 1974 г. Схема опыта включала в себя чередование культур и предшественников в следующем порядке: пар, озимая пшеница, кукуруза на зерно, яровой ячмень, кукуруза на силос, озимая пшеница, горох, озимая пшеница, подсолнечник. Повторность опыта четырёхкратная. Площадь делянки составляет 132 м². Для изучения действия долговременного и систематического внесения навоза, различных доз минеральных, органических удобрений, а также различных их сочетаний, была разработана следующая система их внесения (по вариантам): I – контроль; II – 11,1 т/га навоза; III – N₅₀P₂₂K₂₂; IV – N₈₄P₅₀K₅₀; V – 8,9 т/га навоза + N₄₄P₂₂K₂₂; VI – 11,1 т/га навоза + N₃₃P₁₈; VII – N₂₂; VIII – 8,9 т/га навоза + N₃₇P₂₃K₂₃; IX – 8,9 т/га навоза + N₆₄P₂₃K₂₃; X – 11,1 т/га навоза + N₅₇P₃₃K₁₀; XI – 11,1 т/га навоза + N₆₄P₃₇K₃₃; XII – 8,9 т/га навоза + N₃₉P₂₈K₂₈ (табл. 1). Единицы измерения изучаемых доз минеральных удобрений – кг д. в./га севооборотной площади.

С 2002 г. в вариантах VIII, X, XI в связи с экономическими условиями и дефицитом удобрений схема внесения была изменена и приобрела следующий вид: I – контроль; II – 11,1 т/га навоза; III – N₄₄P₂₂K₂₂; IV – N₈₄; V – 6,7 т/га навоза + N₄₄P₂₂K₂₂; VI – 11,1 т/га навоза + N₃₃P₂₀; VII – N₂₀; VIII – N₃₈; IX – 11,1 т/га навоза + N₇₁P₂₃K₂₃; X – N₆₇; XI – N₆₄; XII – N₃₆.

Применяли агротехнику, рекомендуемую в зоне. Почва опытного поля – чернозём обыкновенный,

очень тёплый, кратковременно промерзающий. Значительная толща почвы в течение зимнего периода пребывает в активном состоянии. Гранулометрический состав тяжелосуглинистый, местами легкоглинистый. Характерная особенность почвы – большая мощность гумусового горизонта (75–100 см) при невысоком содержании гумуса. В пахотном слое почвы при закладке опыта оно составляло 4,41%. Содержание валового азота – 0,22–0,24%, общего фосфора – 0,17–0,18%, калия – 2,3–2,4%, минерального азота и подвижного фосфора – низкое, обменного калия – повышенное. Изучение изменений содержания и запасов гумуса осуществлялось в пахотном слое почвы 0–30 см (A_{пах}) и подпахотном 30–50 см (A1). Определение содержания гумуса в почве проводили по методу Тюрина в модификации Н.В. Симакова.

Сумма поглощённых оснований в пахотном слое в среднем составляет 40 мг-экв/100 г почвы, в её составе более всего кальция – 85%, магния – около 10%, натрия – 3%. Вниз по профилю содержание магния возрастает и на глубине 150–200 см превышает содержание кальция или равняется ему. Реакция почвенной среды A_{пах} (0–30 см) нейтральная или слабощелочная. В нижних горизонтах при изменении соотношения обменных катионов в сторону увеличения магния она становится более щелочной. Почва хорошо оструктурена. Сумма водопропрочных агрегатов – 50–55%. Пахотный слой имеет удовлетворительную пористость (50–60% от объёма). Водный режим почвы – непромывной. Однако в отдельные годы после чистого пара бывают глубокие промачивания, когда осенний дефицит влаги в почвенно-грунтовой толще меньше, чем сумма осенне-зимних осадков.

Климат зоны континентальный, умеренно жаркий [10]. Годовая температура воздуха составляет в среднем 9,6°C, сумма температур воздуха – 3200–3400°. Продолжительность тёплого периода равна 230–260 дн., безморозного – 175–180 дн. Относительная влажность воздуха имеет выраженную годовую динамику. Наименьшее её значение наблюдается в июле – 50–60%, минимальные значения в отдельные дни могут достигать 25–30% и ниже. Среднегодовое количество осадков составляет 500 мм. За тёплый период их выпадает до 300 мм.

Результаты исследования. Наиболее объективными показателями, характеризующими влияние внесения удобрений на плодородие почвы, являются продуктивность севооборота и её прибавки от внесения тех или иных доз удобрений, а также изменения запасов органического вещества в почве. Воздействие длительного и систематического внесения удобрений на продуктивность севооборота в 3-й и 4-й ротациях представлена в таблице 1. В 3-й ротации севооборота минимальная продуктивность была отмечена на контрольном варианте опыта – 27,1 ц з.е./га. Одностороннее внесение

1. Влияние различных доз удобрений на продуктивность севооборота в 3-й и 4-й ротациях

| Вариант | Доза удобрений | 3-я ротация | | Доза удобрений | 4-я ротация | |
|---------|--|---------------------------|-------------|--|---------------------------|-------------|
| | | продуктивность, ц з.е./га | прибавка, % | | продуктивность, ц з.е./га | прибавка, % |
| I | Контроль | 27,1 | - | Контроль | 28,7 | - |
| II | 11,1 т/га навоза | 29,7 | 9,7 | 11,1 т/га навоза | 32,6 | 13,6 |
| III | N ₅₀ P ₂₂ K ₂₂ | 32,9 | 21,2 | N ₄₄ P ₂₂ K ₂₂ | 36,5 | 27,1 |
| IV | N ₈₄ P ₅₀ K ₅₀ | 34,8 | 28,2 | N ₈₄ | 37,5 | 30,6 |
| V | 8,9 т/га навоза + N ₄₄ P ₂₂ K ₂₂ | 35,0 | 29,0 | 8,9 т/га навоза + N ₄₄ P ₂₂ K ₂₂ | 38,3 | 33,6 |
| VI | 11,1 т/га + N ₃₃ P ₁₈ | 34,6 | 27,8 | 8,9 т/га + N ₃₃ P ₂₀ | 38,1 | 32,8 |
| VII | N ₂₂ | 31,2 | 15,0 | N ₁₈ | 33,1 | 15,2 |
| VIII | 8,9 т/га навоза + N ₃₇ P ₂₃ K ₂₃ | 35,6 | 31,5 | N ₃₈ | 37,7 | 31,3 |
| X | 8,9 т/га навоза + N ₆₄ P ₂₃ K ₂₃ | 36,4 | 34,4 | 11,1 т/га навоза + N ₇₁ P ₂₃ K ₂₃ | 39,1 | 36,2 |
| XI | 11,1 т/га навоза + N ₆₈ P ₃₃ K ₁₀ | 36,8 | 35,8 | N ₆₈ | 39,4 | 37,3 |
| XI | 11,1 т/га навоза + N ₆₄ P ₃₇ K ₃₃ | 37,5 | 38,4 | N ₆₄ | 39,6 | 37,9 |
| XII | 8,9 т/га навоза + N ₃₉ P ₂₈ K ₂₈ | 36,3 | 33,9 | N ₃₇ | 38,1 | 32,9 |

только органических или минеральных удобрений не позволяло достичь результатов, сопоставимых с результатами их совместного применения. Наименьшие прибавки продуктивности севооборота были отмечены при внесении только органических удобрений в дозе 11,1 т на 1 га площади севооборота – 9,7, а также при использовании только азотных минеральных удобрений общей дозой 22 кг д.в./га – 15%. Максимальные значения данного показателя получены при совместном использовании органических в дозах 8,9–11,1 т/га навоза и минеральных удобрений N_{37–68}P_{23–33}K_{10–33}.

В 4-й ротации севооборота минимальные прибавки продуктивности севооборота, так же как и в 4-й ротации, были получены при внесении только органических удобрений в дозе 11,1 т – 13,6%, или только азотных удобрений в количестве N₁₈ на 1 га севооборотной площади – 33,1%. Замена внесения полного органо-минерального удобрения внесением только азотных удобрений в вариантах VIII, X–XII за ротацию не привело к снижению значений данного показателя, что говорит о положительном длительном последствии их применения. Максимальная прибавка продуктивности отмечалась в вариантах IX–XI.

На протяжении всего периода проведения данного эксперимента отслеживалось изменение процентного содержания гумуса в почве. Наиболее контрастно отличающиеся друг о друга варианты приведены в таблице 2. На момент закладки данного опыта в A_{пах} содержалось 4,41%, а горизонте A₁ – 3,97% гумуса. Через 27 лет (конец 3-й ротации) при эксплуатации пашни без применения удобрений процент органического вещества снизился как в пахотном, так и подпахотном горизонтах до 3,95 и 3,67%, а также в варианте V до значений 4,33

и 3,84% соответственно. Внесение 8,9 т/га навоза и N₃₇P₂₃K₂₃ минеральных удобрений (вариант VIII) не позволило полностью обеспечить питательными веществами формирование продуктивности севооборота на уровне 35,6 ц з.е./га, в результате этого снизилось поступление растительных остатков в почву, что в свою очередь привело к уменьшению содержания гумуса в подпахотном горизонте до 3,83%. Применение 8,9 т навоза, а также увеличение дозы минеральных удобрений до N₆₄P₂₃K₂₃ на 1 га севооборотной площади позволило полностью обеспечить растения необходимым минеральным питанием, что способствовало сохранению содержания органического вещества как в A_{пах}, так и A₁. Нарращивание дозы навоза до 11,1 т и минеральных удобрений до N₆₄P₃₇K₃₃ позволило не только удовлетворить потребности растений в питании, но и за счёт увеличения поступления органического вещества с органическими удобрениями и растительными остатками способствовало повышению содержания гумуса в почве до максимального значения в пахотном слое почвы – 4,62%, при этом его содержание в A₁ незначительно снизилось.

В 4-й ротации содержание гумуса в почве контрольного варианта продолжало снижаться и достигло значений 3,88% в A_{пах} и 3,43% в подпахотном горизонте. К концу ротации в результате сокращения доз вносимых удобрений содержание гумуса в почве большинства вариантов опыта уменьшилось.

Так же как и на контроле, в варианте V содержание органического вещества снизилось и в A_{пах}, и в A₁ вследствие недостаточного внесения питательных веществ с удобрениями для компенсации их выноса с урожаем. В пахотном горизонте вариантов VIII, XI переход в 4-й ротации на одностороннее

2. Влияние длительного применения удобрений на содержание гумуса в почве, %

| Ротация | Почвенный горизонт | Вариант внесения удобрений | | | | | НСР ₀₅ |
|-----------------|--------------------|----------------------------|------|------|------|------|-------------------|
| | | X | V | VIII | IX | XI | |
| Исходные данные | A _{пах} | 4,41 | 4,41 | 4,41 | 4,41 | 4,41 | - |
| | A ₁ | 3,97 | 3,97 | 3,97 | 3,97 | 3,97 | - |
| 3-я | A _{пах} | 3,95 | 4,33 | 4,41 | 4,43 | 4,62 | 0,3 |
| | A ₁ | 3,67 | 3,84 | 3,83 | 3,93 | 3,95 | 0,12 |
| 4-я | A _{пах} | 3,88 | 4,25 | 4,27 | 4,48 | 4,28 | 0,35 |
| | A ₁ | 3,43 | 3,73 | 3,96 | 3,96 | 3,98 | 0,26 |

3. Изменение запасов гумуса в пахотном и подпахотном в слоях почвы, т/га

| Ротация | Почвенный горизонт | Вариант внесения удобрений | | | | | НСР ₀₅ |
|-----------------|--------------------|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------------------|
| | | I | V | VIII | IX | XI | |
| Исходные данные | A _{пах} | 145,6 | 145,6 | 145,6 | 145,6 | 145,6 | - |
| | A ₁ | 92,8 | 92,8 | 92,8 | 92,8 | 92,8 | - |
| 3-я | A _{пах} | 130,3 | 142,8 | 145,5 | 146,2 | 152,5 | 12 |
| | A ₁ | 85,9 | 90,0 | 89,6 | 92,0 | 92,4 | 3,5 |
| 4-я | A _{пах} | 128,0 | 140,3 | 144,5 | 147,8 | 141,1 | 11,8 |
| | A ₁ | 80,3 | 87,3 | 92,7 | 92,7 | 93,2 | 6,6 |

применение только азотных удобрений привело к снижению содержания гумуса на 0,14 и 0,34% соответственно. В подпахотном слое в двух вышеупомянутых вариантах наблюдался незначительный рост содержания органического вещества. Только в варианте IX в A_{пах} и A₁ наметилась тенденция к увеличению содержания органического вещества в обоих изучаемых слоях почвы.

Ещё одним показателем, характеризующим плодородие почвы, является величина запасов гумуса в почве. Необходимо отметить, что плотность почвы, как один из показателей, оказывающих непосредственное влияние на величину запасов в ней органического вещества, за 36 лет опыта не претерпела существенных изменений. В A_{пах} и A₁ данная величина составила 1,1 и 1,17 г/см³ соответственно. На момент закладки опыта во всех вариантах запас гумуса в пахотном слое почвы был равен 145,6 т/га, в подпахотном горизонте – 92,8 т/га (табл. 3). По завершении 3-й ротации в результате эксплуатации пашни без применения удобрений данный показатель снизился в A_{пах} на 15,2 т/га, а A₁ – на 6,9 т/га. В вариантах VIII и IX в пахотном горизонте запасы органического вещества остались на первоначальном уровне, при этом в подпахотном слое почвы отмечалась тенденция к снижению таковых. При внесении удобрений в дозе 11,1 т/га навоза совместно с минеральными удобрениями N₆₄P₃₇K₃₃ на 1 га севооборотной площади (вариант XI) за 27 лет опыта получено увеличение запасов в A_{пах} на 6,9 т/га, или на 255 кг в год, в горизонте A₁ данный показатель остался практически без изменений.

В 4-й ротации на контрольном варианте и при внесении удобрений в дозе 8,9 т навоза и минеральных удобрений N₄₄P₂₂K₂₂ на 1 га севооборотной площади запасы органического вещества продолжали постепенно снижаться на всю глубину изучаемого почвенного покрова. В варианте XI в результате сокращения внесения органо-минеральных удо-

брений и применения только азотных в дозе N₃₈ на 1 га площади севооборота в пахотном слое почвы запасы органического вещества за девять лет снизились на 11,4 т, или 1,3 т в год, при этом значение данной величины в слое почвы 30–50 см осталось практически неизменным. Только совместное применение органических удобрений в дозе 11,1 т, а также минеральных удобрений в количестве N₇₁P₂₃K₂₃ на 1 га площади севооборота (вариант IX) позволило не только сохранить запасы гумуса в как в A_{пах}, так и в A₁, но и получить тенденцию к их увеличению.

Вывод. Сохранение запасов и содержания гумуса в пахотном и подпахотном горизонтах почвы возможно при внесении 8,9–11,1 т органических и N_{64–71}P_{23–37}K_{23–33} минеральных удобрений на 1 га площади севооборота. При внесении данной дозы удобрений продуктивность севооборота будет составлять 39,1 ц з.е./га.

Замена длительного и систематического внесения органо-минеральных удобрений на одностороннее применение азотных удобрений в зависимости от их дозировки приводит к снижению запасов гумуса в пахотном горизонте в течение одной ротации девятипольного зернопаропропашного севооборота. При этом в случае благоприятных погодных условий продуктивность севооборота может оставаться на прежнем уровне по крайней мере в течение девяти лет.

Литература

1. Кирюшин В.И. Концепция оптимизации режима органического вещества почв в агроландшафтах / В.И. Кирюшин, Н.Ф. Ганжара, И.С. Кауричев [и др.] М.: Изд-во МСХА, 1993. 100 с.
2. Кирюшин В.И. Экологические основы земледелия. М.: Колос, 1996. 367 с.
3. Кирюшин В.И. Агрономическое почвоведение. М.: Колос, 2010. 687 с.
4. Бульо В.С., Сорочинський В.В. Напрями трансформації органічної речовини у сірому лісово – му ґрунті під впливом різних систем удобрення // Підгірне і гірське землеробство і тваринництво. 2004. Вип. 46. С. 3–9.

АГРОНОМИЯ И ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

5. Носко Б.С., Чесняк Г.Я. Расширенное воспроизводство плодородия почв в интенсивном земледелии в условиях Украины // Земледелие. 1988. № 1. С. 27–28.
6. Когут Б.М. Влияние длительного сельскохозяйственного использования на гумусовое состояние чернозёма типичного // Органическое вещество пахотных почв. М., 1987. С. 118–126.
7. Хлыстовский А.Д. Плодородие почвы при длительном применении удобрений и извести. М.: Наука, 1992. 192 с.
8. Лыков А.М., Бойчан Б.П., Вьюгин С.М. Органическое вещество и плодородие почвы в интенсивном земледелии. М.: ВНИИТЭИСХ, 1984. 58 с.
9. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1973, 336 с.
10. Агроклиматические ресурсы Ростовской области. Л.: Гидрометиздат, 1972. 252 с.