

ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ НА ОРГАНОПРОФИЛЬ ОСНОВНЫХ ЗОНАЛЬНЫХ ТИПОВ ПОЧВ

Сообщение 3. Сероземы и каштановые почвы

В.Г. Сычев, ак. РАН, Л.К. Шевцова, д.б.н., М.В. Беличенко, к.б.н.,

О.В. Рухович, д.б.н., О.И. Иванова, ФГБНУ «ВНИИ агрохимии» им. Д.Н. Прянишникова

Россия, 127550, Москва, ул. Прянишникова, 31а, e-mail: mvbelichenko@gmail.com, o_ruhovich@mail.ru

Исследования, проведенные в длительных опытах на каштановых почвах и сероземах, позволили определить и оценить воздействие систем органических, минеральных удобрений и их сочетаний на основные показатели плодородия и уровень окультуренности почв: содержание и запасы гумуса и общего азота, соотношение C:N и распределение показателей по 20-сантиметровым слоям метрового профиля почв. Установлено, что при применении как органических, так и минеральных удобрений содержание гумуса и азота по профилю несколько повышалось, но оставалось низким, соотношение C:N с глубиной сужалось. Это указывает на обеднение азотом корнеобитаемого слоя за счет усиления его потребления корнями растений при их плотной аккумуляции, а также на возможную миграцию азота и загрязнение сопредельной среды в периоды глубокого промачивания почв. Для коррекции указанных негативных явлений, при длительном интенсивном использовании почв, рекомендуется периодически исследовать динамику содержания и запасов углерода и азота по слоям почвенного профиля до глубины 1 м и применять меры по совершенствованию систем удобрения на основе внесения повышенных доз минеральных и органических удобрений, заправки зеленых удобрений, включению в севообороты обогащенных протеином травосмесей.

Ключевые слова: сероземы, каштановые почвы, длительные опыты, системы удобрения, послойное распределение, содержание, запасы, соотношение органического углерода и азота.

DOI: 10.25680/S19948603.2019.109.10

Органофиль – органическая составляющая генетического профиля почвы, является важным диагностическим критерием ее гумусного состояния [2].

Запасы и распределение органического вещества по профилю почвы – важный генетический признак, указывающий на уровень и устойчивость ее плодородия и степень окультуривания.

Оценка воздействия длительного применения различных систем удобрения на органическое вещество почв обычно проводится на основе изучения изменений показателей гумусного состояния в пахотном слое почвы и очень редко встречаются полнопрофильные исследования. Между тем известно, что органические и минеральные удобрения являются важным фактором воздействия на свойства почвы, особенно при их длительном применении. Это делает необходимым проведение полнопрофильного до 1 м послойного изучения таких, значимых для оценки устойчивого плодородия и окультуренности почв показателей, как содержание, запасы общего углерода и азота, соотношение C:N.

Изменения количественного содержания и запасов общего углерода и азота по слоям профиля и активность их перемещения при длительном применении удобрений позволяют определить направленность воздействия агрохимических приемов на органическое вещество всего метрового слоя почв, выявить его положительные и отрицательные стороны. Это необходимо для совершенствования систем удобрения, сохранения и эффективного повышения плодородия почв.

Исследования, проведенные ранее в опытах на дерново-подзолистых почвах, расположенных в северной

части лесной зоны, показали, что органические, минеральные системы удобрения (и их сочетание с известкованием) оказывают существенное воздействие на содержание, запасы, соотношение углерода к азоту в почве не только в пахотном слое, но и по всему профилю почвы до глубины 100 см. Однако эти воздействия не изменяют основные морфологические показатели дерново-подзолистых почв: сосредоточение органического вещества в верхних слоях почвы (0-20, 0-40 см) и резкое падение с глубиной [3].

Цель исследований – проанализировать изменения органофильей каштановых и сероземных почв в длительных опытах, расположенных в сухостепной и пустынно-степной зонах, в неблагоприятных для активного гумусообразования условиях. Характеристика исследуемых длительных агрохимических опытов приведена в работе [6].

Методика. Методика исследований описана в первом сообщении [4].

Результаты и их обсуждение. Аналитическая оценка результатов исследований позволяет: показать эффективность и направленность воздействия различных систем удобрения, при их длительном применении, на окультуривание почв, повышение их плодородия; отразить возможные изменения и характер взаимодействия органического углерода и азота в глубоких слоях профиля до 100 см при интенсивном земледелии; определить степень подвижности этих элементов в пределах метровой толщи почвы и возможность вымывания их за ее пределы, что актуально для многих зональных кли-

матических и агрономических условий с точки зрения возможных экологических последствий.

Длительные опыты с применением разных систем удобрения проводят в экстремально засушливых условиях зоны сухих и пустынных степей на каштановых почвах Бурятской опытной станции, на светло-каштановых Исык-Кульской опытной станции (Киргизия) и на типичных староорошаемых сероземах Аккавакской опытной станции (Узбекистан).

Климат зоны резко континентальный. Амплитуда среднемесячных температур составляет $-35 - +40^{\circ}\text{C}$, годовое количество осадков – от 300 до 200 мм. Испаряемость в сухой степи значительно превышает количество атмосферных осадков, что определяет непромывной режим и промачиваемость почвы до глубины 50-100 см [3].

Земледелие региона приурочено к наиболее увлажненным районам. В годы с обильными осадками получают высокие урожаи, а с недостаточным увлажнением посевы гибнут.

Результаты исследований содержания общего углерода и азота в почвах длительных опытов степной и сухостепной зоны приведены в таблице 1.

1. Содержание общего углерода и азота в профиле каштановых и сероземных почв

Вариант опыта	Слой почвенного профиля, см				
	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100
<i>Бурятская опытная станция, каштановая легкосуглинистая, 5-польный, зернопропашной, 5 лет</i>					
Контроль	<u>0.90</u> 0,097	<u>0.69</u> 0,070	<u>0.49</u> 0,054	<u>0.26</u> 0,036	<u>0.26</u> 0,028
1NPK	<u>0.80</u> 0,083	<u>0.77</u> 0,086	<u>0.48</u> 0,063	<u>0.30</u> 0,037	<u>0.24</u> 0,030
2NPK	<u>0.78</u> 0,112	<u>0.87</u> 0,106	<u>0.56</u> 0,067	<u>0.34</u> 0,065	<u>0.17</u> 0,041
<i>Исык-Кульская опытная станция, светло-каштановая супесчаная, 8-польный, зерно-травянопропашной, 5 лет</i>					
Контроль	<u>1.61</u> 0,164	<u>1.24</u> 0,123	<u>0.94</u> 0,093	<u>0.87</u> 0,085	-
1/2NPK	<u>1.63</u> 0,156	<u>1.27</u> 0,125	<u>0.97</u> 0,103	<u>0.73</u> 0,087	<u>0.65</u> 0,073
NPK	<u>1.60</u> 0,157	<u>1.43</u> 0,139	<u>1.06</u> 0,105	<u>0.82</u> 0,084	<u>0.63</u> 0,069
<i>Аккавакская опытная станция, типичный серозем среднесуглинистый староорошаемый, бессменный хлопчатник, 31 год</i>					
Контроль	<u>0.54</u> 0,076	<u>0.47</u> 0,061	<u>0.37</u> 0,050	<u>0.34</u> 0,044	<u>0.31</u> 0,043
Навоз	<u>1.08</u> 0,134	<u>0.50</u> 0,111	<u>0.56</u> 0,067	<u>0.042</u> 0,052	<u>0.035</u> 0,047
NPK	<u>0.68</u> 0,096	<u>0.60</u> 0,075	<u>0.44</u> 0,073	<u>0.37</u> 0,058	<u>0.30</u> 0,056
<i>9-польный хлопково-люцерновый севооборот, 16 лет</i>					
Контроль	<u>0.59</u> 0,077	<u>0.38</u> 0,059	<u>0.29</u> 0,051	<u>0.29</u> 0,050	<u>0.22</u> 0,045
NPK	<u>0.59</u> 0,086	<u>0.39</u> 0,052	<u>0.32</u> 0,046	<u>0.27</u> 0,041	<u>0.23</u> 0,032

Примечание. Над чертой С% к возд.-сух. почве, под чертой N% к возд.-сух. почве.

Из четырех длительных опытов в сухостепной зоне наиболее обеспечены органическим веществом почвы Исык-Кульской опытной станции в хорошо увлажняемом районе на высокоплодородной светло-каштановой почве. Севооборот 8-польный зерно-травянопропашной с 40% эспарцета. Содержание С и N в почве опыта довольно высокое, особенно в сравнении с каштановыми почвами Бурятии, и плавно уменьшается с глубиной профиля (табл. 2.)

В слое почвы 80-100 см сохраняется около 40% углерода и азота от их содержания в пахотном горизонте.

Сравнительно высокое содержание углерода в глубоких слоях почвы связано, видимо, с особенностями произрастающих растений, у которых до 80% биомассы концентрируется ниже пахотного горизонта. Действие минеральных удобрений $\text{N}_{40}\text{P}_{67}\text{K}_{36}$ (полная доза) проявилось в основном в слоях почвы 20-60 см.

Соотношение С:N варьировало в пределах 9,8-10,5 в верхних слоях, а с глубиной сужалось до 8,0-9,0, что указывает на небольшое накопление азота в нижних слоях, видимо, перемещавшегося вглубь с поливной водой (см. табл. 2).

Запасы углерода несравнимо ниже, чем в черноземах, но еще достаточно высокие. В слое почвы 0-40 см на контроле они составляли 77,2 т/га и были несколько выше (81,8 т/га) в почве варианта NPK (табл. 3).

На легкосуглинистых каштановых почвах близ Улан-Уде, в самом восточном районе распространения каштановых почв России, проводят длительный опыт [1]. Климатические условия Бурятии исключительно суровые. Континентальный климат характеризуется холодной зимой с глубоким промерзанием почвы и жарким сухим ветреным летом. Легкий гранулометрический состав почвы и зернопропашной севооборот не способствовали накоплению органического вещества в почве (см. табл. 2).

2. Соотношение С:N по профилю каштановых и сероземных почв

Вариант опыта	Слой почвенного профиля, см				
	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100
<i>Бурятская опытная станция</i>					
Контроль	9,3	9,9	9,1	7,2	9,2
1NPK	9,0	9,0	7,6	8,1	8,0
2NPK	7,0	8,2	9,8	5,2	4,2
<i>Исык-Кульская опытная станция</i>					
Контроль	9,8	10,1	10,1	10,2	-
1/2NPK	10,5	10,2	9,4	8,4	8,9
1NPK	10,5	10,3	10,1	9,8	9,1
<i>Аккавакская опытная станция</i>					
<i>Севооборот</i>					
Контроль	7,7	6,4	5,6	5,8	5,5
NPK	6,9	7,5	7,0	6,6	7,2
<i>Бессменный хлопчатник</i>					
Контроль	7,1	7,7	7,4	7,6	7,2
Навоз	8,1	8,1	8,4	8,1	7,4
NPK	7,1	8,0	6,0	6,4	5,3

Как видно из таблицы 2, общее содержание углерода в пахотном горизонте составляло 0,9%, при внесении минеральных удобрений оно немного снижалось. В более глубоких слоях (20-60 см) профиля содержание углерода и азота в вариантах с применением удобрений превышало контроль. Изменение содержания С и N в глубь профиля происходило постепенно. Однако, в нижних слоях наблюдалось сужение отношения этих показателей, что особенно заметно в варианте с повышенной дозой минеральных удобрений.

По запасам углерода каштановые почвы Бурятии значительно уступают (почти в 2 раза) почвам Исык-Кульской опытной станции по всем слоям профиля (см. табл. 3).

Интересны данные длительных опытов, заложенных на типичных сероземных почвах давнего орошения на Аккавакской опытной станции, расположенной в предгорной пустынно-степной зоне. Эти почвы содержат очень небольшое количество органического вещества и сельскохозяйственную продукцию можно возделывать только при орошении. Содержание углерода и азота по профилю сероземных почв было представлено в таблице 1.

Анализ полученных данных показывает, что несмотря на низкое содержание органического вещества в контрольных вариантах обоих опытов в этих условиях можно выращивать ценную сельскохозяйственную культуру – хлопчатник. Применение органических удобрений (30 т/га в год) за 40 лет опыта с бессменной культурой хлопчатника повысило содержание гумуса, в сравнении с контролем, в 2 раза, минеральные удобрения – на 25 %. Содержание азота также превышало показатели на контроле при применении как навоза, так и минеральной системы. Вниз по профилю наблюдается постепенное снижение содержания углерода, при этом различия между вариантами опыта сохраняются почти до глубины 80 см.

3. Запасы углерода в каштановых и сероземных почвах, т/га

Варианты опыта	Слой почвенного профиля, см					
	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100	0-100
<i>Бурятская опытная станция</i>						
Контроль	24,3	18,6	13,7	7,0	7,0	42,9
1NPK	21,6	20,8	11,5	8,1	5,8	42,4
2NPK	21,0	23,5	13,4	9,2	4,6	44,5
<i>Иссык-Кульская опытная станция</i>						
Контроль	43,7	33,5	25,4	23,5	-	77,2
1/2NPK	44,0	34,3	26,2	19,7	17,6	78,3
1NPK	43,2	38,6	28,6	22,4	17,0	81,8
<i>Аккавакская опытная станция</i>						
<i>Севооборот</i>						
Контроль	15,9	10,6	8,7	8,7	6,6	26,5
NPK	15,9	10,9	9,6	8,1	9,0	26,8
<i>Бессменно хлопчатник</i>						
Контроль	14,6	16,0	11,1	10,2	9,3	30,6
Навоз	29,2	14,0	16,8	1,26	1,05	43,2
NPK	28,4	16,8	13,2	11,1	9,0	45,2

В опыте с хлопково-люцерновым севооборотом 16-летнее внесение минеральных удобрений не оказало заметного влияния на содержание углерода по всему профилю почвы. Содержание азота в пахотном слое несколько повысилось, но далее, вглубь до 100 см содержание азота в варианте с применением минеральных удобрений уступало контролю. Это повышало соотношение C:N, в то время как на контроле оно было ниже (см. табл. 1, 2).

Запасы углерода в сероземных почвах в опыте с монокультурой хлопчатника в почве на контроле в слое 0-40 см были самыми низкими, при внесении навоза они повысились, а при применении минеральных удобрений были наибольшими.

В опыте с севооборотом запасы углерода на контроле и минеральной системой были практически одинаковы (см. табл. 3). Содержание азота в нижних слоях (40-100 см) в варианте с применением минеральных удобрений уступало контролю, что сузило отношение C:N.

Заключение. Содержание, запасы и распределение органического вещества по профилю почв – наиболее важные показатели устойчивости и производительности возделываемых культур.

Эффективность и направленность процесса окультуривания проявляются неодинаково в разных зонах и зависят от генетических особенностей почв, их гранулометрического состава; видов, доз, длительности применения удобрений, типа севооборота или особенности возделываемой монокультуры и др.

Воздействие органических удобрений на содержание гумуса в почвах более эффективное, чем минеральных. Однако, минеральные удобрения, повышая содержание

органического вещества почвы за счет увеличения биомассы растений, также улучшают свойства почвы, повышают ее плодородие.

Проведенные исследования в длительных опытах на дерново-подзолистых [4], серых лесных, черноземных [5], каштановых и сероземных почвах позволили определить и оценить воздействие органических, минеральных удобрений и их сочетаний на основные показатели плодородия и уровень окультуренности почв: содержание и запасы гумуса (C%) и общего азота (N%), соотношение C:N и распределение их по 20-сантиметровым слоям метрового профиля почв.

Анализ полученных данных показал, что длительное применение органических и минеральных удобрений оказывает существенное воздействие на исследуемые показатели органофилия почв во всех изучаемых опытах на разных типах почв и зонах по всей толще до 100 см. Амплитуда воздействия очень разная: в одних опытах наиболее четко выражено изменение исследуемых показателей по слоям почвы, в других – изменения имеют иную направленность. Проведенные исследования, несмотря на разнообразие природных факторов (зональность, климатические условия и их изменение, генетический тип почвы и др.) и агрогенных приемов (виды землепользования, биологические особенности возделываемых сельскохозяйственных культур, типы севооборотов, системы удобрения, длительность их применения и др.), воздействующих на изучаемые показатели, позволили сделать важное заключение – длительное применение различных систем удобрения не изменяет основные генетические признаки типов почв.

Так, на дерново-подзолистых почвах, как было показано в работе [4], накопление органического вещества происходило только в пахотном и подпахотном слоях, а далее, в глубь профиля не распространялось. В то время как в серых лесных почвах сохраняется повышенное содержание углерода и азота по всем слоям профиля почвы, с преобладанием в верхних горизонтах и постепенным понижением с глубиной [5]. Для черноземных почв характерными морфологическими признаками являются высокое содержание устойчивого органического вещества во всех, даже глубоких, слоях профиля, а также значительные запасы углерода и азота при оптимальном соотношении C:N. Каштановые почвы характеризуются резким понижением содержания гумуса по всему профилю, в сравнении с черноземами, и более узким отношением C:N. Профиль сероземов имеет низкое содержание органического вещества по всей глубине, несмотря на заметное его повышение при применении удобрений, и узкое соотношение C:N как на контроле, так и в вариантах с использованием удобрений.

Направленность изменений содержания общего азота в почве по вариантам длительных опытов аналогична изменению общего углерода. Однако, практически во всех объектах исследования, длительное применение удобрений, особенно минеральных, сопровождалось повышением содержания азота, сужением соотношения C:N в самых нижних слоях профиля почв. Это происходит за счет усиления потребления азота корнями растений при их более высокой аккумуляции в корнеобитаемом слое в верхних частях профиля, а также в результате возможной миграции азота с поливными водами и в периоды естественного глубокого промачивания почв и загрязнения сопредельных территорий.

Таким образом, длительное интенсивное использование почв требует постоянного внимания к указанным негативным явлениям. Для этого необходимы внесение экологически допустимых повышенных доз минеральных и органических удобрений, скорректированное на основе периодического исследования динамики содержания и запасов углерода и азота по слоям почвенного профиля до 1 м, а также включение в севообороты обогащенных протеином травосмесей и (или) запашка зеленых удобрений.

Литература

1. Билтуев А., Будажапов Л.В., Лапунин Т.П. Динамика изменения гумуса в каштановых почвах Западного Забайкалья при длительном применении удобрений. // Плодородие. – 2017. – № 3. – С.8-10.

2. Гришина Л.А. Гумусообразование и гумусное состояние почв. – М.: МГУ, 1986. – 315 с.

3. Добровольский В.В., Урусевская И.С. География почв. – М.: МГУ, 2004. – 460 с.

4. Сычев В.Г., Шевцова Л.К. Беличенко М.В., Рухович О.В., Иванова О.И. Влияние длительного применения различных систем удобрения на органопрофиль основных зональных типов почв. Сообщение 1. Дерново-подзолистые почвы. // Плодородие. – 2019. – № 2. – С.3-7.

5. Сычев В.Г., Шевцова Л.К. Беличенко М.В., Рухович О.В., Иванова О.И. Влияние длительного применения различных систем удобрения на органопрофиль основных зональных типов почв. Сообщение 2. Серые лесные и черноземные почвы // Плодородие. – 2019. – №3. – С. 10 – 14.

6. Сычев В.Г., Шевцова Л.К., Мерзлая Г.Е. Исследование динамики и баланса гумуса при длительном применении систем удобрения на основных типах почв // Агрохимия. – 2018. – №2. – С.3-21.

EFFECT OF LONG-TERM USE OF VARIOUS FERTILIZER SYSTEMS ON ORGANOPROFILE OF MAIN ZONAL SOIL TYPES REPORT 3. SIEROZEM AND CHESTNUT SOILS

V.G. Sychoy, L.K. Shevtsova, M.V. Belichenko, O.V. Rukhovich, O.I. Ivanova

Pryanishnikov Institute of Agrochemistry, Pryanishnikova ul. 31A, 127434 Moscow, Russia, e-mail: mvbelichenko@gmail.com, o_ruhovich@mail.ru

Studies carried out in long-term experiments on chestnut and sierozem soils allowed to determine and evaluate the effect of organic fertilizer systems and their combinations on key fertility indicators and the soil cultivation level: the content and stocks of humus and total nitrogen, C:N ratio and distribution of indicators values over twenty centimeter layers of the meter soil profile. It was established that when using both organic and mineral fertilizers the content of humus and nitrogen along the profile increased slightly, but remained low, with C:N ratio narrowed with depth. This indicates that the root zone is depleted of nitrogen by increasing its consumption by plant roots during their dense accumulation in the upper parts of the profile, as well as the possible migration of nitrogen and pollution of the adjacent environment during periods of deep soil wetting. To correct these negative phenomena with prolonged intensive use of the soil it is necessary to periodically investigate the dynamics of carbon and nitrogen content and their reserves in the soil profile layers up to 1 m and apply measures to improve fertilizer systems based on increased doses of mineral and organic fertilizers, plowing green fertilizers, inclusion of grass mixtures enriched with protein in crop rotations.

Keywords: sierozem, chestnut soil, long-term experiments, fertilizer systems, layer-by-layer distribution, organic carbon and nitrogen ratio.

УДК 631.4:630*114.354

ГУМУСНОЕ СОСТОЯНИЕ СЕЗОННО-ПЕРЕУВЛАЖНЕННЫХ ПОЧВ КАМЕННОЙ СТЕПИ

В.И. Турусов, ак. РАН, Ю.И. Чевердин, д.б.н., Т.В. Титова, к.б.н., В.А. Беспалов, к.б.н.,

Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Центрально-Черноземной полосы им. В.В. Докучаева (ФГБНУ «НИИСХ ЦЧП»)

Россия, 397463, Воронежская область, Таловский район, пос. 2-го участка

Института им. В.В. Докучаева, квартал 5, д. 81,

e-mail: niish1c@mail.ru, cheverdin62@mail.ru, tvtit@mail.ru, vabespalov@bk.ru

Дано описание гумусного состояния сезонно-переувлажненных почв Каменной Степи. Выявлено, что усиление гидроморфизма сопровождалось изменением характера аккумуляции гумуса по почвенному профилю, состава гумуса, уменьшением содержания негидролизующего остатка, увеличением содержания углерода подвижных гуминовых кислот в верхнем слое и уменьшением – в нижнем, усилением степени гумификации органического вещества от лугово-черноземных к черноземно-луговым почвам. С нарастанием гидроморфизма запасы гумуса увеличивались во всей метровой толще почв сезонно-переувлажненного комплекса.

Ключевые слова: лугово-черноземные, черноземно-луговые почвы; гумусное состояние почв, сезонно-переувлажненные почвы, Каменная Степь.

DOI: 10.25680/S19948603.2019.109.11

В настоящее время актуальна проблема ограниченности почвенных ресурсов, прежде всего, плодородных почв, необратимого уменьшения площадей сельскохозяйственных угодий. Интенсивное антропогенное воздействие на почву возрастает, что приводит к резкому снижению качества пахотных почв. Особую значимость

эта проблема приобретает сейчас в связи с изменившимися экологическими условиями.

Со второй половины прошлого века во многих регионах степной части России начали отмечать такие негативные процессы в сформировавшихся агроландшафтах, как существенное изменение увлажненности территории и увеличение площадей гидроморфных почв.