

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

## Сообщение 2. Серые лесные и черноземные 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, ВНИИА

Россия, 127550, Москва, ул. Прянишникова, 31а, e-mail: [mvbelichenko@gmail.com](mailto:mvbelichenko@gmail.com), [oruhovich@mail.ru](mailto:oruhovich@mail.ru)

Анализ результатов исследований профильного послойного распределения содержания, запасов общего углерода и азота, соотношения C:N в многолетних опытах, проводимых на серых лесных и черноземных почвах, показал, что как органические, так и минеральные системы удобрения оказывают существенное положительное воздействие на органическое вещество исследуемых почв. Органические системы удобрения влияют на содержание органического вещества почв больше, поскольку действуют как непосредственно, так и косвенно за счет повышения величины биомассы корневых пожнивных остатков и корневых выделений возделываемых культур. Минеральные же системы удобрения влияют на содержание органического вещества только косвенно. Изменялось также распределение органического вещества по слоям профиля. При этом во всех исследуемых почвах сохранялись характерные генетические признаки их типичного органо профиля.

Ключевые слова: органо профиль, системы удобрения, почвенный углерод, азот почвы, содержание, запасы, соотношение C:N, вертикальное и послойное распределение.

DOI: 10.25680/S19948603.2019.108.03

Данная статья является продолжением исследований изменения профильного (до 1 м) послойного распределения содержания, запасов общего углерода и азота, соотношения C:N – показателей, значимых для оценки устойчивого плодородия и окультуренности почв разных природных зон под воздействием применения различных систем удобрения в длительных опытах [3].

Приведены результаты исследования серых лесных и черноземных почв, расположенных южнее таежной зоны, в условиях, благоприятных для активного гумусообразования. Характеристика исследуемых длительных агрохимических опытов приведена в работе [4].

**Методика.** Методика исследований описана в сообщении 1 [3].

**Результаты и их обсуждение.** Исследованы серые лесные почвы трех длительных опытов: Украинского НИИ земледелия, Владимирского НИИСХ и ВНИИ лубяных культур (г. Глухов), различающихся по гранулометрическому составу, возделываемым культурам, длительностью проведения опытов [5].

В таблице 1 представлены данные по содержанию общего углерода и азота данных почв. Они показывают, что во всех трех исследуемых опытах органическое вещество распределяется по всем горизонтам профиля – от пахотного слоя до 100 см, что является основным характерным генетическим признаком серых лесных почв.

Светло-серые легкосуглинистые почвы Украинского НИИ земледелия по содержанию гумуса и азота очень близки дерново-подзолистым. Различия в содержании гумуса на удобренных почвах и контроле за 17 лет наиболее заметны при применении навоза совместно с минеральными удобрениями и проявляются по всему профилю почвы, в то время как применение одних минеральных удобрений практически сохраняет содержание гумуса и азота во всех слоях на уровне контроля.

### 1. Содержание общего углерода и азота по профилю серых лесных почв, % воздушно-сухой почвы

Вариант опыта	Слой почвенного профиля, см				
	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100
<i>Украинский НИИ земледелия, 7-польный зернотравянопропашной севооборот, 17 лет, легкий суглинок</i>					
Контроль	<u>0,71</u> 0,081	<u>0,58</u> 0,072	<u>0,35</u> 0,057	<u>0,26</u> 0,048	<u>0,20</u> 0,033
2NPK	<u>0,75</u> 0,079	<u>0,59</u> 0,063	<u>0,38</u> 0,048	<u>0,30</u> 0,040	<u>0,22</u> 0,036
Навоз+2NPK	<u>0,85</u> 0,086	<u>0,65</u> 0,071	<u>0,40</u> 0,051	<u>0,29</u> 0,042	<u>0,21</u> 0,034
<i>Владимирский НИИСХ, 7-польный зернотравянопропашной севооборот, 7 лет, средний суглинок</i>					
Контроль	<u>2,33</u> 0,242	<u>1,80</u> 0,183	<u>1,01</u> 0,106	<u>0,60</u> 0,067	<u>0,48</u> 0,052
N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	<u>2,51</u> 0,262	<u>2,27</u> 0,235	<u>1,40</u> 0,156	<u>0,76</u> 0,087	<u>0,47</u> 0,054
N <sub>2</sub> PK <sub>2</sub>	<u>2,53</u> 0,255	<u>1,81</u> 0,181	<u>0,65</u> 0,074	<u>0,52</u> 0,055	<u>0,47</u> 0,050
<i>ВНИИ лубяных культур (г. Глухов), монокультура конопли, 37 лет, темно-серая лесная почва, легкий суглинок</i>					
Контроль	<u>1,93</u> 0,167	<u>1,78</u> 0,152	<u>0,83</u> 0,079	<u>0,56</u> 0,057	<u>0,29</u> 0,032
Навоз	<u>2,45</u> 0,230	<u>2,16</u> 0,177	<u>1,10</u> 0,081	<u>0,54</u> 0,056	<u>0,29</u> 0,032
NPK	<u>2,04</u> 0,192	<u>2,09</u> 0,167	<u>1,76</u> 0,133	<u>1,19</u> 0,092	<u>0,62</u> 0,057
Известь	<u>2,04</u> 0,186	<u>1,87</u> 0,168	<u>0,98</u> 0,084	<u>0,58</u> 0,056	<u>0,32</u> 0,034
Навоз + известь	<u>2,72</u> 0,226	<u>2,46</u> 0,204	<u>1,42</u> 0,128	<u>0,54</u> 0,056	<u>0,39</u> 0,039
NPK + Ca, Mg	<u>2,35</u> 0,224	<u>2,25</u> 0,209	<u>1,73</u> 0,143	<u>1,08</u> 0,095	<u>0,67</u> 0,069

Примечание. Над чертой – C, под чертой – N (здесь и в табл. 4).

В то же время соотношение C:N заметно изменяется вниз по профилю почвы – от 8,8-9,9 в пахотном слое до 6,1-6,3 в слое 100 см (табл. 2). Это указывает на высокое обогащение органического вещества азотом, а также на возможность выноса минерального азота за пределы профиля почвы и загрязнения сопредельной территории.

## 2. Соотношение C:N в профиле серых лесных почв

Вариант опыта	Слой почвенного профиля, см				
	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100
<i>Украинский НИИ земледелия</i>					
Контроль	8,8	8,1	6,2	5,4	6,1
2NPK	9,5	9,4	7,9	7,5	6,3
Навоз + 2NPK	9,9	9,2	7,8	6,9	6,2
<i>Владимирский НИИСХ</i>					
Контроль	9,6	9,8	9,5	9,0	9,2
N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	9,6	9,7	9,0	8,7	9,4
N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	9,9	10,0	8,8	9,5	9,4
<i>ВНИИ лубяных культур</i>					
Контроль	11,6	11,7	10,5	9,8	8,5
Навоз	10,7	12,2	13,6	9,6	9,1
NPK	11,0	12,5	13,2	12,9	10,9
Известь	11,0	11,1	11,7	10,4	8,4
Навоз+известь	12,0	12,1	11,1	9,64	10,0
NPK+Ca, Mg	10,5	10,8	12,0	11,4	9,7

Суглинистые почвы опытов Владимирского НИИСХ (г. Суздаль) и ВНИИ лубяных культур (Украина) характеризуются высоким содержанием гумуса, но, в связи с разной длительностью опытов и особенностями возделываемых культур, действие систем удобрения в них проявляется по-разному.

В опыте Владимирского НИИСХ, заложенном на уникальных темно-серых лесных среднесуглинистых почвах (в зоне формирования, в основном, подзолистых почв), наиболее заметное воздействие на содержание гумуса и общего азота до слоя 0-80 см (за 7 лет) отмечено в варианте NPK. Повышение дозы удобрений до N<sub>2</sub>P<sub>2</sub>K<sub>2</sub> не увеличило содержание углерода, в сравнении с контролем в верхнем слое, и даже заметно уменьшило в более глубоких слоях. Возможно, что опыт еще «молодой» и процессы гумусообразования, изменяемые при внесении минеральных удобрений, пока не достигли равновесного состояния.

Опыт представляет большой интерес еще и тем, что в нем не наблюдается накопления азота с глубиной. Соотношение C:N в нижних слоях сохраняется на уровне 9,2-9,4, в пахотном слое – 9,6-9,9. Это указывает, возможно, на развитие процессов гумусообразования в направлении формирования в почве устойчивого к минерализации органического вещества, что подтверждается высокими запасами углерода в слое 0-40 см.

Возделывание монокультуры конопли на темно-серой легкосуглинистой почве в течение 37 лет в опыте ВНИИ лубяных культур, при применении высоких доз органических удобрений (навоз, 40 т/га в год) повысило в пахотном горизонте содержание гумуса на 40%, минеральных (NPK + Ca, Mg) – на 21% в сравнении с контролем. Повышение содержания органического вещества в этих вариантах наблюдается и в нижних слоях профиля, но проявляется не так интенсивно. Обогащение почвенного профиля органическим веществом в этом опыте происходит, видимо, за счет глубокого проникновения корневой системы конопли. Монокультура конопли значительно повышает содержание гумуса в почве до глубины 1 м, даже при возделывании без удобрений, в сравнении с целинным участком.

Отношение C:N в разных опытах изменяется неодинаково. На светло-серых почвах Украинского НИИ земледелия, как и в дерново-подзолистых, это соотношение заметно сужается вниз по профилю: с 9,9 в пахотном слое до 6,1 на глубине 80-100 см. Во Владимирском НИИСХ этот показатель стабилизируется, мало меняясь с глубиной. В почве ВНИИ лубяных культур

стабилизация наблюдается во всех вариантах на уровне, близком к контролю, но в нижнем слое на контроле и в варианте известь соотношение C:N заметно сужается.

Запасы гумуса в серых лесных почвах в большой мере зависят от уровня плодородия исходной почвы (табл. 3). Так, на легкосуглинистой почве Украинского НИИ земледелия за 17 лет проведения опыта в восьмипольном зернотравянопропашном севообороте запасы углерода как и во ВНИИ лубяных культур (37 лет) в слое почвы 100 см повысились по сравнению со слоем 40 см.

## 3. Запасы C в серых лесных почвах, т/га

Вариант опыта	Слой почвенного профиля, см					
	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100	0-100
<i>Украинский НИИ земледелия</i>						
Контроль	14,2	13,9	7,7	5,7	4,8	28,1
2NPK	15,0	14,2	8,4	6,6	5,3	29,2
Навоз+2NPK	17,0	15,6	8,8	6,4	5,0	32,6
<i>Владимирский НИИСХ</i>						
Контроль	46,6	43,2	22,2	13,2	11,5	89,8
N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	50,2	54,5	30,8	16,7	11,3	104,7
N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	50,6	43,4	14,3	11,4	11,3	94,0
<i>ВНИИ лубяных культур</i>						
Контроль	38,6	42,7	18,3	12,3	7,0	81,3
Навоз	49,0	51,8	24,2	11,9	7,0	100,8
NPK	40,8	50,2	38,7	26,2	14,9	91,0
Известь	40,8	44,9	21,6	21,6	7,7	85,7
Навоз + Известь	54,4	59,0	31,2	31,2	9,4	113,4
NPK + Ca + Mg	47,0	54,0	38,1	38,1	16,1	101

Применение удобрений повышало запасы углерода в зависимости от варианта опыта: в Украинском НИИ земледелия в слое почвы 0-40 см на 1,1-4,5 т/га, в слое 100 см на 3,2-6,5 т/га, в почве Владимирского НИИСХ в слое 0-40 см на 4,2-14,9 т/га, в слое 100 см на 27 т/га, в ВНИИ лубяных культур в слое почвы 0-40 см на 4,4 - 32,1 т/га; в слое 100 см на 17,7-74,4 т/га.

На черноземных почвах исследования проведены в пяти длительных опытах, расположенных в лесостепной и степной зонах России, Украины и Молдовы, а также в двух опытах на территории Сибири [2].

Исследования минерализации углерода и азота целинного чернозема в условиях черного пара и пашни показали, что за 12 лет пользования типичный мощный тучный чернозем потерял в слое почвы 1 м – 100 т/га гумуса и 5,5 т/га азота. Под влиянием пахоты гумус минерализуется не только в пахотном слое, но и на глубине 70-80 см. В то же время остающееся после распашки или парования органическое вещество (20-40% от исходного) характеризуется очень высокой устойчивостью к минерализации, что объясняется его прочными связями с минеральными компонентами почвы [1].

Исследование содержания общего углерода и азота по профилю черноземных почв представлено в таблице 4. На выщелоченных черноземных почвах в северной части лесостепной зоны расположены опыты Мордовской опытной станции и Мироновский НИИ селекции озимой пшеницы.

Анализ данных показывает, что на этих плодородных почвах, весь профиль которых насыщен органическим углеродом и азотом, влияние как органических, так и минеральных систем удобрения на общее содержание углерода и азота незначительно. Так, на выщелоченных легкосуглинистых черноземах Мироновского НИИ селекции озимой пшеницы за 57 лет в пахотном

#### 4. Содержание общего углерода и азота по профилю черноземных почв, % воздушно-сухой почвы

Вариант опыта	Слой почвенного профиля, см				
	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100
<i>Мироновский НИИ селекции озимой пшеницы, слабовыщелоченный легкосуглинистый</i>					
51 севооборот, 5-польный, зернопаропропашной, 57 лет					
Контроль	<u>2.24</u> 0,214	<u>2.09</u> 0,208	<u>1.54</u> 0,148	<u>1.36</u> 0,147	<u>0.93</u> 0,116
Навоз (норм. доза)	<u>2.43</u> 0,228	<u>2.30</u> 0,212	<u>1.62</u> 0,153	<u>1.50</u> 0,150	<u>1.08</u> 0,120
Навоз (макс. доза)	<u>2.55</u> 0,231	<u>2.25</u> 0,207	<u>1.71</u> 0,160	<u>1.45</u> 0,150	<u>0.98</u> 0,118
NPK (норм. доза)	<u>2.24</u> 0,201	<u>1.98</u> 0,192	<u>1.71</u> 0,175	<u>1.49</u> 0,150	<u>1.19</u> 0,141
NPK (макс. доза)	<u>2.10</u> 0,209	<u>1.88</u> 0,193	<u>1.62</u> 0,156	<u>1.33</u> 0,141	<u>0.98</u> 0,111
Навоз+NPK	<u>2.38</u> 0,224	<u>2.10</u> 0,191	<u>1.65</u> 0,162	<u>1.45</u> 0,143	<u>0.98</u> 0,104
<i>Севооборот 2 (новое опытное поле), 10-польный, зернопаротравянопропашной, 39 лет</i>					
Контроль	<u>2.31</u> 0,216	<u>2.18</u> 0,219	<u>1.73</u> 0,169	<u>1.18</u> 0,146	<u>0.80</u> 0,104
Навоз	<u>2.41</u> 0,227	<u>2.31</u> 0,223	<u>1.72</u> 0,192	<u>1.26</u> 0,154	<u>0.80</u> 0,100
1NPK	<u>2.35</u> 0,239	<u>2.27</u> 0,210	<u>1.79</u> 0,160	<u>1.27</u> 0,148	<u>0.82</u> 0,101
2NPK	<u>2.36</u> 0,223	<u>2.18</u> 0,199	<u>1.65</u> 0,160	<u>1.28</u> 0,138	<u>0.87</u> 0,103
<i>Черкасская опытная станция, средний суглинок, 10-польный, зерноотравянопропашной 10 лет</i>					
Контроль	<u>1.78</u> 0,159	<u>1.69</u> 0,150	<u>1.44</u> 0,127	<u>0.98</u> 0,098	<u>0.72</u> 0,081
Навоз	<u>1.79</u> 0,162	<u>1.70</u> 0,144	<u>1.56</u> 0,135	<u>1.17</u> 0,104	<u>0.91</u> 0,086
NPK	<u>1.74</u> 0,175	<u>1.59</u> 0,155	<u>1.35</u> 0,140	<u>0.98</u> 0,109	<u>0.78</u> 0,093
2NPK	<u>1.88</u> 0,160	<u>1.91</u> 0,166	<u>1.55</u> 0,133	<u>1.21</u> 0,113	<u>1.05</u> 0,109
Навоз+NPK	<u>1.76</u> 0,159	<u>1.75</u> 0,169	<u>1.43</u> 0,168	<u>1.07</u> 0,104	<u>0.81</u> 0,090
<i>Кишиневский СХИ, карбонатный мощный тяжелосуглинистый, 6-польный зернопропашной севооборот, 13 лет</i>					
Контроль	<u>2.05</u> 0,211	<u>2.14</u> 0,228	<u>2.16</u> 0,224	<u>2.12</u> 0,117	<u>2.13</u> 0,126
Навоз	<u>2.20</u> 0,263	-	<u>2.09</u> 0,197	-	<u>2.08</u> 0,107
NPK	<u>2.06</u> 0,216	<u>2.13</u> 0,270	<u>2.21</u> 0,190	<u>2.14</u> 0,134	-
<i>Мордовская опытная станция, выщелоченный тяжелосуглинистый, 7-польный зернопропашной севооборот, 14 лет</i>					
Контроль	<u>5.49</u> 0,537	<u>4.86</u> 0,480	<u>2.58</u> 0,305	<u>1.65</u> 0,208	<u>1.17</u> 0,134
Навоз	<u>5.38</u> 0,633	<u>4.76</u> 0,530	<u>3.00</u> 0,358	<u>1.75</u> 0,203	<u>1.11</u> 0,124
NPK	<u>5.50</u> 0,601	<u>4.43</u> 0,532	<u>3.22</u> 0,371	<u>2.37</u> 0,21	<u>1.74</u> 0,163
<i>Красноярский НИИЗ, выщелоченный тяжелосуглинистый, 6-польный зернопаропропашной севооборот, 8 лет</i>					
Контроль	<u>4.64</u> 0,388	<u>4.10</u> 0,336	<u>1.62</u> 0,156	<u>0.90</u> 0,098	<u>0.78</u> 0,088
Навоз	<u>5.10</u> 0,388	<u>3.97</u> 0,305	<u>1.99</u> 0,120	<u>1.29</u> 0,106	<u>1.42</u> 0,102
NPK	<u>5.19</u> 0,452	<u>5.25</u> 0,412	<u>3.16</u> 0,270	<u>1.06</u> 0,106	<u>0.88</u> 0,102
<i>Алтайский НИИЗ, выщелоченный среднесуглинистый, 3-польный зернопропашной севооборот, 8 лет</i>					
Контроль	<u>3.60</u> 0,305	<u>2.79</u> 0,267	<u>1.74</u> 0,156	<u>1.03</u> 0,109	<u>0.60</u> 0,061
Навоз	<u>3.65</u> 0,308	<u>3.16</u> 0,255	<u>1.86</u> 0,169	-	-
NPK <sub>(60)</sub>	<u>3.86</u> 0,300	<u>2.68</u> 0,234	<u>1.49</u> 0,150	-	-
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>	<u>3.79</u> 0,300	<u>3.08</u> 0,282	<u>1.98</u> 0,185	-	-

слое почвы применение навоза (10 т/га в год) в зерно-пропашном севообороте повысило содержание углерода на 8-9 %, а на тяжелосуглинистом черноземе Мордовской опытной станции за 14 лет снизило на 2%.

Подобный неодинаковый эффект от внесения удобрений наблюдается и на других подтипах чернозема в опытах Черкасской опытной станции и Кишиневского СХИ.

В большинстве опытов на глубине от 40 см и ниже влияние в основном минеральных удобрений проявляется в повышении содержания углерода в сравнении с контролем. Та же тенденция в опыте Черкасской опытной станции в слоях 60-80 и 80-100 см.

Подобные небольшие изменения связаны, по видимому, с гидротермическими условиями, определяющими интенсивность миграции подвижных гумусовых веществ в период временного промачивания почвы, а также с величиной корневой биомассы возделываемых культур, в связи с улучшением развития растений на удобренных фонах и проникновения корней по всему профилю. Увеличение содержания гумуса в глубоких слоях почвенного профиля при применении минеральных удобрений отмечали многие авторы, проводившие исследования в опытах Мироновского НИИ селекции озимой пшеницы.

Распределение содержания азота по профилю данных почв довольно равномерное в сравнении с ранее рассмотренными почвами юга лесной и лесостепной зон.

Соотношение C:N в черноземных почвах варьирует в пределах 9,0-12,0 и считается оптимальным, так как биоклиматические условия черноземной зоны наиболее благоприятны для активного развития почвенного микробоценоза, в результате которого происходит образование зрелых специфических гумусовых веществ, характеризующихся обогащением азотом, высокой оптической плотностью, повышенным содержанием в составе гумуса гуминовых кислот, связанных с кальцием.

В почвах проводимых опытов (табл. 5), расположенных в европейской части России, отношение C:N в слое 0-20 см варьировало, а с глубиной уменьшалось. В черноземах Сибири C:N в самом нижнем слое сужалось.

#### 5. Соотношение C:N по профилю черноземных почв

Вариант опыта	Слой почвенного профиля, см				
	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100
<i>Мироновский НИИ селекции озимой пшеницы, 51 севооборот</i>					
Контроль	10,5	10,0	10,4	9,3	8,0
Навоз (норм. доза)	10,7	10,8	10,6	10,0	9,0
Навоз (макс. доза)	11,0	10,9	10,7	9,7	8,3
NPK (норм. доза)	11,1	10,3	9,8	9,9	7,1
NPK (макс. доза)	10,0	9,7	10,4	9,4	8,8
Навоз+NPK	10,6	11,0	10,2	10,1	9,4
<i>Севооборот 2 (новое опытное поле)</i>					
Контроль	10,7	10,0	10,4	8,1	7,7
Навоз	10,6	10,4	9,0	8,2	8,0
1NPK	9,8	10,8	11,2	8,9	8,1
2NPK	10,6	11,0	10,3	9,3	8,4
<i>Черкасская опытная станция</i>					
Контроль	11,2	11,3	11,3	10,0	8,9
Навоз	11,0	11,8	11,6	11,3	10,6
NPK	9,9	10,3	9,6	9,0	8,4
2NPK	11,8	11,5	11,7	10,7	9,63
Навоз+NPK	11,0	10,4	6,0	10,3	9,0

Продолжение таблицы 5

Вариант опыта	Слой почвенного профиля, см				
	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100
<i>Кишиневский СХИ</i>					
Контроль	9,7	9,4	9,6	18,1	16,9
Навоз	8,4	-	10,6	-	12,2
NPK	9,5	8,9	11,6	15,9	-
<i>Мордовская опытная станция</i>					
Контроль	10,2	10,1	8,5	7,9	8,7
Навоз	8,5	9,8	8,4	8,6	9,0
NPK	9,2	8,3	8,7	11,3	10,7
<i>Красноярский НИИЗ, 1975 г. (чернозем)</i>					
Контроль	12,0	12,2	10,4	9,2	8,7
Навоз	13,1	13,0	16,6	-	-
NPK	11,5	12,7	11,7	10,0	8,6
<i>Алтайский НИИЗ, 1974 г. (чернозем)</i>					
Контроль	11,8	10,4	11,2	9,5	9,8
Навоз	11,9	12,4	11,0	-	-
NPK <sub>(60)</sub>	12,9	11,5	9,9	-	-
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>	12,6	10,9	10,7	-	-

На выщелоченных черноземах Мироновского НИИ селекции озимой пшеницы и Мордовской опытной станции отмечалась высокая насыщенность органического вещества почвы азотом в верхних (до 60 см) слоях, где соотношение С:N близко к оптимальному. В нижних слоях содержание азота повышалось, происходило сужение С:N. В то же время, в черноземах Черкасской опытной станции, особенно в карбонатных мощных черноземах Кишиневского СХИ, соотношение этих элементов становилось шире. Это свидетельствует о снижении активности процессов минерализации органического вещества и повышении его устойчивости в глубоких слоях профиля.

В Сибири длительные опыты Красноярского и Алтайского НИИЗ расположены, соответственно, на выщелоченных тяжелосуглинистых и среднесуглинистых черноземах. Опыты молодые (6-8 лет) различаются по гранулометрическому составу почв и севооборотам. Сравнивают органическую систему (7 т/га навоза ежегодно) и эквивалентную минеральную систему в севооборотах. В черноземе Алтайского НИИЗ использован 3-польный севооборот: 1 – кукуруза; 2 – яровая пшеница; 3 – яровая пшеница. В Красноярском НИИЗ системы удобрения изучают в 6-польном зернопаровом севообороте.

Результаты исследования содержания углерода в черноземных почвах были представлены в таблице 4. Несмотря на небольшой срок опыта и высокое природное содержание углерода, в почве Красноярского НИИЗ проявилось положительное воздействие органических и минеральных удобрений на содержание углерода и азота по всему профилю почвы. В опыте Алтайского НИИЗ применение удобрений также оказало положительное действие, но менее заметное.

Содержание азота изменяется в том же направлении, что и углерода. Соотношение С:N в пахотном слое черноземных почв Сибири (11,5-15,1) заметно шире, чем в европейской части России (8-10) и постепенно сужается с глубиной. Это также указывает на высокую устойчивость органического вещества и слабую способность к минерализации.

Запасы углерода черноземов представлены в таблице 6. Несмотря на многолетнее сельскохозяйственное использование и выпашанность, черноземные почвы обладают мощным гумусовым потенциалом по всей изучаемой глубине (100 см). Наиболее мощные запасы углерода среди проводимых опытов в европейской час-

ти в слоях почвы 0-40 и 0-100 см в тяжелосуглинистых выщелоченных черноземах Мордовской опытной станции.

6. Запасы С в черноземных почвах, т/га

Вариант опыта	Слой почвенного профиля, см						
	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100	0-40	0-100
<i>Мироновский НИИ селекции озимой пшеницы, 51 севооборот</i>							
Контроль	56,0	37,6	33,9	29,9	22,3	93,6	179,7
Навоз	60,8	41,4	35,6	33,0	25,9	102,2	196,7
Навоз (норм.)	63,8	40,5	37,6	31,9	23,5	104,3	197,3
Навоз (макс.)	56,0	35,6	37,6	32,8	28,6	91,6	190,6
NPK (норм.)	52,5	33,8	29,2	29,3	23,5	86,3	168,8
NPK (макс.)	59,5	37,8	29,7	31,5	23,5	97,3	182,0
<i>2-й севооборот (новое опытное поле)</i>							
Контроль	57,8	39,2	38,1	26,0	19,2	97	180,3
Навоз	60,3	41,6	37,8	27,7	19,2	101,9	186,6
1NPK	58,8	40,9	39,4	27,9	19,7	99,7	186,7
2NPK	59,0	39,2	36,3	28,2	20,9	98,2	183,6
<i>Черкасская опытная станция</i>							
Контроль	37,0	38,5	34,3	24,7	17,9	75,5	152,4
Навоз	37,2	38,8	37,1	28,8	22,6	76,0	164,0
NPK	36,2	36,3	32,1	23,5	19,3	72,5	147,4
2NPK	38,5	43,5	36,9	29,3	26,0	82,0	174,2
Навоз + NPK	37,6	39,9	34,0	25,9	20,0	77,5	157,4
<i>Кишиневский СХИ</i>							
Контроль	42,6	48,7	51,4	51,8	52,8	91,3	-
Навоз	45,8	-	49,7	-	51,6	-	-
NPK	42,8	48,7	52,6	51,8	-	91,5	-
<i>Мордовская опытная станция</i>							
Контроль	114,2	110,8	61,4	39,9	29,0	225,0	355,3
Навоз	111,9	108,5	71,4	42,4	27,5	220,4	361,7
NPK	114,4	101,0	76,6	57,4	43,2	215,4	392,6
<i>Красноярский НИИЗ, 1975 г. (чернозем)</i>							
Контроль	120,6	74,6	38,6	21,8	18,9	195,2	274,5
Навоз	132,6	72,3	47,3	31,2	34,4	204,9	317,8
NPK	134,9	95,6	75,2	26,6	21,3	230,5	352,6
<i>Алтайский НИИЗ, 1974 г. (чернозем)</i>							
Контроль	93,6	72,5	41,4	24,9	14,5	166,1	246,9
Навоз	94,9	57,5	44,3	-	-	152,4	-
NPK <sub>(60)</sub>	100,4	48,8	35,4	-	-	149,2	-
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>	92,5	56,0	47,1	-	-	154,5	-

Применение высоких доз навоза (10-20 т/га ежегодно) в течение 57 лет заметно повысило запасы гумуса в пахотном слое (0-40 см) и в более глубоких горизонтах почвы в Мироновском НИИ селекции озимой пшеницы. В молодых опытах (Черкасская, Мордовская опытные станции) действие навоза на запасы гумуса в слое 0-40 см проявилось слабо, но в нижних слоях заметно превышало контроль. Минеральные системы удобрения увеличивали запасы гумуса только в нижних слоях почвенного профиля.

Черноземы Сибири также характеризовались значительными запасами углерода, несколько уступая европейским. В почве Красноярского НИИЗ в слое 0-40 см запасы углерода достигали 230 т/га, а содержание гумуса по всему профилю повышали как органические, так и минеральные удобрения. В Алтайском НИИЗ действие удобрений на содержание гумуса проявлялось слабо.

**Заключение.** В опытах на серых лесных и черноземных почвах четко проявляется положительное воздействие различных систем удобрения на содержание и запасы углерода и азота по всему профилю. Интенсивность и глубина этого воздействия зависит от мно-

гих причин: генетически обусловленного уровня исходного плодородия почвы; видов, доз, сочетания удобрений; типа севооборота и особенностей возделываемых культур.

Применяемые системы удобрения не нарушают основных генетических признаков органо профиля исследуемых почв.

#### Литература

1. Ганжара Н.Ф. Генезис гумусового профиля черноземов. Тезисы «Докучаевское почвоведение 100 лет на службе сельского хозяйства». – Л., 1988. – С.33-47.

2. Добровольский В.В., Урусевская И.С. География почв. – МГУ, 2004. – 460 с.

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

4. Сычев В.Г., Шевцова Л.К., Мерзлая Г.Е. Исследование динамики и баланса гумуса при длительном применении систем удобрения на основных типах почвы// Агрохимия. – №2, – 2018. – С3-21.

5. Шеларь И.А., Пономарева Л.М. Влияние окультуривания на содержание и состав гумуса в темно-серой оподзоленной почве// Труды Харьковского СХИ. – 1978. – Т.255. – С.32-38.

## EFFECT ON ORGANOPROFILE OF MAIN ZONAL SOIL TYPES CAUSED BY LONG-TERM APPLICATION OF VARIOUS FERTILIZER SYSTEMS

### Communication 2. Gray forest, chernozem soils

V.G. Sychov, 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

Analysis of the results of studies of the profile layer-by-layer distribution of the content, stocks of total carbon and nitrogen, the C:N ratio in long-term experiments conducted on gray forest and chernozem soils showed that both organic and mineral fertilizer systems have a significant positive effect on the organic matter of the studied soils. Organic fertilizer systems affect the organic matter content of the soil more, because they act both directly and indirectly by increasing the biomass of the root-crop residues and root excretions of cultivated crops. Mineral fertilizer systems affect the content of organic matter only indirectly. The distribution of organic matter in the layers of the profile also changed. But at the same time, all the studied soils preserved the characteristic genetic characteristics of their typical organoprofile.

Keywords: organoprofile, soil types, fertilizer systems, soil carbon, soil nitrogen, content, reserves, C:N ratio, vertical and layer-by-layer distribution.

УДК: 638.8+633.1

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЕЙ АЗОТА ПОЧВЫ ПРИ ВНЕСЕНИИ БИОМОДИФИЦИРОВАННЫХ АММИАЧНОЙ СЕЛИТРЫ И МОЧЕВИНЫ (ИССЛЕДОВАНИЯ С $^{15}\text{N}$ )

А.А. Завалин, ак. РАН, Л.С. Чернова, к.с.-х.н., С.Н. Сапожников, к.с.-х.н.,  
В.А. Литвинский, к.с.-х.н., ВНИИА

127550, г. Москва, ул. Прянишникова, д. 31а, e-mail: zavalin.52@mail.ru

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта  
№ 18-016-00048*

В модельном опыте на дерново-подзолистой супесчаной почве с содержанием стабильного изотопа  $^{15}\text{N}$  выше природного значения, созданного в результате её компостирования с меченой аммиачной селитрой, выращивали яровую пшеницу с внесением обычных и модифицированных биопрепаратом на основе штамма бактерий *Bacillus subtilis* Ч-13 аммиачной селитры (Naa) и мочевины (Nm). Установлено, что применение под яровую пшеницу биомодифицированной мочевины положительно влияет на формирование биомассы яровой пшеницы, увеличивает концентрацию и накопление в растениях общего азота. При биомодификации аммиачной селитры и мочевины снижается избыток (ат. %)  $^{15}\text{N}$  в биомассе, что свидетельствует о большем потреблении растениями азота удобрения. При этом уменьшается накопление в биомассе меченого азота почвы и возрастает коэффициент использования растениями азота внесенных азотных удобрений. Биомодификация азотных удобрений снижает абсолютное количество и долю меченого азота почвы в формировании биомассы и увеличивает использование азота удобрений растениями яровой пшеницы, не приводя к минерализации органического вещества почвы.

Ключевые слова: азотные удобрения, биомодификатор, стабильный изотоп азота, биомасса, потребление азота, коэффициент использования азота.

DOI: 10.25680/S19948603.2019.108.04

При использовании в земледелии примерно 3,0 млн т минеральных удобрений в перерасчете на действующее вещество в год [1, 2], первостепенное значение прида-

ется повышению эффективности усвоения из них растениями азота [3]. Одним из способов повышения коэффициентов использования азота из минеральных