

## ОЦЕНКА СЕВООБОРОТОВ В ПОЛЕВЫХ И ЛИЗИМЕТРИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

**Л.П. Огородников, д.с.-х.н., П.А. Постников, к.с.-х.н., Уральский НИИСХ**

*В 2011-2014 гг. в полевом и лизиметрическом опытах изучено влияние различных фонов питания и полевых севооборотов на агрофизические и агрохимические свойства темно-серой лесной почвы, просачивание атмосферных осадков через корнеобитаемый слой почвы. Систематическое применение органических удобрений обеспечило снижение плотности почвы в пахотном слое и увеличение запасов продуктивной влаги по сравнению с естественным уровнем плодородия. В среднем за 4 года исследований в зависимости от фона питания и вида севооборота за вегетационный период просачивалось от 46 до 61 л/лизиметр. Применение органических удобрений (сидераты, солома) в сочетании с минеральными фонами способствовало снижению инфильтрации воды по сравнению с контролем. Наименьшие потери минерального азота на удобренных фонах питания выявлены под культурами зернопаросидерального севооборота.*

*Ключевые слова: севооборот, фон питания, минеральные и органические удобрения, инфильтрат, лизиметрическая установка.*

Один из приемов сохранения плодородия почв – биологизация земледелия. Внедрение севооборотов с промежуточными культурами, многолетними бобовыми и бобово-злаковыми травами при сочетании органических и минеральных удобрений позволяет поддерживать плодородие почв и урожайность сельскохозяйственных культур на достаточно высоком уровне [1-3].

Наряду с повышением продуктивности пашни, важное значение имеют вопросы экологизации. При разработке рациональной системы удобрения сельскохозяйственных культур, обеспечивающей наиболее полное использование растениями питательных веществ, важно знать их потери из почвы, в том числе вследствие вымывания. Эта статья расхода представляет практический интерес в связи не только с оптимизацией питания растений, но и с проблемой охраны окружающей среды [4].

В лизиметрических исследованиях установлено, что осадки полностью промачивали почву по профилю 2 раза в год: после снеготаяния и во время осенних дождей [5]. Летние осадки увлажняли почву на небольшую глубину и, как правило, в пределах мощности гумусового горизонта. Со стоком инфильтрата в среднем на 1 га севооборотной площади теряется около 15 % воды от общего количества атмосферных осадков, выпавших за год. Введение в

севообороты клевера или донника способствовало уменьшению стока воды из корнеобитаемого слоя на естественном фоне в 1,1-1,5 раза по отношению к севооборотам без многолетних трав [6].

Регулируя в севооборотах соотношение между зерновыми, пропашными культурами и многолетними травами, можно существенно влиять на инфильтрационные процессы и потери элементов питания из почвы [7].

Цель исследований - определить влияние севооборотов и различных фонов питания на агрофизические и агрохимические показатели почвы, а также выявить воздействие севооборотов на миграционные процессы, происходящие в почве, и вымывание питательных элементов из слоя 0-70 см.

**Методика.** В Уральском НИИСХ с 2001 г. изучают севообороты с максимальной ориентацией на биологические факторы на темно-серых лесных почвах, которые характеризовались следующими показателями:  $pH_{\text{сол}}$  4,9-5,1, N л.г. – 13,6-18,1 мг/100 г,  $P_2O_5$  – 20,6-26,8,  $K_2O$  – 15,0-16,8 мг/100 г почвы, гумус – 4,67-5,06 % (полевой опыт). В лизиметрическом опыте:  $pH_{\text{сол}}$  5,5, N л.г. – 21,1;  $P_2O_5$  – 17,0;  $K_2O$  – 13,6 мг/100 г почвы, гумус – 5,26 %.

В третьей ротации (2011-2014 гг.) севообороты изучали по следующим схемам: зернопаросидеральный – пар сидеральный (рапс) – пшеница – овес – горох – ячмень; зернотравяной (1 поле клевера) - горох - пшеница с подсевом трав – клевер 1-го г.п. – ячмень – овес; зернотравяной (2 поля клевера) – ячмень с подсевом трав - клевер 1-го г.п. - клевер 2-го г.п. – пшеница – овес.

На местности стационарный полевой опыт располагается в трехкратной повторности по ярусам. Ежегодно высевают все культуры севооборотов, расположение вариантов в первом ярусе последовательное, во втором и третьем – рендомизированное. Общая площадь делянки 156 м<sup>2</sup> (3,9 х 40), субделянки – 78 м<sup>2</sup>.

Лизиметрическая установка состоит из 46 железобетонных колец площадью 0,75 м<sup>2</sup>. Забивку колец проводили в 1989 г. по горизонтам на глубину 70 см. Просачивающаяся вода по полиэтиленовой трубке поступала в 10-литровые бутылки. Размещение культур в севооборотах во времени, варианты располагаются рендомизированно.

Севообороты в полевом опыте заложены на трех фонах питания:

1. Без удобрений (естественный фон плодородия).
2. Минеральный -  $N_{30}P_{30}K_{30}$  (в среднем на 1 га севооборотной площади).
3. Органоминеральный – применение сидератов и соломы на фоне  $N_{24}P_{24}K_{24}$ .

Фон питания в лизиметрическом опыте:

1. Без удобрений – контроль.
2. Органоминеральный –  $N_{30}P_{30}K_{30}$  + сидерат, солома.
3. Органоминеральный –  $N_{60}P_{60}K_{60}$  + солома 2 раза за ротацию.

Во всех севооборотах в качестве органического удобрения применяли солому (2 раза за ротацию). В зернопаросидеральном севообороте запахивали зеленую массу рапса в паровом поле, в зернотравяных – отаву клевера.

**Результаты и их обсуждение.** Наблюдения за структурой почвы показали, что наибольшие изменения произошли в зернопаросидеральном севообороте (табл. 1). По отношению к естественному фону плодородия при запашке сидератов и соломы доля частиц размером 0,25-10 мм возросла на 4,4-4,6 %. Аналогичная закономерность выявлена под культурами зернотравяных севооборотов.

**1. Изменение свойств темно-серой почвы в зависимости от системы удобрения и вида севооборота (в среднем за 2011-2014 гг.)**

Показатель	Фон питания	Севооборот		
		зернопаросидеральный (без мн. трав)	зернотравяной	
			(1 поле клевера)	(2 поля клевера)
Доля почвенных частиц размером 0,25-10 мм (сухой просев, 0-20 см)	1	66,2	65,2	65,0
	2	70,6	67,3	67,8
	3	72,8	69,4	70,5
Плотность, г/см <sup>3</sup> (после уборки, 0-20 см)	1	1,11	1,12	1,12
	2	1,09	1,13	1,09
	3	1,07	1,09	1,06
Запасы продуктивной влаги перед посевом, мм (0-50 см)	1	66,4	65,0	63,2
	2	68,6	69,2	66,9
	3	75,1	75,0	74,7
Запасы продуктивной влаги, мм (в среднем за вегетацию, 0-20)	1	17,3	15,6	17,4
	2	18,3	17,6	18,3

см)	3	20,5	19,6	19,4
Содержание минерального азота, мг/кг почвы (в среднем за вегетацию)	1	10,2	10,3	10,6
	2	13,4	12,8	12,8
	3	13,7	14,4	13,0

*Примечание.* Приведены усредненные данные по всем культурам севооборотов (аналогично и в других таблицах)

В третьей ротации биологизированных севооборотов за счет систематического ежегодного поступления растительных остатков на уровне 3,0-4,0 т/га плотность темно-серой почвы после уборки сельскохозяйственных культур не превышала 1,06-1,13 г/см<sup>3</sup>. На органоминеральном фоне питания во всех изучаемых севооборотах плотность сложения почвы снизилась на 0,03-0,06 г/см<sup>3</sup> по сравнению с контролем.

Улучшение физических свойств темно-серой почвы оказало благоприятное воздействие на режим влажности. Так, при систематическом применении органических удобрений запасы влаги в слое почвы 0-50 см возросли на 8,7-11,5 мм по отношению к варианту без удобрений. В накоплении продуктивной влаги к периоду посева полевых культур различий между севооборотами не выявлено. Аналогичные закономерности отмечены по запасам влаги в течение вегетации сельскохозяйственных культур.

Систематическое применение минеральных и органических удобрений способствовало увеличению содержания минерального азота в пахотном слое, в среднем за вегетацию разница составила 2,4-4,1 мг/кг почвы по сравнению с естественным фоном плодородия.

Применение биологических факторов, в первую очередь наличие многолетних бобовых трав в севообороте и запашка органических удобрений, оказало положительное воздействие на сокращение непроизводительных потерь влаги из корнеобитаемого слоя (табл. 2). Наименьший объем инфильтрата на темно-серой лесной почве отмечен в зернопаросидеральном и зернотравяном (2 поля клевера) севооборотах, несколько выше он был в зернотравяном (1 поле клевера). Внесение органических удобрений на фоне  $N_{30}P_{30}K_{30}$  -  $N_{60}P_{60}K_{60}$  способствовало снижению количества инфильтрата в сравнении с контрольным вариантом без внесения удобрений на 3,6-21,1 % (2,1-12,4 л/лизиметр). При применении сидератов и соломы на фоне  $N_{30}P_{30}K_{30}$  просачивание влаги под культурами зернотравяного севооборота с одним полем клевера выше на 6,2 % по отношению к другим севооборотам. При использовании одной соломы в качестве удобрения внутрипочвенный сток воды увеличился на 3,8-10,4 л/лизиметр, или на 7,6-22,3 % по сравнению с фоном № 2.

**2. Просачивание атмосферных осадков через темно-серую почву в зависимости от вида севооборота и фона питания**

(среднее за 2011-2014 гг.)

Севооборот	Объем инфильтрата, л/лизи́метр		
	Кон-троль	Органоми́неральный фон	
		N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>
Зернопаросидеральный	59,1	46,7	52,1
Зернотравяной: 1 поле клевера	61,4	49,8	53,6
2 поля клевера	59,2	46,7	57,1

На темно-серой почве в первые три года исследований в зависимости от вида севооборота и фона питания общая инфильтрация осадков за вегетационный период была от 22 до 35 л/лизи́метр, что в пересчете на 1 га составляет 29-46 мм. При этом значительная часть воды просачивалась в ранневесенний период при наступлении положительных температур воздуха.

В летнее время из-за сильного испарения влаги из верхнего слоя почвы и ее потребления вегетирующими растениями просачивание воды в большинстве вариантов составляло 3-4 л/лизи́метр, или 10-12 % от общего количества инфильтрационной воды за вегетационный период.

В 2014 г., когда за вегетацию выпало более 400 мм осадков, инфильтрация воды за теплый период составила 114,0-153,6 л/лизи́метр. Такой уровень инфильтрации соответствует данным, полученным ранее в наших исследованиях, проведенных в условиях избыточного увлажнения.

При этом в течение лета, несмотря на наличие вегетирующих растений в кольцах, просачивание влаги варьировало от 48,3 до 81,5 л/лизи́метр, что превысило величину стока за ранневесенний период за многие годы исследований.

Применение минеральных удобрений в дозе N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> способствовало повышению концентрации азота, фосфора и калия в инфильтрате по отношению к неудобренному фону. При уменьшении дозы в 2 раза в большинстве случаев обнаружено снижение концентрации химических соединений по сравнению с двойной дозой минеральных удобрений.

Расчеты показали, что минимальные потери химических элементов из корнеобитаемого слоя на темно-серой лесной почве отмечены в зернопаросидеральном севообороте (табл. 3). Из всех основных питательных веществ в наибольшем количестве вымывается минеральный азот, а в меньшем - фосфор. Потери калия примерно на уровне азота. Следует отметить, что из общего количества вымываемого азота атмосферными осадками из корнеобитаемого слоя темно-серой лесной почвы по всем севооборотам 93,1-95,9 % приходится на нитратную форму.

### 3. Потери основных элементов питания из корнеобитаемого слоя в зависимости от вида севооборота и уровня удобренности на темно-серой почве, кг/га (среднее за 2011-2014 гг.)

Вариант опыта	Потери элементов питания, кг/га				
	NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>	N <sub>мин.</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
<i>Зернопаросидеральный севооборот</i>					
Контроль	0,08	5,42	0,05	5,54	0,27
N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	0,10	5,55	0,05	5,70	0,45
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	0,12	6,09	0,05	6,26	0,54
<i>Зернотравяной севооборот (1 поле клевера)</i>					

Контроль	0,20	5,56	0,09	5,85	0,45
N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	0,21	6,06	0,12	6,39	0,52
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	0,26	6,68	0,15	7,09	0,61

#### *Зернотравяной севооборот (2 поля клевера)*

Контроль	0,14	5,45	0,07	5,66	0,39
N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	0,15	6,28	0,07	6,50	0,46
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	0,18	6,63	0,09	6,90	0,53

В контрольном варианте во всех изучаемых севооборотах потери азота в среднем за 4 года не превышали 6,0 кг/га. Во влажном 2014 г. они были в 1,5-2,0 раза выше. Наименьшие потери доступного азота по удобренным вариантам опыта с инфильтратом наблюдались под культурами зернопаросидерального севооборота. Сравнивая севообороты, следует отметить, что под культурами зернотравяных севооборотов количество минерального азота в инфильтрате выше, чем в зернопаросидеральном. Это, полагаем, связано с тем, что клевер накапливает биологический азот за счет симбиоза с клубеньковыми бактериями, в результате минеральный азот из удобрений остается частично не использованным последующими культурами.

Закрепление фосфора в корнеобитаемом слое почвы было более значительным и среднегодовые его потери под культурами от вымывания не превышали 0,27-0,61 кг/га. Применение минеральных удобрений в дозе N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> способствовало повышению концентрации фосфора в инфильтрате по отношению к неудобренному фону. В зернопаросидеральном севообороте на данном фоне потери доступных форм фосфора возросли в 2 раза по отношению к контролю. Под культурами зернотравяных севооборотов различия между фонами питания менее заметны.

**Выводы.** В изучаемых севооборотах при сочетании минеральных и органических удобрений, благодаря улучшению агрофизических свойств темно-серой лесной почвы, повышаются запасы продуктивной влаги и минерального азота в пахотном слое по отношению к естественному плодородию почвы.

При систематическом применении органических удобрений на фоне минеральных выявлено снижение просачивания влаги на 9-21 % по отношению к контролю,

наименьшее количество инфильтрата обнаружено при применении сидератов и соломы на фоне  $N_{30}P_{30}K_{30}$ .

Наименьшие потери минерального азота на удобренных фонах питания с внутрипочвенным стоком воды выявлены под культурами зернопаросидерального севооборота. Вымывание фосфора из корнеобитаемого слоя меньше зависело от вида севооборота и фона питания.

#### *Литература*

1. *Адаптивное земледелие на Среднем Урале: состояние, проблемы и пути их решения* / Под ред. Н.Н. Зезина. – Екатеринбург, 2010. - 338 с.
2. *Лошаков В.Г.* Севооборот и плодородие почвы. - М.: ВНИИА, 2012. - 512 с.
3. *Передериева В.М., Власова О.И.* Севооборот как биологическое средство интенсификационных процессов в современном земледелии // Вестник АПК Ставрополя.- 2015. - № 2. - С. 35-44.
4. *Безлюдный Н.Н., Денисова Т.Н., Петрович А.К.* Миграция азота в профиле дерново-подзолистых почв БССР //Агрохимия.- 1982. -№ 6. - С.12-17.
5. *Коротков А.А., Буркова О.А.* Вымывание элементов питания из дерново-подзолистых почв суходольного луга // Почвоведение. - 1994. -№ 3. -С. 63-68.
6. *Постников П.А., Карпова М.Н.* Мониторинг в лизиметрическом опыте // Экологические проблемы использования природных и биологических ресурсов в сельском хозяйстве: мат. Междунар. научно-практ. конфер., 31июня-1 июня, 2012 г., УрГСХА. - Екатеринбург, 2012. - С. 177-179.
7. *Бердников А.М., Патыка Н.В., Патыка Т.И.* Лизиметрические исследования круговорота питательных элементов в агроэкосистемах // Плодородие. -2007. - № 4. -С. 7-8.

## ASSESSMENT OF CROP ROTATIONS IN FIELD EXPERIMENTS AND LYSIMETRIC STUDIES

**L.P. Ogorodnikov, P.A. Postnikov, Ural Research Institute of Agriculture, ul. Glavnaya 21, Ekaterinburg, 620061 Russia**  
**E-mail:Postnikov.ural@mail.ru**

*The effect of different fertilization backgrounds and field rotations on the agrophysical and agrochemical properties of dark gray forest soil and the percolation of rainfall through the root layer of soil were studied in the field and lysimetric experiments in 2011–2014. The regular application of organic fertilizers ensured the reduction of soil density in the arable layer by 0.03–0.06 g/cm<sup>3</sup>, the enhancement of biological activity by 10–12%, and the increase of productive moisture by 8.7–11.5 mm compared to the natural level of fertility. On the average for 4 years of studies, 46 to 61 L of water was leaked in each lysimeter during the vegetation season depending on the fertilization background and the type of crop rotation. The use of organic fertilizers (green manure crops, straw) in combination with N30P30K30 and N60P60K60 contributed to the reduction of water infiltration by 9 to 21% compared to the control. The lowest losses of mineral nitrogen on the fertilized plots were revealed under the crops of a grain–fallow–green manure crop rotation.*

*Keywords: crop rotation, background nutrition, mineral and organic fertilizers, infiltration, lysimetric installation.*