

УДК: 631.58 + 631.51

**ПЛОДРОДИЕ ПОЧВЫ И ПРОДУКТИВНОСТЬ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В ЗАВИСИМОСТИ  
ОТ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ И СЕВООБОРОТА**

**С.И. Новоселов, д.с.-х.н., А.Н. Кузьминых, к.с.-х.н., Р.В. Еремеев,  
ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет»,  
Российская Федерация, 424001, Республика Марий Эл, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, д. 1,  
e-mail: serg.novoselov2011@yandex.ru, тел. 89276806322**

*Изучено влияние способов основной обработки и вида севооборотов на содержание органического вещества, агрофизические свойства дерново-подзолистой почвы и продуктивность севооборотов в условиях Восточной части Нечерноземной зоны. Выявлено, что использование сидерального пара и отвальной системы основной обработки почвы под культуры севооборота улучшало агрофизические свойства дерново-подзолистой почвы, благоприятно влияло на содержание органического вещества и гумуса. Применение сидерального пара повышало продуктивность озимой ржи на 2,1-20,3 %, картофеля – на 6,1-14,9 и ячменя – на 1,4-5,9 %.*

*Ключевые слова: чистый пар, занятый пар, сидеральный пар, обработка почвы, плотность сложения почвы, структурно-агрегатный состав почвы, коэффициент структурности, водопрочные агрегаты почвы, общее органическое вещество почвы, гумус, продуктивность севооборота.*

DOI: 10.25680/S19948603.2019.111.06

Один из эффективных факторов повышения продуктивности сельскохозяйственных культур в Нечерноземной зоне России - оптимизация питания растений. В последние годы в связи с резким сокращением использования земледельцами страны органических и минеральных удобрений эта проблема еще более обострилась. Выход из сложившегося положения представляется в биологизации земледелия, позволяющей создавать высокопродуктивные и экологически устойчивые агроэкосистемы, более полно и рационально использовать биоценотический потенциал агроценоза и природные ресурсы региона [1, 2, 10].

Одним из важных средств биологизации земледелия является применение сидератов. Анализ результатов исследований отечественных и зарубежных ученых показывает, что применение зеленых удобрений позволяет не только пополнять запасы питательных веществ почвы, но и улучшать ее биологические и агрофизические свойства. Использование сидеральных паров в севооборотах, как агротехнический прием, может стать одним из основных направлений получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур [3, 5-8].

Эффективность сидеральных удобрений во многом определяется способом обработки почвы. Лишь научно обоснованная система обработки почвы обеспечивает эффективность всех остальных элементов технологии возделывания сельскохозяйственных культур.

Цель исследований - изучить влияние способов основной обработки почвы и видов севооборота на агрофизические и агрохимические свойства дерново-подзолистой почвы и продуктивность сельскохозяйственных культур в условиях Восточной части Нечерноземной зоны.

**Методика.** Полевые исследования проводили в 2010-2017 гг. на опытном поле Марийского государственного университета по следующей схеме:

Фактор А. Система основной обработки почвы в севообороте:

А<sub>1</sub> – комбинированная, А<sub>2</sub> – отвальная.

Фактор В. Вид пара в севообороте:

В<sub>1</sub> – севооборот с чистым паром (чистый пар → озимая рожь → картофель → ячмень);

В<sub>2</sub> – севооборот с занятым паром (занятый пар → озимая рожь → картофель → ячмень);

В<sub>3</sub> – севооборот с сидеральным паром (сидеральный пар → озимая рожь → картофель → ячмень).

Почва опытного участка дерново-слабоподзолистая среднесуглинистая, с содержанием гумуса 1,9 %, щелочно-гидролизуемого азота – 110 мг/кг, подвижного фосфора – 345 и обменного калия – 116 мг/кг почвы, pH – 6,2. Повторность опыта трехкратная. Общая площадь делянки 105 м<sup>2</sup>, учетной – 52 м<sup>2</sup>. Севооборот – зерно-(паро-) пропашной, развешивался во времени. Обработку чистого пара проводили по типу черного. В занятом и сидеральном парах возделывали викоовсяную смесь. Основную обработку почвы под культуры севооборота проводили с осени, вслед за уборкой предшественника. Комбинированная система основной обработки почвы включала мелкую обработку (БДТ-3) на глубину 10-12 см под зерновые культуры и отвальную вспашку (ПЛН-3-35) на глубину 24-25 см под картофель, а отвальная система – ежегодную отвальную вспашку под все культуры севооборота. Агротехнологии культур в севообороте общепринятые для зоны. Наблюдения, учеты и анализы проводили по рекомендуемым методикам.

**Результаты и их обсуждение.** Плотность сложения почвы является одним из важнейших агрофизических факторов почвенного плодородия, определяющих физико-биохимические процессы, водный и питательный режимы, условия жизнедеятельности почвенных микроорганизмов. При переуплотнении почвы может теряться до 30 % урожая сельскохозяйственных культур [4].

Сельскохозяйственные культуры предъявляют определенные требования к объемной массе почвы. Так, например, для роста и развития озимых и яровых зерновых культур, однолетних и многолетних трав опти-

мальные условия складываются при плотности сложения пахотного слоя почвы 1,10-1,35 г/см<sup>3</sup>, пропашных – 1,00-1,20 г/см<sup>3</sup>. Однако, эти параметры могут изменяться в зависимости от типа почвы, ее гранулометрического состава, увлажнения [9].

Результаты проведенных исследований показали, что в конце второй ротации севооборота плотность сложения пахотного слоя варьировала в зависимости от изучаемых факторов (табл. 1). Наилучшие для выращивания сельскохозяйственных культур показатели плотности сложения почвы складывались при использовании в севообороте сидерального пара. В почве севооборота с чистым паром плотность сложения была выше на 0,02 г/см<sup>3</sup>, а с занятым – на 0,08-0,09 г/см<sup>3</sup>.

**1. Влияние способов основной обработки почвы и вида севооборотов на плотность сложения пахотного (0-20 см) слоя почвы, г/см<sup>3</sup> (конец второй ротации севооборота)**

Вид севооборота	Обработка почвы в севообороте	
	Комбинированная	Отвальная
С чистым паром	1,27	1,25
С занятым паром	1,33	1,32
С сидеральным паром	1,25	1,23

Исследования показали, что применение отвальной вспашки в системе основной обработки под культуры севооборота способствовало созданию более благоприятной плотности сложения почвы. Так, в зависимости от вида севооборота объемная масса пахотного слоя почвы при отвальной системе обработки была на 0,01-0,02 г/см<sup>3</sup> ниже в сравнении с комбинированной.

Структура почвы является важным показателем физического состояния плодородной почвы, определяющим благоприятное строение её пахотного слоя, водные, физико-механические и технологические свойства. Она определяется совокупностью агрегатов разных величины, формы и качественного состава. При возделывании сельскохозяйственных культур, в зависимости от вида растений, интенсивности обработки почвы, поступления в неё органического вещества, происходят процессы оструктурирования и разрушения почвы.

Результаты исследований показали, что использование сидерального пара в севообороте улучшало структурно-агрегатное состояние пахотного слоя почвы (табл. 2).

**2. Влияние видов севооборота и способов основной обработки почвы на структурно-агрегатный состав пахотного слоя почвы (конец второй ротации севооборота)**

Способ основной обработки почвы (фактор А)	Вид севооборота (фактор В)	Содержание агрегатов, %			Коэффициент структурности
		0,25-10 мм	> 10 мм	< 0,25 мм	
Комбинированная	С чистым паром	58,2	31,8	10,0	1,39
	С занятым паром	62,4	28,6	9,0	1,65
	С сидеральным паром	63,2	28,7	8,1	1,69
Отвальная	С чистым паром	63,9	27,0	9,1	1,77
	С занятым паром	64,1	27,1	8,8	1,78
	С сидеральным паром	65,1	27,8	7,1	1,86
НСР <sub>0,5</sub> : фактор А фактор В					0,09
					0,10

Использование в севообороте чистого пара, в сравнении с занятым и сидеральным, уменьшало количество в пахотном слое агрономически ценных агрегатов и

увеличивало количество пылевидных частиц почвы размером менее 0,25 мм, соответственно, на 11,1 и 23,4 % при проведении комбинированной основной обработки почвы, и на 3,4 и 28,1 % при использовании отвальной вспашки.

Применение отвальной системы основной обработки почвы в сравнении с комбинированной улучшало агрегатный состав пахотного слоя. В зависимости от вида пара в севообороте увеличение агрономически ценных агрегатов размером 0,25-10 мм составило 1,7-5,7 %, а уменьшение пылевидной фракции – 0,2-1,0 %.

Один из показателей структурного состояния почвы – коэффициент структурности. Более высоким он был при использовании в севообороте сидерального пара и применении отвальной системы основной обработки почвы.

Важным показателем структурного состояния почвы является водопрочность агрономически ценных агрегатов. Структурные агрегаты почвы, обладающие водопрочностью, под действием воды не разрушаются или лишь частично распадаются на микроагрегаты. При низких показателях водопрочности почвы или её отсутствии, агрономически ценные агрегаты разрушаются, и почва после увлажнения превращается в заплывшую массу, становится бесструктурной. Исследования показали, что вид пара в севообороте и способы основной обработки почвы влияли на содержание в пахотном слое водопрочных агрегатов (табл. 3).

**3. Влияние видов севооборотов и способов основной обработки почвы на содержание водопрочных агрегатов в пахотном слое почвы (конец второй ротации севооборота)**

Способ основной обработки почвы (фактор А)	Вид севооборота (фактор В)	Количество водопрочных агрегатов, %	
		0,25-10 мм	< 0,25 мм
Комбинированная	С чистым паром	30,2	69,8
	С занятым паром	32,8	67,2
	С сидеральным паром	36,0	64,0
Отвальная	С чистым паром	33,4	66,6
	С занятым паром	35,6	64,4
	С сидеральным паром	39,2	60,8
НСР <sub>0,5</sub> : фактор А фактор В		2,0	-
		2,4	-

Более высокое содержание водопрочных агрегатов было при использовании в севообороте сидерального пара. При этом на фоне применения отвальной системы обработки почвы под культуры севооборота количество водопрочных агрегатов было больше, чем при комбинированной. В почве севооборота с чистым паром водопрочных агрегатов было меньше, соответственно, на 16,2 и 14,8 %, а с занятым паром – на 8,9 и 9,2 %.

Результатами исследований установлено, что применение отвальной вспашки в системе основной обработки почвы, в зависимости от вида пара в севообороте, способствовало увеличению содержания в пахотном слое почвы водопрочных агрегатов на 8,5-10,6 %.

Изучаемые системы основной обработки почвы и виды севооборотов влияли на содержание общего органического вещества и гумуса в пахотном слое почвы (табл. 4).

До закладки севооборотов в пахотном слое почвы опытного участка содержалось 8,8 % общего органического вещества и 1,9 % гумуса. Результаты исследований показали, что изучаемые элементы агротехники влияли на содержание как общего органического вещества в пахотном слое почвы, так и гумуса. К концу вто-

рой ротации севооборота органического вещества в зависимости от варианта стало меньше на 1,9-3,7 %, а гумуса – на 0,03-1,78 %.

#### 4. Влияние системы основной обработки почвы и вида севооборота на содержание органического вещества и гумуса в пахотном слое почвы

Способ основной обработки почвы	Вид севооборота	Конец второй ротации севооборота	
		общее органическое вещество, %	гумус, %
Комбинированная	С чистым паром	5,3	1,82
	С занятым паром	5,1	1,83
	С сидеральным паром	5,8	1,87
Отвальная	С чистым паром	6,4	1,78
	С занятым паром	6,7	1,80
	С сидеральным паром	6,9	1,87

Выявлено, что большее снижение общего органического вещества в пахотном слое почвы было при комбинированной основной обработке почвы в севообороте, а гумуса – при отвальной вспашке. Это было связано с более благоприятными условиями минерализации гумуса, сложившимися при отвальной обработке почвы. При использовании в севооборотах чистого и занятого паров, в сравнении с применением сидерального, на фоне как комбинированной, так и отвальной систем основной обработки почвы, наблюдалось большее снижение органического вещества и гумуса в почве.

Применение зеленого удобрения положительно влияло на содержание органического вещества и стабилизацию гумуса в почве. В конце второй ротации севооборота в почве на фоне комбинированной системы основной обработки содержание общего органического вещества составило 5,8-6,5 %, гумуса 1,87-1,89 %, а отвальной, соответственно, 6,9-7,2 и 1,87-1,88 %.

Таким образом, использование сидерального пара и отвальной системы основной обработки почвы под культуры севооборота в условиях Восточной части Нечерноземной зоны улучшало агрофизические свойства дерново-подзолистой почвы, благоприятно влияло на содержание органического вещества и гумуса в ней.

Основными показателями продуктивности пашни являются выход продукции с единицы площади, стоимость продукции и выход кормопротеиновых единиц.

Результаты проведенных исследований показали, что виды паров и системы основной обработки почвы в севообороте влияли на продуктивность культур севооборотов (табл. 5).

#### 5. Продуктивность полевых севооборотов, тыс. к. е/га (в среднем за две ротации, 2010-2017 гг.)

Основная обработка почвы (фактор А)	Вид пара (фактор В)	Культура севооборота				Сбор кормовых единиц
		вико- овес	озимая рожь	картофель	яч-мень	
Комбинированная	Чистый	-	2,89	4,06	2,41	9,36
	Занятый	1,76	2,51	4,12	2,50	10,89
	Сидеральный	-	3,02	4,77	2,56	10,35
Отвальная	Чистый	-	2,86	4,37	2,63	9,86
	Занятый	1,76	2,56	4,18	2,63	11,13
	Сидеральный	-	3,21	4,70	2,68	10,59
НСР <sub>0,5</sub> :	фактор А		0,14	0,17	0,21	
	фактор В		0,09	0,15	0,09	

В среднем за две ротации севооборота более высокая продуктивность озимой ржи была при возделывании ее

по сидеральному пару на фоне комбинированной системы обработки почвы и при использовании отвальной системы. Максимальная продуктивность картофеля получена при возделывании его в севообороте с сидеральным паром. В сравнении с возделыванием картофеля в севообороте с чистым паром продуктивность картофеля была выше на 0,33-0,71, а с занятым – на 0,52-0,65 тыс. к. е/га. Более высокая продуктивность ячменя была при возделывании его в севообороте с сидеральным паром при применении комбинированной системы основной обработки почвы и отвальной обработки.

В среднем за годы исследований в зависимости от изучаемых факторов и с учетом продукции занятого пара более высокий сбор кормовых единиц обеспечил севооборот с занятым паром при использовании комбинированной системы обработки почвы и отвальной системы. При использовании сидерального пара сбор кормовых единиц за севооборот был несколько ниже.

**Выводы.** 1. Лучшие для выращивания сельскохозяйственных культур показатели плотности сложения почвы 1,23-1,25 г/см<sup>3</sup> складывались при использовании в севообороте сидерального пара. В почве севооборота с чистым паром плотность сложения была выше на 0,02 г/см<sup>3</sup>, а с занятым – на 0,08-0,09 г/см<sup>3</sup>.

2. Применение отвальной вспашки в системе основной обработки под культуры севооборота способствовало созданию более благоприятной плотности сложения почвы. Так, в зависимости от вида севооборота объемная масса пахотного слоя почвы при отвальной системе обработки была на 0,01-0,02 г/см<sup>3</sup> ниже в сравнении с комбинированной.

3. Отвальная система основной обработки почвы обеспечила улучшение агрегатного состава пахотного слоя и повышение количества водопрочных агрегатов. Количество агрономически ценных агрегатов размером 0,25-10 мм возросло на 1,7-5,7 %, а водопрочных агрегатов – на 8,5-10,6 %.

4. Бóльшее снижение общего органического вещества в пахотном слое почвы было при комбинированной основной обработке почвы в севообороте, а гумуса – при отвальной вспашке. Применение зеленого удобрения положительно влияло на содержание органического вещества и стабилизацию гумуса в почве.

5. С учетом продукции занятого пара максимальный сбор кормовых единиц обеспечил севооборот с занятым паром: 10,89 тыс. к. е/га – при использовании комбинированной системы обработки почвы и 11,13 тыс. к. е/га – отвальной системы. При использовании сидерального пара сбор кормовых единиц за севооборот был ниже и составил, соответственно, 10,35 и 10,59 тыс. к. е/га.

#### Литература

- Беленков А.И. Приемы биологизации в севооборотах Нижнего Поволжья / А.И. Беленков, А.В. Зеленов, Б.О. Амантаев // Земледелие. – 2014. – № 1. – С. 23-26.
- Минеев В.Г. Бюллетень Географической сети опытов с удобрениями / В.Г. Минеев, В.Г. Сычев, В.А. Романенко и др. // Научные основы, состояние и рекомендации применения удобрений в Поволжском регионе. – М., 2012. Т. Вып. 13. Научные основы, состояние и рекомендации применения удобрений в Поволжском регионе.
- Довбан К.И. Зелёное удобрение / К.И. Довбан. – М.: Агропромиздат, 1990. – 208 с.
- Кравченко В.И. Некоторые вопросы прогнозирования уплотнения почв машинами / В.И. Кравченко // Тр. Почвенного ин-та им. В.В. Докучаева. Влияние сельскохозяйственной техники на почву. – М., 1981. – С. 10-13.

5. Кузьминых А.Н. Сидераты – важный резерв сохранения плодородия почвы / А.Н. Кузьминых // Земледелие. – 2011. – № 4. – С. 41.  
 6. Литвинцев П.А. Влияние систематического использования сидератов на продуктивность зернопарового севооборота / П.А. Литвинцев, И.А. Кобзева // Земледелие. – 2014. – № 8. – С. 23-25.  
 7. Новоселов С.И. Влияние минеральных удобрений на продуктивность севооборотов с различными видами паров / С.И. Новоселов, Н.И. Толмачев, А.В. Муржинова // Плодородие. – 2014. – № 5. – С. 14-16.

8. Новоселов С.И. Эффективность сидеральных удобрений в севообороте / С.И. Новоселов, Е.С. Новоселова, С.А. Горохов, Н.И. Толмачев // Плодородие. – 2012. – № 5. – С. 27-28.  
 9. Сафонов А.Ф. Системы земледелия / А.Ф. Сафонов, А.М. Гатаулин, И.Г. Платонов и др. – М.: КолосС, 2006. – 447 с.  
 10. Скорочкин Ю.П. Сидеральный пар и солома – элементы биологизации земледелия в условиях Северо-Восточной части ЦЧР / Ю.П. Скорочкин, З.Я. Брюхова // Земледелие. – 2011. – № 3. – С. 20-22.

## THE INFLUENCE OF FALLOW TYPES AND METHODS OF PRIMARY TILLAGE ON SOIL FERTILITY AND PRODUCTIVITY CROP ROTATION

S.I. Novoselov, A.N. Kuzminykh

Mari state University, 424001, Yoshkar-Ola, Russian Federation

*Studies have been carried out to study the influence of fallow type and methods of basic tillage on the agrophysical properties of sod-podzolic soil, the content of organic matter and humus in it, as well as the productivity of crop rotations in the Eastern part of the Nonchernozem zone. It is revealed that the use of green manure fallow and the dump system of the main tillage for crop rotation improved the agrophysical properties of sod-podzolic soil, favorably influenced the content of organic matter and humus in it. The use of green manure fallow increased the energy productivity of crop rotation. The cultivation of winter rye in the crop rotation with green manure fallow in comparison with the use of pure and occupied steam in crop rotations increased energy productivity by 2.1-20.3 %, potatoes – by 6.1-14.9 % and barley – by 1.4-5.9 %, depending on the system of basic soil treatment.*

*Key words: complete fallow, occupy fallow, green manure fallow, tillage, the density of the composition of the soil, structural-aggregate composition of the soil, the coefficient of structure, water stable aggregates of the soil, soil organic matter, humus, crop rotation, productivity of crop rotation.*

### References

1. Belenkov A.I. Methods of biologization in crop rotations of Lower Volga region / I.A. Belenkov, A.V. Zelenev, B.O. Amantaev // Agriculture. – 2014. – No. 1. – Pp. 23-26.
2. Mineev V. G. Bulletin of the geographical network of experiments with fertilizers / V. G. Mineev, V. G. Sychev, V. A. Romanenko, etc. // Scientific basis, state and recommendations of fertilizer application in the Volga region. - Moscow, 2012. Volume Issue 13. Scientific basis, state and recommendations of fertilizer application in the Volga region.
3. Dovban K.I. Green manure / K.I. Dovban. – M.: Agropromizdat, 1990. – 208 p.
4. Kravchenko V.I. Some problems of forecasting soil compaction machines / V.I. Kravchenko // Proceedings of the Soil Institute named after V.V. Dokuchaev. The impact of agricultural machinery on the soil. – M., 1981. – P. 10-13.
5. Kuzminykh A.N. Siderites – an important resource of soil fertility maintenance / A.N. Kuzminykh // Agriculture. – 2011. – No. 4. – Pp. 41.
6. Litvincev P.A. Influence of long-term use of green manuring on grain-fallow rotation productivity / P.A. Litvincev, A.I. Kobzeva // Agriculture. – 2014. – No. 8. – Pp. 23-25.
7. Novoselov S.I. Effect of mineral fertilizers on the productivity of crop rotation different fallow types / S.I. Novoselov, N.I. Tolmachev, A.V. Murzhinova // Fertility. – 2014. – No. 5. – Pp. 14-16.
8. Novoselov S. I. Efficiency of green manure in crop rotation / S. I. Novoselov, E. S. Novoselova, S. A. Gorokhov, N. So. Tolmachev // Fertility. – 2012. – № 5. – Pp. 27-28.
9. Safonov A F. Systems of agriculture / A.F. Safonov, A.M. Gataulin, I.G. Platonov and other. – M.: KolosS, 2006. – 447 p.
10. Skorochkin Y.P. Green manure and straw – elements of biologization agriculture in the conditions North-East part of the Central Chernozem region / Y.P. Skorochkin, Z.Y. Bryukhov // Agriculture. – 2011. – No. 3. – Pp. 20-22.

УДК: 631.4

## ИЗМЕНЕНИЕ ФРАКЦИОННО-ГРУППОВОГО СОСТАВА И БАЛАНСА ГУМУСА ПОД ВЛИЯНИЕМ УДОБРЕНИЙ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЕ ЕВРО-СЕВЕРО-ВОСТОКА

Н.Т. Чеботарев, д.с.-х.н., П.И. Конкин, В.Г. Зайнуллин, д.б.н., А.А. Юдин, к.э.н., Е.Н. Микушева,  
 Институт агробиотехнологий им. А.В. Журавского Коми НЦ УрО РАН  
 г. Сыктывкар, Республика Коми, 167023, Россия, E-mail: [audin@rambler.ru](mailto:audin@rambler.ru)

Работа выполнена в рамках Государственного задания № 0412-2019-0051 по Программе ФНИ государственных академий наук на 2013-2020 г., Рег. № НИОКТР АААА-А19-119011190128-6.

В многолетнем стационарном опыте проводили исследования по изучению влияния органических (40 и 80 т/га ТНК) и минеральных удобрений (1/3 NPK, 1/2 NPK, 1 NPK, рассчитанных по выносу NPK планируемым урожаем культур), на гумусное состояние дерново-подзолистой почвы в кормовом севообороте. В результате научных исследований установлено, что наиболее значительный положительный баланс гумуса отмечен при применении 80 т/га ТНК и полной дозы NPK, который составил 1,70 т/га ежегодно. При применении трех доз минеральных удобрений установлен отрицательный баланс гумуса в почве (-0,63...-0,85 т/га), использование двух доз ТНК способствовало положительному балансу гумуса (0,38-1,32 т/га). Изучение фракционного и группового состава гумуса показало, что органические и минеральные удобрения, при совместном их использовании, повышали содержа-