

Биологизированные севообороты – основной фактор повышения плодородия дерново-подзолистых почв и продуктивности пашни в Верхневолжье

С. Т. Эседуллаев¹, И. Г. Мельцаев¹

¹ Ивановский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал Верхневолжского федерального аграрного научного центра, Иваново, Россия

[✉] E-mail: ivniicx@mail.ru

Аннотация. Цель исследований – изучить на типичных для Верхневолжья дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах влияние биологизированного шестипольного севооборота, на 50 % насыщенного бобовыми культурами на плодородие почвы и урожайность агрокультур. **Методы.** В результате полевых опытов и лабораторных исследований получены новые данные и знания о влиянии биологизации севооборота на его продуктивность и свойства дерново-подзолистой почвы. **Результаты и научная новизна.** Впервые в регионе изучено и установлено, что использование в севообороте бобовых трав вместо органических удобрений частично способствуют пополнению почвы органическим веществом и азотом в виде пожнивно-корневых остатков и клубеньковых бактерий, что приводит к снижению деградации почвенного плодородия или даже к ее некоторому улучшению. К концу ротации севооборота при внесении (NPK)₉₀ кг/га по сравнению с контрольным вариантом (без NPK) в биологизированном севообороте содержание гумуса повысилось на 0,14 %, несколько снизилась кислотность почвенного раствора на 0,25 ед, увеличилось содержание нитратного азота на 59 %, подвижного фосфора – на 72,8 %, обменного калия – на 70,4 %. Плотность сложения почвы в целом в слое 0–20 см в занятом пару, под яровой пшеницей и овсом составила 1,22–1,24 г/см³, на остальных культурах (где не проводилась обработка в течение 2 лет) – 1,35–1,39 г/см³. Минерализация льняной ткани активнее происходила под клевером 1 и 2 г. п. – 35,6–42,7 % и 31,0 и 37,3 %, в занятом (вико-овсяном) – 26,5–34,4 %, менее интенсивно – под озимой пшеницей (20,9–27,5) и овсом (20,1–25,2 %), совсем слабо – под яровой пшеницей (13,0–16,5 %) на контроле и уровне минерального питания соответственно. Сорняков меньше насчитывалось в посевах озимой пшеницы – 84 шт/м², так как она является более конкурентной по отношению к ним, овса – 112 шт., клевера – 131 шт., в занятом пару – 124 шт., яровой пшеницы – 138 шт/м². Урожайность культур в большей степени определялась вносимыми удобрениями. На удобренных участках по сравнению с контролем продуктивность викоовсяной смеси была выше на 36,2 %, яровой пшеницы – на 24,4 %, клевера 1 г. п. – на 36,2 %, 2 г.п. – на 45,7 %, озимой пшеницы – на 25,7 %, овса – на 30 %.

Ключевые слова: биологизированные севообороты, бобовые травы, насыщение, дерново-подзолистая почва, плодородие, продуктивность, удобрения.

Для цитирования: Эседуллаев С. Т., Мельцаев И. Г. Биологизированные севообороты – основной фактор повышения плодородия дерново-подзолистых почв и продуктивности пашни в Верхневолжье // Аграрный вестник Урала. 2019. № 11 (190). С.18–26. DOI: ...

Дата поступления статьи: 03.09.2019.

Постановка проблемы (Introduction)

Для того чтобы севооборот выполнял свое предназначение, необходимо иметь в нем соответствующий набор культур, исходя из почвенно-климатических особенностей зоны, их оптимальное соотношение в структуре посевов и уровня продуктивности. Рациональная структура посевов позволяет более полноценно использовать пашню и тем самым произвести большее количество растениеводческой продукции, обеспечить охрану окружающей среды [10, с. 9]. Полевые культуры в зависимости от объема оставляемых пожнивно-корневых остатков по-разному воздействуют на процессы накопления и минерализации почвенного гумуса [7, с. 214].

Проблема сохранения и повышения почвенного плодородия тесно связана с применением всех возможных форм органического удобрения (навоз, компост, зеленое удобрение, солома и т. д.). Для обеспечения бездефицитного баланса гумуса в дерново-подзолистую почву требуется дополнительное внесение органического удобрения хорошего качества в количестве 8,0 т/га, с обязательным использованием посевов многолетних трав двухгодичного использования [8, с. 113].

В сложившихся условиях ликвидация бездефицитного баланса гумуса представляет некоторую проблему в связи с сокращением внесения навоза. В последние годы внесение органического удобрения в Верхневолжье снизилось

до 1,5–2,0 т/га, минеральных – до 20–25 кг/га (Росстат, 2016), дефицит органических удобрений в регионе составляет около 6,0–7,0 т/га, минеральных – 80–100 кг/га. В целях восполнения дефицита органического вещества в почве, как отмечают некоторые ученые-аграрники, необходимо широко использовать зеленое удобрение и солому [1, с. 87; 13, с. 24; 14, с. 8].

В настоящее время экономическое положение аграрного производства вследствие сложившегося диспаритета цен ухудшилось, поэтому многолетние бобовые культуры представляют большой интерес как энергосберегающие, поскольку все основные затраты при их возделывании относятся лишь к первому году, а со второго года они составляют примерно около 15–20 % от предыдущих затрат [12, с. 15; 5, с. 4].

Широко известно, что севооборот является основой любой зональной системы земледелия, важным фактором интенсификации и создает условия для применения интенсивных технологий [2, с. 34; 6, с. 38]. Главная задача севооборота – направленное регулирование влияния культурных растений на агрофизические, агрохимические свойства почвы, водный и температурный режимы [3, с. 195; 9, с. 4].

Одним из реальных путей, позволяющих улучшить ситуацию в отечественном земледелии – включение в севооборот традиционных биологических форм воспроизводства почвенного плодородия. Здесь наибольшего внимания заслуживает расширение практики травосеяния, увеличение в севооборотах доли многолетних трав, прежде всего бобовых. При возделывании бобовых растений не только обеспечивается сбалансированность кормов по протеину, но и пополняется почва азотом до 300 кг/га [15, с. 6].

Следовательно, система севооборотов по-прежнему остается ключевым звеном современного земледелия, так как весь комплекс задач по рациональному использованию пашни, воспроизводству плодородия почвы, ее защите от эрозии, охране окружающей среды и всего агроландшафта может решаться только лишь при оптимальном соотношении культур в рамках научно обоснованной и хорошо адаптированной для данной почвенно-климатической зоны системы севооборотов [4, с. 18].

Методология и методы исследования (Methods)

Цель исследований – изучение и оценка агрофизических и агрохимических свойств дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы и урожайности в биологизированном севообороте при насыщении на 50 % бобовыми культурами и высоком уровне минерального питания.

Почва опытного участка дерново-подзолистая легкосуглинистая, типичная для региона. В слое почвы 0–20 см содержалось гумуса 2,32 %, подвижного фосфора – 221 мг/кг почвы, обменного калия – 212 мг/кг, рН (KCL) – 5,7, сумма поглощенных оснований – 6,7 мг-экв / 100 г. Опыт заложен в трехкратной повторности. Влажность почвы определяли по ГОСТ 28268-89, объемную массу почвы (плотность) – по методу Н. А. Качинского (1965), активность микроорганизмов методом аппликаций по Е. Н. Мишустину и А. Н. Петровой (1991), засоренность количественно-весовым методом путем наложения рамок,

пожнивно-корневые остатки – по Н. З. Станкову (1964). Удобрения вносили под предпосевную культивацию. Учет урожая проводили сплошным поделочным способом. Обработка почвы общепринятая для региона (орудия обработки – плуг, дисковая борона, плоскорез, культиватор КПС-4, сцепка зубовых борон, сеялка зернотравяная). Дернину многолетних трав сначала дисковали бороной БДТ-3 на 6–8 см, а затем проводили запашку на 20–22 см плугом ПН-4-35. В остальных случаях использовали в зависимости от климатических условий либо БДТ-3 с цепкой средних борон, либо обработку на 14–16 см противоэрозийным культиватором КПЭ-3,8 с последующей обработкой культиватором для сплошной обработки почвы КПС-4 на 10–12 см. После выравнивания поверхности пашни проводили посев зернотравяной или обычной сеялкой.

Результаты (Results)

Анализ режима увлажнения пахотного слоя почвы в севообороте и отдельно по культурам показал отсутствие зависимости содержания продуктивной влаги от внесенных минеральных удобрений. Основную роль в накоплении влаги в почвенном слое сыграли осадки как в период вегетации, так и осенне-зимние. Запасы продуктивной влаги зависели также от культуры.

По средним многолетним данным за вегетацию в Верхневолжье выпадает 350–400 мм осадков, но бывают засушливые или чрезмерно увлажненные годы. Так, в целом сухим оказался вегетационный период в 2016 г., когда ГТК за вегетацию не превышал 0,72 (за вегетацию выпало 158 мм), в 2018 г. – соответствовал норме – 1,32, а 2017 г. оказался переувлажненным, ГТК – 2,9. В этот год много осадков выпало в мае (90 мм) и июле (106 мм).

В наших исследованиях в слое 0–50 см максимальное количество влаги накапливалось в начале вегетации в занятом пару (вика + овес) и под озимой пшеницей – 60,3 и 59,8 мм. В конце вегетации наибольший запас продуктивной влаги содержался под посевами клевера 2 г. п. и клевера 1 года жизни (таблица 1).

Связано это вероятно с тем, что в вариантах с клевером меньше происходило испарение, а всходы озимой пшеницы осенью способствовали задержанию дополнительного количества снега, который не давал почве глубоко промерзнуть, а весной при таянии снега значительная часть влаги, не стекаясь, накапливалась в почве, пополняя ее запасы.

Важным показателем физического состояния почвы, характеризующий, в некотором роде, эффективное плодородие, считается плотность ее сложения. Значение плотности почвы в земледелии многосторонне, особенно она важна при регулировании водно-воздушного и температурного режимов, развития корневой системы, обеспечения культур питательными веществами. Чем плотнее почва, тем труднее проникает корневая система растений в нижние слои, это отрицательно сказывается на продуктивности растений.

В паровом поле в слое 0–20 см плотность оказалась относительно оптимальной для зерновых культур – 1,23 г/см³ на контроле и до 1,21 г/см³ при внесении 90 кг/га NPK (таблица 2).

Наибольшая плотность отмечена, как и следовало ожидать, под клевером 2 г. п. – 1,40 и 1,39 г/см³ соответ-

Таблица 1
Запасы продуктивной влаги в почве, мм (2016–2018 г.)

Культура	Начало вегетации		Конец вегетации	
	0–20 см	0–50 см	0–20 см	0–50 см
Пар (вика + овес)	28,4	60,3	40,0	85,2
Яровая пшеница + клевер	26,5	56,4	39,7	89,8
Клевер 1 г. п.	23,0	55,0	39,3	81,9
Клевер 2 г. п.	24,3	55,4	40,2	90,4
Озимая пшеница	28,6	59,8	37,6	82,5
Овес	24,8	57,5	39,5	88,7

Table 1
Reserves of productive moisture in the soil, mm (2016–2018)

Culture	Start of vegetation		End of vegetation	
	0–20 cm	0–50 cm	0–20 cm	0–50 cm
Steam (vetch + oats)	28.4	60.3	40.0	85.2
Spring wheat + clover	26.5	56.4	39.7	89.8
Clover 1 year of use	23.0	55.0	39.3	81.9
Clover 2 year of use	24.3	55.4	40.2	90.4
Winter wheat	28.6	59.8	37.6	82.5
Oats	24.8	57.5	39.5	88.7

Таблица 2
Влияние культур и уровня минерального питания на плотность почвы, г/см³ (2016–2018)

Культура	Контроль		N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	
	0–10 см	10–20 см	0–10 см	10–20 см
Пар (вика + овес)	1,20	1,25	1,18	1,24
Яровая пшеница + клевер	1,22	1,26	1,20	1,26
Клевер 1 г. п.	1,32	1,39	1,31	1,36
Клевер 2 г. п.	1,38	1,42	1,37	1,40
Озимая пшеница	1,33	1,40	1,32	1,39
Овес	1,22	1,27	1,19	1,26
Средняя	1,28	1,33	1,26	1,32

Table 2
The influence of crops and the level of mineral nutrition on soil density, g/cm³ (2016–2018)

Culture	Control		N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	
	0–10 cm	10–20 cm	0–10 cm	10–20 cm
Steam (vetch + oats)	1.20	1.25	1.18	1.24
Spring wheat + clover	1.22	1.26	1.20	1.26
Clover 1 year of use	1.32	1.39	1.31	1.36
Clover 2 year of use	1.38	1.42	1.37	1.40
Winter wheat	1.33	1.40	1.32	1.39
Oats	1.22	1.27	1.19	1.26
Average	1.28	1.33	1.26	1.32

ственно. Высокой она была под клевером 1 г. п. и озимой пшеницей – 1,36 и 1,37 г/см³ на контроле, 1,34 и 1,36 г/см³ на фоне минерального питания, что связано с длительным отсутствием обработки почвы в этих вариантах.

На фоне с удобрениями отмечалась слабая тенденция к ее снижению, связанному с тем, что внесенные минеральные удобрения способствовали лучшему развитию корневой системы, а после отмирания и разложения ее формировались микропоры, они и обеспечивали снижение.

Одним из значимых показателей плодородия почвы является ее биологическая активность, определяемая скоростью разложения микроорганизмами льняного полотна. Микроорганизмы участвуют также в минерализации вно-

симого органического удобрения, пожнивных и корневых остатков культур, в переводе из труднодоступных для растений элементов питания в доступную форму, трансформации вносимого в почву минерального удобрения.

Установлено, что возделывание в севообороте однолетних и многолетних бобовых трав стимулировало почвенную микрофлору. Минерализация льняной ткани интенсивнее происходила под клевером первого года пользования (35,6 % на контроле и 42,7 % по NPK-90) и второго года – 31,9 и 37,3 % соответственно. Под озимой пшеницей ткань минерализовалась на 20,9 и 27,2 % и чуть ниже под овсом – 20,1 и 25,2 %. Менее интенсивно минерализация происходила под яровой пшеницей с подсевом клевера,

где на контроле ткань распалась лишь на 13,9 %, на фоне удобрений – на 18,2 % (таблица 3).

Внесение минеральных удобрений в дозе NPK-90 кг/га увеличило разложение льняного полотна в среднем по культурам на 6,2 % по сравнению с контролем, что указывает на активизацию микробиологических процессов из-за накопления в этом варианте большего количества органических остатков.

Наблюдения за накоплением пожнивно-корневых остатков (ПКО) показали, что под клевером на контроле их накопилось 6,14 т/га, что в 2 раза больше, чем под викоовсяной смесью, в 1,55 раза больше, чем под озимой пшеницей, и в 2,3 раза больше, чем под овсом. На фоне с удобрениями интенсивность их накопления была выше: клевер аккумулировал 7,55, викоовсяная смесь – 3,85, озимая пшеница – 4,52 и овес – 3,94 т/га. Из изучаемых культур меньше всего остатков оставляла яровая пшеница – 2,19 и 2,83 т/га (таблица 4). Характер накопления органических остатков во многом зависел от биологии культуры и уровня минерального питания.

Бобовые травы в севообороте снижают напряженность в азотном питании растений за счет его фиксации и благодаря большому объему оставляемых растительных остатков, богатых азотом, и за счет их почва пополняется органическим веществом примерно на 35–40 % [11, с. 79].

Агрохимический анализ почвы свидетельствует о том, что ее свойства изменялись в зависимости от внесения минеральных удобрений. Содержание гумуса по вариантам опыта за исследуемый период при внесении NPK имело тенденцию к повышению во всех изучаемых вариантах. Максимальное увеличение гумуса отмечено в вариантах:

многолетние травы 2 г. п. – 0,19 %, озимая пшеница – 0,16 %, занятый пар – 0,15 % (таблица 5). В целом прирост гумуса на делянках с (NPK)₉₀ кг/га составил 0,14 % по отношению к контролю, в то время как на контроле минимальное увеличение гумусовых веществ было отмечено только на вариантах пара, овса и озимой пшеницы. На первых двух делянках прирост гумусовых соединений составил 0,01 %, на третьей – 0,02 %. В то же время на участках яровой пшеницы и клевера 1 г. п. выявлено его снижение на 0,15 и 0,05 % по отношению к исходной величине. Под клевером второго года пользования прирост остался на уровне первоначального значения. В целом на контрольном варианте отмечено его снижение до отрицательного значения – до 0,03 %, или на 1,1 т/га, а на фоне с удобрением прирост гумуса составил 5,17 т/га.

При анализе полученных данных можно сделать вывод о том, что даже насыщение севооборота бобовыми травами, без дополнительного внесения органических и минеральных удобрений, не обеспечивает почву достаточным количеством органического вещества для существенного улучшения гумусового составляющего. Поэтому для значительного повышения содержания гумуса необходимо дополнительное внесение либо навоза, либо высоких доз минеральных удобрений, чтобы увеличить выход пожнивно-корневых остатков, о чем убедительно свидетельствуют полученные нами данные. При внесении (NPK)₉₀ растительных остатков было достаточно для формирования положительного баланса гумуса – 2,43 %, а без NPK баланс оказался отрицательным – 2,29 % при исходной величине 2,32 % (таблица 5).

Таблица 3
Влияние культур и уровня минерального питания на разложение льняной ткани, % (2016–2018)

Культура	Уровень минерального питания	
	Контроль	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀
Пар (вика + овес)	26,5	34,4
Яровая пшеница + клевер	13,9	18,2
Клевер 1 г. п.	35,6	42,7
Клевер 2 г. п.	31,0	37,3
Озимая пшеница	20,9	27,2
Овес	20,1	25,2
Средняя	24,6	30,8

Table 3
The influence of crops and the level of mineral nutrition on the decomposition of linen fabric, % (2016–2018)

Culture	Level of mineral nutrition	
	Control	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀
Steam (vetch + oats)	26.5	34.4
Spring wheat + clover	13.9	18.2
Clover 1 year of use	35.6	42.7
Clover 2 year of use	31.0	37.3
Winter wheat	20.9	27.2
Oats	20.1	25.2
Average	24.6	30.8

Таблица 4

Поступление в почву растительных остатков после уборки основных культур, т/га абсолютно сухой массы (2016–2018)

Культура	Растительные остатки в слое почвы 0–30 см					
	Контроль			(NPK) ₉₀		
	Корни	Пожнивные остатки	Всего	Корни	Пожнивные остатки	Всего
Клевер луговой	4,25	1,89	6,14	5,22	2,33	7,55
Викоовсяная смесь	2,23	0,79	3,02	2,72	1,13	3,85
Озимая пшеница	2,59	1,36	3,95	2,47	1,55	4,52
Овес	1,81	0,84	2,65	2,71	1,23	3,94
Яровая пшеница	1,45	0,74	2,19	1,76	1,07	2,83
Всего за ротацию	11,5	5,62	17,1	14,9	7,31	22,7
Средняя	2,31	1,12	3,77	2,97	1,46	4,54

Table 4

Soil accumulation of plant residues after harvesting the main crops, t/ha of absolutely dry mass (2016–2018)

Culture	Plant residues in the soil layer 0–30 cm					
	Control			(NPK) ₉₀		
	The roots	Crop residues	Total	The roots	Crop residues	Total
Meadow clover	4.25	1.89	6.14	5.22	2.33	7.55
A mixture of vetch and oats	2.23	0.79	3.02	2.72	1.13	3.85
Winter wheat	2.59	1.36	3.95	2.47	1.55	4.52
Oats	1.81	0.84	2.65	2.71	1.23	3.94
Spring wheat	1.45	0.74	2.19	1.76	1.07	2.83
Total for rotation	11.5	5.62	17.1	14.9	7.31	22.7
Average	2.31	1.12	3.77	2.97	1.46	4.54

Таблица 5

Влияние минеральных удобрений на агрохимические свойства почвы (слой 0–20 см) (2016–2018 гг.)

Культура	Доза удобрения	pH (сол.)	NO ₃ , мг/кг	P ₂ O ₅ , мг/кг	K ₂ O, мг/кг	Гумус, %
Пар (вика + овес)	0	5,6	19,1	228	214	2,33
	(NPK) ₉₀	5,7	28,8	235	262	2,48
Яровая пшеница + клевер	0	5,5	12,0	195	146	2,17
	(NPK) ₉₀	5,7	19,0	228	175	2,29
Клевер 1 г. п.	0	5,3	19,5	200	154	2,27
	(NPK) ₉₀	5,8	22,4	235	209	2,34
Клевер 2 г. п.	0	5,8	13,5	242	167	2,32
	(NPK) ₉₀	6,0	36,3	250	349	2,51
Озимая пшеница	0	5,5	13,0	195	248	2,34
	(NPK) ₉₀	5,8	17,8	235	311	2,50
Овес	0	5,9	12,2	177	126	2,33
	(NPK) ₉₀	6,1	23,0	235	192	2,47
Средняя	0	5,60	14,8	206	176	2,29
	(NPK) ₉₀	5,85	24,5	236	249	2,43

Table 5

The effect of mineral fertilizers on agrochemical properties soil (layer 0–20 cm) (2016–2018)

Culture	Fertilizer dose	pH (saline)	NO ₃ , mg/kg	P ₂ O ₅ , mg/kg	K ₂ O, mg/kg	Humus, %
Steam (vetch + oats)	0	5.6	19.1	228	214	2.33
	(NPK) ₉₀	5.7	28.8	235	262	2.48
Spring wheat + clover	0	5.5	12.0	195	146	2.17
	(NPK) ₉₀	5.7	19.0	228	175	2.29
Clover 1 year of use	0	5.3	19.5	200	154	2.27
	(NPK) ₉₀	5.8	22.4	235	209	2.34
Clover 2 year of use	0	5.8	13.5	242	167	2.32
	(NPK) ₉₀	6.0	36.3	250	349	2.51
Winter wheat	0	5.5	13.0	195	248	2.34
	(NPK) ₉₀	5.8	17.8	235	311	2.50
Oats	0	5.9	12.2	177	126	2.33
	(NPK) ₉₀	6.1	23.0	235	192	2.47
Average	0	5.60	14.8	206	176	2.29
	(NPK) ₉₀	5.85	24.5	236	249	2.43

Таблица 6
Засоренность культур севооборота, шт/м² (2016–2018 гг.)

Вариант опыта	Контроль			N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀		
	Многолетних	Однолетних	Всего	Многолетних	Однолетних	Всего
Пар (вика + овес)	40	80	120	40	88	128
Яровая пшеница + клевер	24	112	136	20	120	140
Клевер 1 г. п.	40	40	80	48	56	104
Клевер 2 г. п.	52	78	130	48	84	132
Озимая пшеница	18	64	82	20	64	84
Овес	32	80	112	32	84	116
Средняя	32	76	108	35	83	118

Table 6
Weed crop rotation, pcs/m² (2016–2018)

Experience variant	Control			N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀		
	Perennials	Annuals	Total	Perennials	Annuals	Total
Steam (vetch + oats)	40	80	120	40	88	128
Spring wheat + clover	24	112	136	20	120	140
Clover 1 year of use	40	40	80	48	56	104
Clover 2 year of use	52	78	130	48	84	132
Winter wheat	18	64	82	20	64	84
Oats	32	80	112	32	84	116
Average	32	76	108	35	83	118

Что касается содержания нитратного азота, подвижного фосфора и обменного калия, то здесь имеем ту же тенденцию, как и при формировании гумуса. В сравнении с контролем их накопление на делянках с внесением удобрений было выше в 1,69, 1,37 и 1,42 раза соответственно. Кислотность почвенного раствора по отношению к первоначальному значению при внесении удобрений уменьшилась на 0,15 ед., на контроле, наоборот, увеличилась – на 0,1. Объясняется это тем, что удобрения увеличивают количеством пожнивно-корневых остатков, которые накапливают в своей массе щелочные соединения в виде кальция и магния, извлекаемые корневой системой с нижних горизонтов, а также активизацией жизнедеятельности дождевых червей, которые выделяют с экскрементами в течение вегетационного периода до 20–25 кг/га кальция.

Важной проблемой земледелия считается борьба с сорняками. П. А. Костычев считал уничтожение сорной растительности важнейшим средством борьбы с засухой. По этому поводу он писал: «Какая польза будет от того, что мы приводим почву в прекрасное состояние, обеспечивающее сохранению почвенной влаги, если сорняки не будут истреблены. Высокая влажность почвы только поможет распространению сорных трав и для растений культурных не только не останется влаги, но они еще будут заглушены сорной растительностью».

В нашем опыте наиболее конкурентными в борьбе с сорняками оказались озимая пшеница и клевер 1 г. п., в посевах которых количество сорняков было меньше по сравнению с яровой пшеницей, клевером 2 г. п. и овсом. В посевах клевера 1 г. п. насчитывалось 80–104 шт/м² сорняков, озимой пшеницы – 82 – 84 шт/м² (таблица 6).

Менее конкурентоспособными – яровая пшеница с 136 и 140 шт/м² сорняков, клевер 2 г. п. – 130 и 132 шт/м², овес – 112 и 116 шт/м² на контроле и фоне минерального питания соответственно, что и привело широкому их распространению в этих вариантах. Минеральные удобрения незначительно увеличили засоренность посевов.

Насыщения бобовыми травами севооборота и создание при этом благоприятных агрофизических и агрохимических условий положительно сказались на урожайности выращиваемых культур. Так, урожайность озимой пшеницы по пласту многолетних трав составила на контроле 4,17 т/га, а на фоне с удобрениями – 5,24 т/га, яровой пшеницы по викоовсяному пару – соответственно 2,99 и 3,72 т/га зерновых единиц, овса – 4,23 и 5,52 т/га, продуктивность многолетних трав 1 г. п. на контроле – 3,49 т/га, на фоне минерального питания – 4,42, второго года пользования – соответственно 3,83 и 5,58 т/га зерновых единиц (таблица 7). Прибавка урожая от минеральных удобрений варьировала от 24,4 % до 45,7 %. Наибольшая прибавка получена по клеверу 2 г. п. – 45,5 %, викоовсяной смеси – 36,2 %, овсу – 30 %. В целом прирост урожая от NPK составил 1,09 т/га.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Использование бобовых культур в севообороте совместно с минеральными удобрениями позволило снизить плотность почвы по сравнению с контролем на 0,015 г/см³, увеличить минерализацию льняной ткани на 6,2 %, увеличить массу пожнивно-корневых остатков на 7,81 т/га.

Ввиду поступления большего количества органических остатков в почву с бобовыми культурами на фоне внесения минерального удобрения к концу ротации севооборота отмечено увеличение гумуса на 0,11 % по сравнению с исходной величиной, снижение кислотности на 0,25 ед., повышение содержания нитратного азота по отношению к контролю на 9,7, подвижного фосфора – на 30, обменного калия – на 73 мг/кг почвы. На вариантах с внесением минеральных удобрений урожайность культур в целом выше контроля на 10,9 ц/га. Так, урожайность озимой пшеницы по пласту многолетних трав составила на контроле 4,17 т/га, а на фоне с минеральными удобрениями – 5,24 т/га, яровой пшеницы по викоовсяному пару – соответственно 2,99 и 3,72 т/га зерновых единиц. Таким образом, в условиях дефицита ресурсов, недостатка мине-

Таблица 7
Урожайность культур в севообороте, т/га (2016–2018 гг.)

Чередование культур в севообороте	Контроль (без удобрений)	$N_{90}P_{90}K_{90}$	Различия с контролем
Пар (вика + овес)	2,29	3,12	0,83
Яровая пшеница + клевер	2,99	3,72	0,73
Клевер 1 г. п.	3,49	4,42	0,93
Клевер 2 г. п.	3,83	5,58	1,75
Озимая пшеница	4,17	5,24	1,07
Овес	4,23	5,52	1,29
Средняя	3,51	4,60	1,09

Table 7
Crop yield in crop rotation, t/ha (2016–2018)

The repetition of crops in crop rotation	Control	$N_{90}P_{90}K_{90}$	Differences with control
Steam (vetch + oats)	2.29	3.12	0.83
Spring wheat + clover	2.99	3.72	0.73
Clover 1 year of use	3.49	4.42	0.93
Clover 2 year of use	3.83	5.58	1.75
Winter wheat	4.17	5.24	1.07
Oats	4.23	5.52	1.29
Average	3.51	4.60	1.09

ральных и органических удобрений биологизация севооборотов путем насыщения их бобовыми травами до 50 % при одновременном внесении умеренных доз минераль-

ных удобрений является важным фактором повышения плодородия потенциально бедных дерново-подзолистых почв и продуктивности севооборота.

Библиографический список

1. Вислобокова Л. Н., Скорочкина Ю. П. Использование сидератов и соломы в биологическом земледелии // Экологические проблемы использования органических удобрений в земледелии: сборник материалов научно-практической конференции с международным участием Всероссийского научно-исследовательского института органических удобрений. Владимир, 2015. С. 86–92.
2. Мазиров М. А., Матюк Н. С., Полин В. Д., Малахов Н. В. Влияние разных систем обработки и удобрений на плодородие дерново-подзолистой почвы // Земледелие. 2018. № 2. С. 33–36.
3. Дудкин В. М. Экологическая роль севооборота в современных системах земледелия // Инновационные технологии в адаптивно-ландшафтном земледелии: сборник трудов Международной научно-практической конференции Владимирского НИИСХ. Иваново, 2015. С. 195–199.
4. Зинченко М. К., Федулов И. Д., Шаркевич В. В. Распространение diaзотрофных микроорганизмов в агроландшафтах серой лесной почвы // Владимирский земледелец. 2018. № 1. С. 14–19.
5. Кирюшин В. И. Задачи научно-инновационного обеспечения земледелия России // Земледелие. 2018. № 3. С. 3–8. DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10301.
6. Лощинина А. Э. Сравнительная оценка агротехнологий разной интенсивности и урожайность полевых культур в условиях Верхневолжья: дис. ... канд. с.-х. наук. Иваново, 2017. 140 с.
7. Мельцаев И. Г., Зинченко С. И., Мазиров М. А. Экологическое обоснование повышения продуктивности агросистем Верхневолжья. Иваново: ПресСто, 2017. 383 с.
8. Мельцаев И. Г., Зинченко С. И., Эседуллаев С. Т., Лощинина А. Э. Значение севооборота и систем обработки почвы для повышения ее плодородия и урожайности. Иваново: ПресСто, 2019. 308 с.
9. Чебочаков Е. Я., Шпедт А. А. Эффективность приемов биологизации земледелия в разных агроэкологических районах Средней Сибири // Земледелие. 2018. № 6. С. 3–5. DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10601.
10. Черкасов Г. Н., Акименко А. С. Совершенствование севооборотов и структуры посевных площадей для хозяйств различной специализации Центрального Черноземья // Земледелие. 2016. № 5. С. 8–11.
11. Шеин Е. В., Мазиров М. А., Зинченко С. И. [и др.] Агрофизика: учебное пособие. Иваново: ПресСто, 2016. 124 с.
12. Шрамко Н. В., Вихорева Г. В. Роль биологизированных севооборотов в изменении содержания гумуса в дерново-подзолистых почвах Верхневолжья // Земледелие. 2016. № 1. С. 14–16.
13. Шрамко Н. В., Вихорева Г. В. Рациональное использование паров и приемов биологизации в условиях Верхневолжья // Земледелие. 2015. № 6. С. 23–25.
14. Шрамко Н. В., Вихорева Г. В. Пути совершенствования гумусированности и продуктивности дерново-подзолистых почв Верхневолжья // Владимирский земледелец. 2017. № 2. С. 8–11.
15. Кислов А. В., Глинушкин А. П., Кашеев А. В. [и др.] Экологизация севооборотов и биологическая система воспроизводства почвенного плодородия в степной зоне Южного Урала // Земледелие. 2018. № 6. С. 6–10. DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10602.

Об авторах:

Сабир Тюменбекович Эседуллаев¹, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, директор, ORCID 0000-0001-6045-300X, AuthorID 486771, ivniicx@mail.ru

Иван Григорьевич Мельцаев¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ведущий научный сотрудник, ORCID 0000-0002-0855-9197, AuthorID 949857

¹ Ивановский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал Верхневолжского федерального аграрного научного центра, Иваново, Россия

Biologized crop rotation – the main factor for fertility increases of sod-podzolic soils and arable land productivity in the Upper Volga

S. T. Esedullaev¹✉, I. G. Meltsaev¹

¹ Ivanovo Research Institute of Agriculture – a branch of the Upper Volga Federal Agrarian Research Center, Ivanovo, Russia

✉ E-mail: ivniicx@mail.ru

Abstract. The purpose of the study was to study the influence of biologized crop rotation with six fields by 50 %, saturated with legumes, on soil fertility and crop productivity on typical sod-podzolic light loamy soils of the Upper Volga. As a result of field experiments and laboratory studies, new data and knowledge about the effect of crop bipolarization on its productivity and the properties of sod-podzolic soil were obtained. For the first time in the region, it has been studied and established that use of legumes in the crop rotation instead of organic fertilizers partially contributes to the replenishment of the soil with organic matter and nitrogen in the form of organic residues and nodule bacteria, which leads to a decrease in the degradation of soil fertility or even to some improvement. By the end of rotation of the crop rotation when applying (NPK) 90 kg/ha compared with the control version (without NPK), in the biologized crop rotation, the humus content increased by 0.14 %, the acidity of the soil solution slightly decreased by 0.25 units, the content of nitrate nitrogen increased by 59 %, mobile phosphorus – by 72.8 % and exchange potassium – by 70.4 %. The density of soil compaction as a whole in a layer of 0–20 cm in occupied steam, under spring wheat and oats amounted to 1.22–1.24 g/cm³, in other crops (where treatment was not carried out for 2 years) – 1.35–1.39 g/cm³. Mineralization of flax tissue more actively occurred under clover 1st and 2nd years of use – 35.6–42.7 % and 31.0 and 37.3 % and in the employed (vetch-oat) – 26.5–34.4 %, less intensively under winter wheat – 20.9–27.5 and oats – 20.1–25.2 % and very weakly under spring wheat – 13.0–16.5 % at the control and the level of mineral nutrition, respectively. There were fewer weeds in winter wheat sowings – 84 pcs/m², since it is more competitive with them, oats – 112 pcs, clover – 131 pcs, in a couple – 124 pcs and spring wheat – 138 pcs/m². Productivity of crops to a greater extent was determined by the applied fertilizers. In fertilized plots, compared with the control, the productivity of the oatmeal mixture was 36.2 % higher, spring wheat – 24.4 %, clover 1st year of use – by 36.2 %, 2nd year of use – by 45.7 %, winter wheat – by 25.7 % and oats – by 30 %.

Keywords: biologized crop rotation, leguminous grasses, saturation, sod-podzolic soil, fertility, productivity, fertilizers.

For citation: Esedullaev S. T., Meltsaev I. G. Biologizirovannyye sevooboroty – osnovnoy faktor povysheniya plodorodiya dernovo-podzolistykh pochv i produktivnosti pashni v Verkhnevolzh'ye [Biologized crop rotation - the main factor for fertility increases of sod-podzolic soils and arable land productivity in the Upper Volga] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2019. No. 11 (190). Pp. 18–26. DOI: ... (In Russian.)

Paper submitted: 03.09.2019.

References

1. Vislobokova L. N., Skorochkina Y. P. Ispol'zovaniye sideratov i solomy v biologicheskoy zemledelii [The use of green plants and straw in organic farming] // *Ekologicheskiye problemy ispol'zovaniya organicheskikh udobreniy v zemledelii: sbornik materialov nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta organicheskikh udobreniy*. Vladimir, 2015. Pp. 86–92. (In Russian.)
2. Mazirov M. A., Matyuk N. S., Polin V. D., Malakhov N. V. Vliyaniye raznykh sistem obrabotki i udobreniy na plodorodiye dernovo-podzolistoy pochvy [The influence of different processing systems and fertilizers on the fertility of sod-podzolic soil] // *Zemledelie*. 2018. No. 2. Pp. 33–36. (In Russian.)
3. Dudkin V. M. Ekologicheskaya rol' sevooborota v sovremennykh sistemakh zemledeliya [The ecological role of crop rotation in modern farming systems] // *Innovatsionnyye tekhnologii v adaptivno-landshaftnom zemledelii: sbornik trudov Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii Vladimirskogo NIISKH*. Ivanovo, 2015. Pp. 195–199. (In Russian.)

4. Zinchenko M. K., Fedulov I. D., SHarkevich V. V. Rasprostraneniye diazotrofnyykh mikroorganizmov v agrolandshaftakh seroy lesnoy pochvy [Distribution of diazotrophic microorganisms in agrolandscapes of gray forest soil] // Vladimirskiy zemledelets. 2018. No. 1. Pp. 14–19. (In Russian.)
5. Kiryushin V. I. Zadachi nauchno-innovatsionnogo obespecheniya zemledeliya Rossii [Tasks of scientific and innovative support for agriculture in Russia] // Zemledelie. 2018. No. 3. Pp. 3–8. DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10301. (In Russian.)
6. Loshchinina A. E. Sravnitel'naya otsenka agrotekhnologiy raznoy intensivnosti i urozhaynost' polevykh kul'tur v usloviyakh Verkhnevolzh'ya: [Comparative evaluation of agricultural technologies of different intensities and field crop yields in the Upper Volga region]: dis. ... kand. s.-kh. nauk. Ivanovo, 2017. 140 p. (In Russian.)
7. Mel'tsayev I. G., Zinchenko S. I., Mazirov M. A. Ekologicheskoye obosnovaniye povysheniya produktivnosti agrosistem Verkhnevolzh'ya [Environmental rationale for increasing the productivity of agricultural systems of the Upper Volga]. Ivanovo: PresSto, 2017. 383 p. (In Russian.)
8. Mel'tsayev I. G., Zinchenko S. I., Esedullayev S. T., Loshchinina A. E. Znachenkiye sevooborota i sistem obrabotki pochvy dlya povysheniya eye plodorodiya i urozhaynosti [The importance of crop rotation and tillage systems to increase its fertility and productivity]. Ivanovo: PresSto, 2019. 308 p. (In Russian.)
9. Chebochakov E. Ya., Shpedt A. A. Effektivnost' priyemov biologizatsii zemledeliya v raznykh agroekologicheskikh rayonakh Sredney Sibiri [Efficiency of methods of biologization of agriculture in different agroecological regions of Central Siberia] // Zemledelie. 2018. No. 6. Pp. 3–5. DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10601. (In Russian.)
10. Cherkasov G. N., Akimenko A. S. Sovershenstvovaniye sevooborotov i struktury posevnykh ploshchadey dlya khozyaystv razlichnoy spetsializatsii Tsentral'nogo Chernozem'ya [Improvement of crop rotation and the structure of sown areas for farms of various specialization of the Central Chernozem region] // Zemledelie. 2016. No. 5. Pp. 8–11. (In Russian.)
11. Shein E. V., Mazirov M. A., Zinchenko S. I. [et al.] Agrofizika: uchebnoye posobiye. [Agrophysics: textbook]. Ivanovo: PresSto, 2016. 124 p. (In Russian.)
12. Shramko N. V., Vikhoreva G. V. Rol' biologizirovannykh sevooborotov v izmenenii sodержaniya gumusa v dernovo-podzolistykh pochvakh Verkhnevolzh'ya [The role of biologized crop rotation in changing the humus content in sod-podzolic soils of the Upper Volga] // Zemledelie. 2016. No. 1. Pp. 14–16. (In Russian.)
13. Shramko N. V., Vikhoreva G. V. Ratsional'noye ispol'zovaniye parov i priyemov biologizatsii v usloviyakh Verkhnevolzh'ya [The rational use of vapors and techniques of biologization in the conditions of the Upper Volga] // Zemledelie. 2015. No. 6. Pp. 23–25. (In Russian.)
14. Shramko N. V., Vikhoreva G. V. Puti sovershenstvovaniya gumusirovannosti i produktivnosti dernovo-podzolistykh pochv Verkhnevolzh'ya [Ways to improve the humus and productivity of sod-podzolic soils of the Upper Volga] // Vladimirskiy zemledelets. No. 2, 2017. Pp. 8–11. (In Russian.)
15. Kislov A. V., Glinushkin A. P., Kashcheyev A. V. [et al.] Ekologizatsiya sevooborotov i biologicheskaya sistema vosproizvodstva pochvennogo plodorodiya v stepnoy zone Yuzhnogo Urala [Ecologization of crop rotation, and the biological system of soil fertility reproduction in the steppe zone of the Southern Urals] // Zemledelie. 2018. No. 6. Pp. 6–10. DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10602. (In Russian.)

Authors' information:

Sabir T. Esedullaev¹, candidate of agricultural sciences, associate professor, director, ORCID 0000-0001-6045-300X, AuthorID 486771, ivniicx@mail.ru

Ivan G. Meltsaev¹, doctor of agricultural sciences, professor, ORCID 0000-0002-0855-9197, AuthorID 949857

¹ Ivanovo Research Institute of Agriculture – a branch of the Upper Volga Federal Agrarian Research Center, Ivanovo, Russia