

ПРОДУКТИВНОСТЬ ВИДОВ СЕВООБОРОТОВ ПРИ ИХ БИОЛОГИЗАЦИИ В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПИ ПОВОЛЖЬЯ

А.Л. Тойгильдин, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
В.И. Морозов, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
М.И. Подсевалов, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
С.В. Шайкин, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
Д.Э. Аюпов, аспирант
ФГБОУ ВО Ульяновская ГСХА

Ключевые слова: севооборот, обработка почвы, удобрения, продуктивность, биологизация, экономическая эффективность.

В статье приведены данные по продуктивности и экономической эффективности биологизации полевых севооборотов в зависимости от систем обработки почвы и удобрений.

Введение. Ключевым элементом системы земледелия является структура посевных площадей, так как она предопределяет специализацию хозяйства и объёмы производства продукции растениеводства, учитывая конъюнктуру рынка. Структура посевных площадей неразрывно связана с системой севооборотов, а в современной земледелии особая функция севооборота состоит в регулировании водно-физических свойств почвы, режима органического вещества, оптимизации фитосанитарного состояния посевов, выполняет экологические и экономические функции [1, 2].

Причиной снижения плодородия почвы, в том числе содержания органического вещества, является нарушение энергетического баланса вследствие отчуждения биомассы культур и сдвига биохимических процессов синтеза и разложения органических веществ в сторону большей их минерализации из-за несовершенства и несоответствия природным условиям элементов системы земледелия и снижение объемов применения органических и минеральных удобрений. При этом чем выше продуктивность земледелия, тем больше требуется затрат, направлен-

ных на поддержание и воспроизводство плодородия почвы. Без такого антропогенного регулирования резко снижается устойчивость функционирования агроландшафтов и продуктивность сельскохозяйственных культур.

В настоящее время применение как органических, так и минеральных удобрений не компенсирует вынос элементов питания и часто ограничивается высокой затратностью транспортировки и внесения первых и дороговизной – вторых. В последние годы разработаны концепции воспроизводства плодородия почвы с учетом отмеченных проблем [3, 4; 5; 6], которые предполагают, прежде всего, максимальное накопление биогенных ресурсов плодородия в агроценозах, что в значительной мере определяется набором сельскохозяйственных культур в севооборотах.

Цель исследований: провести сравнительную оценку продуктивности и экономической эффективности видов севооборотов при разных технологиях обработки почвы и системах удобрения.

Задачи исследований:

- провести сравнительную оценку продуктивности зернопарового и зернотравяных севооборотов в зависимости от систем обработки почвы и удобрений;

- оценить вклад элементов системы земледелия (севооборот, обработка почвы и удобрения) в формировании продуктивности севооборотов в условиях лесостепи Поволжья;

- дать анализ экономической эффективности приёмов биологизации земледелия в производстве продукции растениеводства.

Методика исследований. Изучение продуктивности севооборотов проводится в стационарном полевом опыте кафедры земледелия и растениеводства Ульяновской ГСХА. Экспериментальные 6-польные севообороты (зернопаровой и зернотравяные) изучаются с 2002 года, они развернуты в пространстве, размещены в 6 ярусов методом расщепленных делянок [7].

Схемы экспериментальных севооборотов (фактор А):

Зернопаровой: чистый пар - озимая пшеница - яровой пшеница – горох - яровая пшеница - яровая пшеница.

Зернотравяной с кострцом: горох - озимая пшеница - яровой пшеница – кострец - кострец - яровая пшеница.

Зернотравяной с люцерной: люпин - озимая пшеница - яровой пшеница – люцерна - люцерна - яровая пшеница;

Зернотравяной с травосмесью: люпин + горох - озимая пшеница - яровой пшеница – кострец+люцерна - кострец+люцерна - яровая пшеница.

В севооборотах обработка почвы проводилась по двум технологиям (фактор В): 1) комбинированная, дифференцированная разноглубинная обработка почвы, сочетающая отвальные и безотвальные способы с элементами минимизации 2) минимизированная, отличается по глубине и интенсивности воздействия на почву.

Севообороты размещены на двух фонах удобрений (фактор С): 1) солома + NPK на планируемую продуктивность 2,5-3,0 т/га к.ед. 2) солома + NPK на планируемую продуктивность 3,5-4,0 т/га к.ед.

Почва опытного участка чернозем выщелоченный среднесплодный среднесуглинистый. Наблюдения, учеты и анализы в опыте проводились по общепринятым методикам [8].

Результаты исследований. В современном земледелии лесостепи Поволжья за последние годы существенно сократилась площадь пашни в обработке и изменилась структура посевных площадей. Уменьшились посевы кормовых, зернобобовых и зернофуражных культур. В растениеводстве преобладают экстенсивные агротехнологии, которые сопровождаются высокими затратами техногенных ресурсов. По этой причине ежегодный вынос элементов питания урожаем не компенсируется удобрениями. Формирование урожайности происходит за счёт элементов питания полученных в результате минерализации органического вещества почвы, что ослабляет её энергетический потенциал. Зерновая монокультура усиливает процессы фитосанитарной напряженности и почвоутомления, что сдерживает рост урожайности и ухудшает качество продукции растениеводства [9, 10].

В этой связи имеется настоятельная необходимость совершенствования структуры посевных площадей и построения севооборотов на основе их биологизации, чтобы приостановить процессы деградации почвенного покрова, сохранить и поддерживать экологическое равновесие в агроландшафтах.

Чередование культур по совместимым предшественникам во взаимодействии с обработкой почвы и системой удобрений оказывает синергетическое управляющее воздействие на плодородие почвы, ее агрофизические, агрохимические и биогенные свойства и, следовательно, на продукционный процесс растений.

Важный показатель, определяющий эффективность севооборотов характеризуется высотой урожайности и выходом продукции. В зернопаровом севообороте, где уровень концентрации зерновых 83%, выход зерна с 1 га севооборотной площади составил 2,44 т/га. В севооборотах

Таблица 1 - Продуктивность севооборотов в зависимости от основной обработки почвы и органо-минеральных удобрений

Схема севооборота (Фактор А)	Обра- ботка почвы (Фактор В)	Удо- брения (Фактор С)	Про- дуктив- ность, тыс./га к.ед.	Выход с 1 га пашни по севообороту зерна, т / тыс. к.е	
				по фак- тору А	по фак- тору В
Пар чистый - озимая пшеница - яровая пше- ница – люпин - яровая пшеница - яровая пше- ница	В ₁	С ₁	2,88	<u>2,44</u> 2,87	<u>1,95</u> 3,08
		С ₂	3,05		
	В ₂	С ₁	2,69		
		С ₂	2,87		
Горох - озимая пшеница - яровая пшеница – ко- острец – коострец- яровая пшеница	В ₁	С ₁	3,03	<u>1,72</u> 3,01	
		С ₂	3,23		
	В ₂	С ₁	2,82		
		С ₂	2,97		
Люпин - озимая пше- ница - яровая пшеница – люцерна –люцерна – яровая пшеница	В ₁	С ₁	3,03	<u>1,74</u> 3,03	
		С ₂	3,23		
	В ₂	С ₁	2,85		
		С ₂	2,99		
Горох + люпин - озимая пшеница - яровая пше- ница – коострец + люцер- на – коострец + люцерна - яровая пшеница	В ₁	С ₁	3,00	<u>1,68</u> 3,01	
		С ₂	3,17		
	В ₂	С ₁	2,84		
		С ₂	3,01		
НСР ₀₅ = 0,16 к.ед.		С ₁	2,89	НСР ₀₅ = 0,10	НСР ₀₅ = 0,08
		С ₂	3,07		

с долей зерновых культур 67%, выход зерна находился на уровне 1,68 - 1,74 т/га (табл.1).

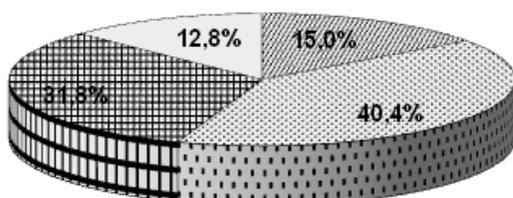
Оценка систем обработки почвы показала, что по урожайности зерновых культур и продуктивности изучаемых севооборотов, преимущество имела комбинированная система по сравнению с минимизированной. Обработка почвы выступает одним из существенных факторов воздействия на условия произрастания культурных растений за счет воздействия на агрофизические свойства почвы, микробиологическую активность и фитосанитарное состояние посевов [11, 12, 13, 14, 15].

По нашим данным в среднем по экспериментальным севооборотам прибавка составила 0,20 тыс./га кормовых единиц или 0,12 т/га зерна в пользу комбинированной системы обработки почвы. Преимущество комбинированной обработки почвы особенно проявилось в севооборотах с многолетними травами, которые снижали урожайность при отсутствии вспашки.

Более полное использование удобрений было отмечено на первом органоминеральном фоне, запланированного на продуктивность севооборота 2,5-3,0 т/га кормовых единиц. Использование из почвы повышенных доз удобрений и более полная реализация потенциала продуктивности ограничивались засушливыми условиями весенне-летних периодов. Нами выявлена прямая связь продуктивности севооборотов с гидротермическим коэффициентом за май-июнь по годам ($r=0,518 - 0,744$).

Дисперсионный анализ позволил оценить вклад изучаемых факторов в формирование продуктивности пашни. Выявлено, что на 15,0 % изменений продуктивности были обусловлены влиянием фактора А – чередования культур, здесь отмечено преимущество зерноотрубных севооборотов. Доля обработки почвы составила 40,4 % с преимуществом комбинированной системы в севообороте, а органоминеральные фоны удобрений обусловили 31,8% изменений продуктивности пашни (рис. 1).

Нерациональное природопользование сопровождается усилением процессов деградации почвенного покрова, экологические послед-



▣ Севооборот ▣ Обработка почвы ▣ Удобрения □ Другие факторы

Рисунок 1 – Вклад факторов в формирование продуктивности севооборотов (по данным дисперсионного анализа)

Таблица 2 – Производственные затраты в севооборотах при различных технологиях воспроизводства плодородия почвы за 2011-2015 гг., руб./га

Севообороты (фактор А)	Обработки почвы (фактор В)	Фоны питания (фактор С)		±	Среднее по фактору	
		1-ый	2-ой		А	В
Зернопаровой	1	13269	15732	+2463	14102	12749
	2	12227	15181	+2954		
Зернотравяной с коострецом	1	11511	13939	+2428	12533	
	2	11129	13553	+2424		
Зернотравяной с люцерной	1	10884	13098	+2214	11798	12263
	2	10502	12710	+2208		
Зернотравяной со смесью	1	10683	12878	+2195	11591	
	2	10306	12498	+2192		

Фактор В: В₁ - комбинированная; В₂ - минимизированная

Фактор С: С₁-солома+NPK 1 фон; С₂- солома + NPK 2 фон.

ствия угрожают продовольственной безопасности и несут серьёзный экономический урон в аграрном секторе экономики. Результаты наших исследований наглядно демонстрируют ключевую роль севооборота в управлении плодородием почвы, снижении экологического риска [16, 17, 18]. Наряду с вопросами продуктивности и влияние севооборотов на плодородие почвы, необходимо изучить экономическую эффективность их биологизации.

Севообороты с бобовыми культурами (горох, люпин, люцерна, эспарцет), благодаря бобово-ризобиальному симбиозу, обеспечили получение урожая с минимальными денежными затратами на азотные удобрения и как следствие более высокий уровень рентабельности.

Экономическая эффективность агротехнологий определяется рядом условий: продуктивностью полевых культур, производственными затратами на единицу площади, ценами реализации и другими технологическими и экономическими факторами. Особенно важно сократить невозобновимые техногенные ресурсы в производстве продукции растениеводства. К ним относятся минеральные удобрения, химические средства защиты растений (пестициды), нефтепродукты, электроэнергия и другие, цены на

Таблица 3 - Экономическая эффективность севооборотов при различных технологиях воспроизводства плодородия почвы за 2011-2015 гг. (условный чистый доход, руб./га/уровень рентабельности, %)

Севообороты (Фактор А)	Обработки почвы (Фактор В)	Фоны питания (Фактор С)		±	Среднее по фактору	
		1-ый	2-ой		А	В
Зернопаровой	1	<u>8639</u> 65	<u>7019</u> 45	<u>-1620</u> -20	<u>7823</u> 57	<u>9359</u> 100
	2	<u>8491</u> 69	<u>7144</u> 47	<u>-1347</u> -22		
Зернотравяной с коострецом	1	9794 85	<u>9899</u> 71	<u>105</u> -14	<u>9669</u> 78	
	2	<u>9261</u> 83	<u>9723</u> 72	<u>462</u> -11		
Зернотравяной с люцерной	1	<u>10896</u> 100	<u>9776</u> 75	<u>-1120</u> -25	<u>10111</u> 87	<u>9067</u> 96,9
	2	<u>10061</u> 96	<u>9710</u> 76	<u>-351</u> -20		
Зернотравяной с двухкомпонентной смесью	1	<u>9548</u> 89	<u>9297</u> 72	<u>-251</u> -17	<u>9247</u> 81	
	2	<u>8952</u> 87	<u>9192</u> 74	<u>240</u> -13		

Фактор В: В₁ - комбинированная; В₂ - минимизированная

Фактор С: С₁-солома + NPK 1 фон; С₂- солома + NPK 2 фон.

которые постоянно растут, что удорожает урожай, стоимость продукции, снижает конкурентоспособность зерновых и других культур.

Несмотря на различие структуры севооборотной площади, стоимость продукции по севооборотам и в зависимости от обработки почвы мало изменялась, более заметным оказалось влияние удобрений.

Производственные затраты в зернопаровом севообороте были выше на 11,1-17,8 %, в сравнении с зернотравяными. Введение в севообороты многолетних бобовых трав снижало затраты энергоемкие азотные удобрения (таблица 2).

В таблице 3 показан условный чистый доход и рентабельность производства продукции растениеводства. Выявлена закономерность, что оба

эти показатели в среднем за 2011-2015 гг. снижаются с увеличением доз минеральных удобрений, что связано с высокими ценами на агрохимикаты.

Окупаемость урожая минеральных удобрений напрямую связана с влагообеспеченностью посевов, недостаток влаги не позволяет в полной мере реализовать генетический потенциал продуктивности возделываемых сортов сельскохозяйственных культур.

Однако наиболее высокая рентабельность продукции произведена в зернотравяных севооборотах. По комбинированной обработке почвы получен наиболее высокий условный чистый доход продукции. Таким образом, в зернотравяных севооборотах достигнуто наиболее экономически эффективное производство продукции, особенно севооборотах с бобовыми травами.

Сравнительная оценка систем обработки почвы показала преимущество комбинированной системы, где рентабельность производимой продукции была выше.

Применение минеральных удобрений совместно с соломой по первому фону удобрений позволило производить продукцию растениеводства с рентабельностью от 65-69 % в зернопаровом севообороте до 87-100 % в зернотравяных. Повышение доз минеральных удобрений хотя и обеспечило повышению урожайности культур, однако уровень рентабельности уменьшился до 45-47 % в зернопаровом и до 71-76 % в зернотравяных севооборотах.

Выводы:

1. Севооборот, выступая как системообразующее звено в системе земледелия, позволяет диверсифицировать сельскохозяйственное производство и рационально использовать природные и антропогенные факторы формирования урожая в рамках агроэкосистем, в том числе планировать системы обработки почвы и удобрения.

2. Оценка продуктивности севооборотов показала преимущество зернотравяных севооборотов с многолетними травами – люцерной и ее смеси с кострцом за счет более эффективного использования биоклиматического потенциала продуктивности и бобово-ризобиального симбиоза бобовых, прибавка составила 0,14-0,16 тыс. к.ед. в сравнении с зернопаровым севооборотом.

3. Во всех севооборотах преимущество по влиянию на урожайность зерновых, и особенно многолетних трав и зернобобовых культур имела комбинированная обработка почвы по сравнению с поверхностно-минимизированной.

4. Комплексная оценка вклада изучаемых факторов посредством дисперсионного анализа показала, что продуктивность культур на 15% зависела от вида севооборота, на 40,4 % от влияния обработки почвы и 31,8% от удобрений.

5. Зернотравяные севообороты обеспечили высокий уровень рентабельности производимой продукции - 87-100 %, что на 22-35% выше, чем в зернопаровом севообороте (абсолютное значение).

Библиографический список

1. Морозов, В.И. Биологизация севооборотов и их синергетическая эффективность в управлении плодородием почвы в лесостепи Поволжья / В.И. Морозов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. - 2012. - № 1. - С. 36-40.
2. Лошаков, В.Г. Севооборот и плодородие почвы/ В.Г. Лошаков // Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии им. Д.Н. Прянишникова РАСХН, 2012. – 512с.
3. Агроэкологическая оценка плодородия почв среднего Поволжья и концепция его воспроизводства: монография / А.Х.Куликова, А.В.Карпов, И.А.Вандышев, В.П. Тигин. - Ульяновск, 2007. – 171с.
4. Лыков, А.М. Органическое вещество пахотных почв Нечерноземья/ А.М. Лыков, А.И.Еськов, М.Н. Новиков.- Москва: ГНУ ВНИПТИОУ, 2004.- 630 с.
5. Адаптивно-ландшафтная система земледелия Ульяновской области, -Ульяновск, 2013. - 355 с.
6. Обущенко, Сергей Владимирович. Агроэкологическое обоснование систем воспроизводства почвенного плодородия в полевых севооборотах Среднего Заволжья: автореф. дис. ... д-ра сельскохозяйственных наук: 06.01.01 / Сергей Владимирович Обущенко.- Самара, 2014.- 40 с.
7. Морозов, В.И. Полевой опыт как метод познания и практического освоения инновационных технологий/ В.И. Морозов, А.Л. Тойгильдин // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. –2012. – №1 . – (17). – С. 40-44.
8. Куликова, А.Х. Повышение эффективности применения соломы как удобрения при возделывании ячменя / А.Х. Куликова, К.Ч. Хисамова // Аграрный научный журнал. - 2015. - № 4.- С. 13-17.
9. Кирюшин, Б.Д. Основы научных исследований в агрономии / Б.Д. Кирюшин, Р.Р. Усманов, И.П. Васильев. - М.: КолосС, 2009. - 398 с.
10. Немцев, С.Н. Агроэкологические основы почвозащитных систем земледелия в лесостепи Среднего Поволжья / С.Н. Немцев. – Ульяновск, 2005. - 240 с.

-
11. Морозов, В.И. Структура агрофитоценоза и урожайность озимой пшеницы при биологизации севооборотов лесостепи Поволжья / В. И. Морозов, М.И. Подсевалов, Д.Э. Аюпов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. - 2014. - № 3 (27). - С. 21-28.
 12. Эффективность систем основной обработки почвы в звене севооборота с сидеральным паром / А.Х. Куликова, А.В. Дозоров, Н.Г. Захаров, Н.В. Маркова, М.А. Полняков // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. - 2012. - № 3. - С. 29-35.
 13. Богомазов, С.В. Эффективность ресурсосберегающих приемов возделывания озимой пшеницы в лесостепи среднего Поволжья / С.В. Богомазов, А.Г. Кочмин // Нива Поволжья. - 2014. - № 4 (33). - С. 12-19.
 14. Дедов, А.В. Приемы основной обработки как факторы оптимизации агрофизических свойств почвы / А.В. Дедов, Т.А. Трофимова, Д.А. Селищев // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. - 2015. - № 1 (44). - С. 24-29.
 15. Научно-практические основы совершенствования обработки почвы в современных адаптивно-ландшафтных системах земледелия / А.И. Беленков, В.А. Шевченко, Т.А. Трофимова, В.П. Шачнев. - Москва, 2015. - 500 с.
 16. Морозов, В.И. Биологизация севооборотов и их синергетическая эффективность в управлении плодородием в лесостепи Поволжья / В.И. Морозов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. - 2012. - № 1. - С. 36-40
 17. Плодородие почвы и продуктивность агробиоценозов в полевых севооборотах лесостепи Поволжья / Р.С. Голомолзин, В.И. Морозов, М.И. Подсевалов, С.В. Шайкин, А.В. Карпов, Е.А. Петухов. - М.: ФГБОУ ВПО МГАУ, 2012. – 98с.
 18. Тойгильдин, А.Л. Многолетние травы в биологизации севооборотов лесостепи Поволжья: монография / А.Л. Тойгильдин, В.И. Морозов. - Ульяновск, 2015. - 178 с.

TYPES OF CROP ROTATION PRODUCTIVITY IN THEIR BIOLOGIZATION UNDER STEPPE VOLGA

A.L. Toigildin, V.I. Morozov, M.I. Podsevalov, S.V. Shaikin, D.E. Ayupov

Key words: crop rotation, tillage, fertilizers, productivity, biologization, economic efficiency.

The article presents data on the productivity and economic efficiency biologization field rotations depending on the tillage systems and fertilizer.