



ПРОДУКТИВНОСТЬ СЕВОБОРОТОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПРИЕМОМ БИОЛОГИЗАЦИИ

П. А. ПОСТНИКОВ,

кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий отделом земледелия и кормопроизводства, Уральский научно-исследовательский институт сельского хозяйства (620061, г. Екатеринбург, п. Исток, ул. Главная, д. 21; тел.: 8 (343) 252-71-44).

Ключевые слова: темно-серая почва, севооборот, фон питания, сидерат, солома, клевер, зерновые культуры, урожайность.

Исследования проведены на темно-серой лесной почве в пятипольных севооборотах на трех фонах питания: экстенсивный (без удобрений), экологический и биологический. Систематическое применение органических удобрений обеспечило снижение плотности почвы в пахотном слое на 0,05–0,09 г/см³, повышение биологической активности на 10–12 % и запасов продуктивной влаги – на 5,4–8,3 мм по сравнению с естественным уровнем плодородия. Зернопаросидеральный севооборот без многолетних трав по уровню урожайности зерновых культур не уступал зернотравяным. Насыщение доли яровых зерновых и зернобобовых культур в зернопаросидеральном севообороте до 80 % обеспечило сбор зерна с 1 га севооборотной площади на уровне 2,51–2,69 т/га, что выше по отношению к зернотравяным севооборотам на 10–36 %. Окупаемость 1 кг д.в. внесенных удобрений в среднем за три года составила 8,6–16,1 кг зерна, максимум отдачи отмечен на минеральном фоне питания во всех изучаемых севооборотах, за исключением зернопаросидерального. Возделывание клевера в севооборотах способствовало увеличению выхода сухого вещества с урожаем культур на естественном фоне на 1,08–1,58 т/га по сравнению с севооборотом без многолетних бобовых трав, на удобренных фонах питания прирост составил 14–36 %. Аналогичная тенденция отмечена по сбору кормовых единиц с 1 га пашни. Выращивание сельскохозяйственных культур в севооборотах позволяет выйти на уровень 3,6–4,2 тыс. корм. ед. даже без учета побочной продукции. Максимальный выход обменной энергии с урожаем в среднем за 4 года достигнут в зернотравяных севооборотах, на удобренных фонах питания он находился на уровне 38,0–48,1 ГДж/га. Наименьшие показатели получены на минеральном и органо-минеральном фонах в зернопаросидеральном севообороте. Наивысший коэффициент энергетической эффективности получен в зернотравяных севооборотах на минеральном фоне питания, его величина в среднем за 2011–2014 гг. составила 1,94–2,00 ед. Наименьший энергетический коэффициент достигнут на органо-минеральном фоне в зернопаротравяном севообороте, где использовался подстилочный навоз.

CROP ROTATION OF PRODUCTIVITY WHEN USING METHODS BIOLOGIZATION

P. A. POSTNIKOV,

candidate of agricultural sciences, head department of agriculture and kormoproizvodion, Ural research institute of agriculture

(620061, Ekaterinburg, Istok, Glavnaya str., 21; tel.: 8 (343) 252-71-44).

Keywords: dark-gray soil, crop rotation, nutrition background, green manure, straw, glue-ver, crops yields

Investigations were carried out on a dark gray forest soil in five fields rotations on three backgrounds food: extensive (without fertilizers), the ecologically and biological. The systematic application of organic fertilizers reduced the density of the soil in the plow layer at 0.05–0.09 g / cm³, and raised biological activity – by 10–12 % and reserves of productive moisture – 5.4–8.3 mm compared to the natural level of fertility. The maximum gain of grain on average over 3 years in the third crop rotation obtained from fertilized backgrounds food when placing wheat after green manure fallow and barley – after annual grasses sniffy rape after mowing. Grain- fallow-green manure crop rotation without perennial grasses in the level of productivity of crops did not yield grain-grass crop rotation. Saturation of the share of spring grain and leguminous crops in grain- fallow-green manure crop rotation to 80 % provided the grain yield from 1 ha of crop rotation at the level of 2.51–2.69 t / ha, which is higher in relation to the grain-grass crop rotation on 10–36 %. Payback 1 kg of a.i. of fertilizers on average over three years was 8,6–16,1 kg of grain, the maximum recoil marked on mineral nutrition background in all of the studied crop rotations, for except grain-fallow-green manure crop rotation. Cultivation of clover in crop rotations contributed to the increase of dry matter yield with harvest crops on the natural background by 1.07–1.58 t/ha compared to the crop rotation without perennial legumes, fertilized backgrounds supply growth rate of 14–36 %. A similar trend was noted for the collection of fodder units per 1 ha of arable land. Growing crops in crop rotation allows to reach the level 3.6–4.2 thousand. Feed. u even excluding incidental products. The maximum yield of the exchange energy with the harvest an average of 4 years has been made in zernotravjanogo rotations fertilized backgrounds food he was on the level of 38,0–48,1 GJ / ha lowest rates obtained with mineral and organic-mineral backgrounds in zernoparosideralnom rotation. The highest energy efficiency ratio obtained in zernotravjanogo rotations on mineral nutrition background, its value is the average for the years 2011–2014. amounted to 1.94–2.00 units. The lowest power efficiency achieved in the organo-mineral background in zernoparotravyanom rotation, where it was used litter manure.

Положительная рецензия представлена Ю.А. Овсянниковым, доктором сельскохозяйственных наук, профессором кафедры пищевой инженерии Уральского государственного экономического университета.



На современном этапе функционирования сельского хозяйства немаловажное внимание уделяется биологизации земледелия [1, 2]. Повышение продуктивности пашни и сохранения плодородия пахотных земель осуществляется за счет активизации биологических ресурсов. Возврат питательных веществ в почву происходит в процессе ежегодного поступления свежего органического вещества, активизации почвенной микрофлоры. Все агротехнические и биологические мероприятия осуществляются через биологизированные севообороты, основой которого является плодосмен [3, 4, 5, 6]. Особая роль в биологизации земледелия принадлежит многолетним травам и сидеральным парам [7, 8].

Цель и методика исследований. Цель исследований – выявить воздействие различных систем удобрения на урожайность зерновых культур и продуктивность севооборотов.

В ФГБНУ «Уральский НИИСХ» с 2002 г. проводится изучение полевых севооборотов с максимальной ориентацией на биологические факторы. В третьей ротации севообороты изучаются по следующим схемам: 1) зернопаротравяной – чистый пар, озимая рожь, ячмень с подсевом трав, клевер 1 г.п., пшеница; 2) зернопаросидеральный (без многолетних трав) – сидеральный пар (рапс), пшеница, овес, горох, ячмень; 3) зернотравяной (бобовые культуры – 40 %) – горох, пшеница с подсевом трав, клевер 1 г.п., ячмень, овес; 4) зернотравяной с насыщением многолетних трав 20 % – однолетние травы + поукосно рапс, ячмень с подсевом трав, клевер 1 г.п., пшеница, овес; 5) зернотравяной с насыщением мн. трав 40 % – ячмень с подсевом трав, клевер 1 г.п., клевер 2 г.п., пшеница, овес.

Почва опытного участка – темно-серая, лесная, тяжелосуглинистая, с содержанием гумуса 4,67–5,06 %, легкогидролизующего азота – 136–181 мг, подвижного фосфора – 206–268, обменного калия – 150–168 мг/кг почвы, сумма поглощенных оснований – 27,6–33,9 мг-экв. на 100 г почвы, $pH_{\text{СОЛ}}$ – 4,9–5,1.

Изучение севооборотов проводится на трех фонах питания.

1. Экстенсивный (без удобрений).

2. Экологический – с применением умеренных норм минеральных удобрений из расчета на 1 га севооборотной площади N30P30K36.

3. Биологический – с использованием навоза, сидератов, соломы на фоне минеральных удобрений N24P24K30.

Метеоусловия в 2011–2014 гг. заметно отличались от средне многолетних показателей. Из всех лет наблюдений наиболее благоприятные условия для развития и роста сельскохозяйственных культур отмечены в 2011 г. Выпадение осадков в июне на уровне 147 % от нормы обеспечило достаточную продуктивность стеблестоя зерновых культур, несмотря на жаркую погоду во второй половине лета. В 2012 г. наблюдались засушливые условия в период активной вегетации изучаемых культур, гидротермический коэффициент за вегетационный период составил 1,10 ед. В 2013 г. также отмечен недостаток влаги, особенно в начале лета. В 2014 г. сложились избыточно увлажненные условия с недостатком тепла, ГТК равнялся 2,1 ед.

Результаты исследований. Во всех севооборотах при применении различных видов органических удо-

брений выявлена тенденция увеличения количества агрономически ценных агрегатов. Содержание воздушно-сухих агрегатов (сухое просеивание) диаметром от 0,25 до 10 мм под культурами севооборотов при применении удобрений возросло на 4,1–8,7 % по отношению к неудобренному фону (67,8 %). Наилучшие показатели отмечены в зернопаросидеральном севообороте с рапсом.

Анализируя данные по плотности пахотного горизонта, авторы могут отметить, что замена чистого пара сидеральным позволила иметь под культурами севооборота на органо-минеральном фоне объемную массу на уровне 1,08–1,09 г/см³. На естественном фоне плодородия во всех изучаемых севооборотах, где поступление растительной массы ограничено только пожнивными корневыми остатками, этот показатель находился в пределах 1,13–1,17 г/см³.

Наблюдения в течение 2011–2014 гг. показали, что внесение сидератов, соломы и запашка отавы клевера оказывало благоприятное воздействие на изменение водного режима темно-серой лесной почвы. Так, перед посевом яровых зерновых культур на органо-минеральном фоне запасы продуктивной влаги в слое 0–50 см увеличились на 5,4–8,3 мм по отношению к другим фонам питания. Аналогичная тенденция сохранялась в первой половине вегетации растений. Улучшение физических и биологических свойств почвы способствовало увеличению запасов минерального азота в пахотном слое по сравнению с естественным фоном. Установлено, что при запашке сидератов и соломы в зернопаросидеральном и зернотравяном (20 % мн. трав) севооборотах выявлена тенденция повышения запасов $NO_3 + NH_4$ по отношению к севообороту с двумя полями клевера.

Результаты полевых исследований выявили, что, благодаря запашке зеленой массы сидеральной культуры на уровне 20–22 т/га в паровом поле, в почву дополнительно поступает в среднем на 1 га севооборотной площади около 20,6 кг азота, фосфора – 8,0 и калия – 23,6 кг. Поступление легкоусвояемых элементов питания позволяет поддерживать высокую продуктивность зерновых культур в севообороте даже без многолетних трав. Так, в зернопаросидеральном севообороте с рапсом среднегодовой урожайности яровых зерновых составила 3,25–3,36 т/га (табл. 1). Следует заметить, что при наличии двух полей клевера по мере удаления от пласта многолетних трав сбор зерна с яровыми зерновыми культурами снижался. Наибольшая среднегодовая урожайность на удобренных фонах достигнута в зернопаротравяном за счет более высокой продуктивности озимой ржи в изучаемые годы. Наименьший урожай зерновых получен в зернотравяном (бобовые культуры 40 %), главным образом из-за невысокой продуктивности гороха.

Максимальный выход зерна с 1 га севооборотной площади получен в зернопаросидеральном и зернотравяном (бобовые 40 %) севооборотах, где за счет включения гороха насыщенность зерновыми составила 80 %. По отношению к другим севооборотам с насыщением зерновых культур 60 % сбор зерна увеличился на 14–35 %. Самая высокая окупаемость внесенных удобрений достигнута на минеральном фоне питания во всех изучаемых севооборотах, максимум в зернопаротравяном. При сочетании минеральных и органических удобрений отдача от 1 кг д.в. варьировала на уровне 8,6–13,0 кг зерна.

Таблица 1

Среднегодовая урожайность зерновых культур в севооборотах и окупаемость 1 кг д.в., 2011–2014 гг.

Севооборот	Фон питания	Среднегодовая урожайность зерновых культур, т/га	Выход зерна с 1 га севооборотной площади, т/га	Окупае-мость 1 кг д.в., кг зерна
Зернопаротравяной	1	2,40	1,44	
	2	3,85	2,31	16,1
	3	3,92	2,35	8,9
Зернопаросидеральный (без мн. трав)	1	2,25	1,80	-
	2	3,25	2,60	9,0
	3	3,36	2,69	9,1
Зернотравяной (бобовые культуры 40 %)	1	2,18	1,74	-
	2	3,14	2,51	10,7
	3	3,14	2,51	8,6
Зернотравяной с насыщением многолетними травами 20 %	1	2,34	1,40	-
	2	3,50	2,10	12,9
	3	3,48	2,09	9,8
Зернотравяной с насыщением многолетними травами 40 %	1	2,21	1,33	-
	2	3,45	2,07	13,8
	3	3,41	2,05	13,0
НСР ₀₅ фон питания		0,58		
НСР ₀₅ севооборот		Fф < Fт		

Таблица 2

Агроэнергетическая продуктивность севооборотов, 2011–2014 гг.

Севооборот	Фон питания	Выход с 1 га			
		сухого вещества, т	кормовых единиц, тыс.	протеина, кг	обменной энергии, ГДж
Зернопаротравяной	1	2,83	2,64	248	26,0
	2	3,73	3,59	313	34,8
	3	3,81	3,66	314	35,3
Зернопаросидеральный	1	1,94	2,33	171	18,7
	2	2,89	3,03	280	27,4
	3	2,92	3,09	280	28,5
Зернотравяной (бобовые 40 %)	1	2,43	2,84	287	27,4
	2	3,05	3,66	361	35,5
	3	2,84	3,46	326	33,4
Зернотравяной с насыщением многолетними травами 20 %	1	3,07	2,96	306	30,1
	2	3,95	4,16	407	48,1
	3	3,64	3,82	369	38,7
Зернотравяной с насыщением многолетними травами 40 %	1	3,01	3,07	317	31,3
	2	3,54	3,95	392	39,2
	3	3,34	3,74	386	38,0
НСР ₀₅		0,67	0,56	72	1,25

Анализируя данные по выходу сухого вещества с урожаем сельскохозяйственных культур, можно констатировать, что наименьшие показатели получены в зернопаросидеральном севообороте, где часть урожая использовалась на удобрение (табл. 2). Максимальный выход сухой массы с урожаем достигнут в зернотравяном севообороте с насыщением многолетних бобовых трав 20 % на минеральном фоне питания. В севооборотах на органо-минеральном фоне, где запахивались поукосный рапс или отава клевера на сидерат сбор сухого вещества снижался на 0,20–0,31 т/га.

Аналогичная закономерность отмечена по сбору кормовых единиц с урожаем культур севооборотов,

в среднем за 4 года, на удобренных фонах питания в зависимости от возделываемых культур он колебался от 3,46 до 4,16 тыс. Наибольший выход кормовых единиц получен в зернотравяном севообороте с насыщением многолетних трав 20 %.

Ввиду неблагоприятных условий в июне, в первую очередь из-за высоких температур воздуха, урожайность клевера в 2011–2013 гг. не превышала 15–25 т/га, что отрицательно сказалось на общем сборе переваримого протеина с урожаем сельскохозяйственных культур. В зависимости от фона питания выход протеина в зернотравяных севооборотах варьировал на уровне 238–407 кг/га. Максимальный сбор протеина получен на минеральном фоне питания в зер-



нотравяном севообороте с насыщением многолетних трав 20 %. Из изучаемых культур в севооборотах наибольший выход протеина с урожаем обеспечил клевер, его величина была на уровне 778–889 кг/га. По другим культурам этот показатель был ниже в 1,6–3,1 раза.

Максимальный выход обменной энергии с урожаем в среднем за 4 года достигнут в зернотравяных севооборотах, на удобренных фонах питания он находился на уровне 38,0–48,1 ГДж/га. Наименьшие показатели получены на минеральном и органо-минеральном фонах в зернопаросидеральном севообороте. Энергетическая оценка севооборотов показала, что внедрение сидеральных паров и использование соломы в качестве удобрения снижает общие затраты на возделывание сельскохозяйственных культур на 6–18 % по сравнению с навозной системой удобрения. Наличие чистого пара без внесения навоза в севообороте позволяет минимизировать затраты на минеральном фоне.

Анализируя структуру затрат на возделывание сельскохозяйственных культур, авторы могут отметить, что наибольшим колебаниям подвержена доля затрат на удобрения. Так, на минеральном фоне доля затрат на удобрения составила 12,4–16,0 %, а на органо-минеральном – от 14,5 до 23,2 %. Включение в севообороты однолетних трав, поукосно рапс привело к росту затрат на семена. Данная закономерность отмечена на удобренных фонах питания. Анализ данных по энергоемкости продукции свидетельствовал,

что в среднем за 4 года минимальные показатели получены в зернотравяных севооборотах на минеральном фоне. При использовании органических удобрений отмечена тенденция повышения энергоемкости продукции, особенно при использовании навоза в чистом пару.

Определение коэффициента энергетической эффективности (КЭЭ) показало, что наивысший показатель получен в зернотравяных севооборотах на минеральном фоне питания, его величина в среднем за 2011–2014 гг. составила 1,94–2,00 ед. Наименьший энергетический коэффициент достигнут на органо-минеральном фоне в зернопаротравяном севообороте, где использовался подстилочный навоз.

Выводы. На основании четырехлетних исследований в третьей ротации биологизированных севооборотов установлено, что сочетание минеральных и органических удобрений обеспечило улучшение агрофизических свойств темно-серой почвы. Применение минеральных удобрений и их сочетаний с сидератами, соломой способствовало получению дополнительного сбора зерна в пределах 0,96–1,52 т/га по отношению к неудобренному фону. Окупаемость 1 кг д.в. внесенных удобрений в среднем за ротацию составила 8,6–16,1 кг зерна, максимум отдачи отмечен на минеральном фоне питания. За счет освоения биологизированных севооборотов и использования сидератов, соломы в качестве удобрения возможно обеспечение продуктивности пашни на уровне 3,5–4,2 тыс. корм. ед.

Литература

1. Система биологизации земледелия в Нечерноземной зоне (Научно-практические рекомендации на примере Владимирской области) / Под общей ред. А. И. Еськова. М. : ФГНУ «Росинформагротех», 2007. 296 с.
2. Зезин Н. Н., Постников П. А. Сохранение плодородия почв через биологизацию земледелия // Нива Урала. 2012. № 9/10. С. 6–7.
3. Козлова Л. М., Абашев В. Д. Совершенствование полевых севооборотов для адаптивного земледелия // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2004. № 6. С. 26.
4. Лошаков В. Г. Севообороты и плодородие почвы. М., 2012. 512 с.
5. Замятин С. А., Измest'ев В. М. Влияние полевых севооборотов на баланс азота в почве // Аграрная наука Северо-Востока. 2013. № 3 (34). С. 39–43.
6. Постников П. А. Севообороты – основа адаптивного земледелия // Состояние и пути повышения эффективности агрохимических исследований в Северо-Восточном и Уральском регионах : мат. Регионального совещ. научных учреждений – участников Геосети Северо-Восточного и Уральского регионов. М. : ВНИИА, 2013. С. 97–102.
7. Мингалев С. К., Лаптев В. Р. Влияние многолетних бобовых трав и способов их использования на урожайность культур севооборота // Аграрный вестник Урала. 2013. № 6 (112). С. 4–5.
8. Постников П. А. Роль паров в стабилизации урожайности зерновых культур и продуктивности севооборотов : Совершенствование системы земледелия Южного Урала // Мат. координационного совета по разработке и внедрению адаптивно-ландшафтных систем земледелия. Челябинск, 2012. С. 28–33.

References

1. The system of agriculture biologization in Non-Chernozem zone (Scientific and practical recommendations on the example of the Vladimir region) / ed. AI Eskova. M. : FGNU "Rosinformagroteh", 2007. 296 p.
2. Zezin N. N., Postnikov P. A. Soil conservation through agriculture biologization // Niva Urals. 2012. № 9/10. P. 6–7.
3. Kozlova L. M., Abashev V. D. Improving field rotations for ADAP-tive agriculture // Bulletin of the Russian Academy of Agricultural Sciences. 2004. № 6. P. 26.
4. Loshakov V. G. Crop rotation and soil fertility. M., 2012. 512 p.
5. Zamyatin S. A., Izmet'ev V. M. Influence of field rotations on nitrogen balance in the soil // Agricultural science Euro-North-East. 2013. № 3 (34). P. 39–43.
6. Postnikov P. A. Rotations – based on adaptive agriculture // Condition and ways to improve the agrochemical research in the North-East and Ural regions: mat. Regional soveshch. scientific established. – Participants GeoNetwork Northeastern and Ural regions. M. : VNIIA, 2013. P. 97–102.
7. Mingalev S. K., Laptev V. R. Influence of perennial legumes and methods of their use on crop rotation // Agrarian bulletin of the Urals. 2013. № 6 (112). P. 4–5.
8. Postnikov P. A. The role of the vapor in the stabilization of grain crop yield and productivity of crop rotations / Improvement of farming systems of the Southern Urals // Mat. Coordinating Council for the development and implementation of adaptive-landscape system, the agriculture. Chelyabinsk, 2012. P. 28–33.