УДК 631.454/.8

МИНЕРАЛЬНЫЕ И ОРГАНИЧЕСКИЕ УДОБРЕНИЯ АДАПТИВНЫХ СЕВООБОРОТОВ ВЕРХНЕВОЛЖЬЯ

Дроздов И.А., Тюлин В.А., Сутягин В.П.

ФГБОУ ВО «Тверская государственная сельскохозяйственная академия», Тверь, e-mail: sutiagin.victor2011@yandex.ru

На опытном поле Тверской ГСХА изучено влияние минеральных и органических удобрений на продуктивность и энергетический потенциал кормовых севооборотов с короткой ротацией. Наибольший энергетический потенциал пашни отмечается в зернопаротравяном севообороте, а меньший – при бессменном возделывании картофеля. Во всех изучаемых севооборотах, кроме бессменного картофеля, прибавка урожая культур от внесения удобрений несущественна и можно говорить только о тенденции её увеличения. Причина в том, что во всех севооборотах в почву в виде пожнивно-корневых остатков поступало в среднем до 6–7 т/га сухой массы органического вещества, что в пересчёте на условный навоз составляет 30–35 т/га навоза. В среднем за 7 лет исследований минеральные удобрения лучше используются вико-овсяной смесью и ячменём, а навоз крупного рогатого скота – озимой рожью и клевером. Наибольшая продуктивность отмечается в севообороте С6, где два поля клевера, два поля зерновых культур и одно поле пропашных (картофель). Меньшая продуктивность отмечается при бессменном возделывании картофеля С4. Плодосменный севооборот С1 продуктивнее зернотравяных севооборотов С2, С3, С5, но менее продуктивен, чем кормовой севооборот С6, что можно объяснить разнообразием видового состава культур и более интенсивным воздействием на почву. Следовательно, не только структура посевных площадей, но и чередование культур играет большую роль в продуктивности пашни. Коэффициент энергетической эффективности возделывания картофеля в севообороте без удобрений составляет 3,7, на фоне применения минеральных удобрений – 2,8, при внесении навоза 2,2. Коэффициент использования N мочевины различными травостоями колебался от 18,5 до 36,4. В звене полевого севооборота наиболее высокая прибавка урожая при применении птичьего помета, смеси торфа с пометом и навоза соломистого.

Ключевые слова: агроэкосистема, адаптивные севообороты, органические удобрения, минеральные удобрения, метод меченых атомов

MINERAL AND ORGANIC FERTILIZERS OF ADAPTIVE CROP ROTATIONS OF THE HIGH VOLGA REGION

Drozdov I.A., Tyulin V.A., Sutyagin V.P.

Tver State Agricultural Academy, Tver, e-mail: sutiagin.victor2011@yandex.ru

The effect of mineral and organic fertilizers on the productivity and energy potential of fodder crop rotations with a short rotation was studied in the experimental field of the Tver State Agricultural Academy. The largest energy potential of arable land is noted in the grain-and-steam crop rotation, and the smaller – with the permanent cultivation of potatoes. In all the studied crop rotations, in addition to permanent potatoes, the increase in the crop yield from fertilizer application is not significant and we can only talk about the tendency of its increase. The reason is that in all crop rotations in the soil in the form of stubble-root residues, an average of 6–7 t / ha of dry weight of organic matter came in, which translates into conditional manure of 30–35 t / ha manure. On average, for 7 years of research, mineral fertilizers are better used by the vico-axle mixture and barley, and the manure of cattle used by winter rye and clover. The highest productivity is reveiled in the rotation of C6, where two fields of clover, two fields of cereals and one field of tilled (potatoes). Less productivity is observed with the continued cultivation of potatoes C4. The crop rotation C1 is more productive than grain-crop rotations of C2, C3, C5, but less productive than the feed rotation of C6, which can be explained by the diversity of the species composition of the crops and the more intensive impact on the soil. Consequently, not only the structure of crop areas, but also the alternation of crops plays a large role in the productivity of arable land. The coefficient of energy efficiency of potato cultivation in crop rotation without fertilizers is 3.7, against the background of the application of mineral fertilizers – 2.8, with the application of manure – 2.2. The coefficient of N urea use by various herbs varied from 18.5 to 36.4. In the link of field crop rotation, the highest yield increment is when using bird droppings, a mixture of peat with bird droppings and straw manure.

Keywords: agro-ecosystem, adaptive crop rotations, organic fertilizers, mineral fertilizers, radioactive tracer method

Агроэкосистемы являются сбалансированной экологической системой. При интенсификации агротехнологий изменяется содержание гумуса в почве, его баланс [1–3]. Минимизировать разбалансированность агроэкосистем в Центральном Нечерноземье можно за счёт конструирования севооборотов [3–5]. Обращают на себя внимание исследования севооборотов с короткой ротацией. Их преимущество в мобильности, сокращении переходного периода при изменении конъюнктуры на продовольственном рынке. Кроме того, насыщение структуры посевных площадей севооборотов с короткой ротацией многолетними бобово-злаковыми травосмесями позволяет увеличивать количество пожнивно-корневых остатков.

Большой вклад в изучение агротехники возделывания основных культур, бессменных посевов, различных предшественников и видов севооборотов и севооборотных звеньев внесла Шатиловская опытная станция [6]. В исследованиях на темно-серой почве изучена эффективность полевых севооборотов с использованием приемов биологизации проведены в пятипольных севооборотах на трех фонах питания: естественный (без удобрений), минеральный и органо-минеральный показали повышение плодородия почвы и урожайности полевых культур [7].

В современном земледелии Центральной Нечернозёмной зоны необходимы севообороты с короткой ротацией. Многолетние травы в структуре посевных площадей играют особую роль. Современное состояние – более 60% занимают многолетние травы свыше трёх лет пользования. В настоящее время значение органического вещества почвы в снабжении сельскохозяйственных культур элементами питания не только снижается, а возрастает. Изучено влияние систем удобрения, технологий возделывания сельскохозяйственных культур в различных севооборотах и их роль в накоплении пожнивно-корневых остатков [8]. Установлено, что в 1980-х гг., когда вносились высокие нормы минеральных удобрений, наблюдалось ухудшение качества растениеводческой продукции [3, 4]. Ставится задача все большего обеспечения растений питательными веществами за счет почвенных запасов, которые связаны, прежде всего, с органическим веществом. Рациональное применение нетрадиционных форм органических удобрений (сидерат, солома) обеспечивает ведение экологически сбалансированного и безопасного земледелия за счет повышения устойчивости агробиоценозов к воздействию природных стресс-факторов [4, 7]. Важную роль в регулировании плодородия почвы играют послеуборочные растительные остатки, ценность которых зависит не только от массы и химического состава, но и от скорости разложения [2, 3, 9–11].

Систематическое применение органических и минеральных удобрений, выращивание многолетних бобовых трав способствует повышению исходного уровня окультуренности дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы, что обеспечивает устойчивую урожайность полевых культур при снижении степени деградации почвы до экологических нормативов [9, 10, 12]. Повышение продуктивности севооборотов возможно при адаптации агротехнологий к ландшафтным и погодным условиям [13–15].

Цель исследований – изучение влияния минеральных и органических удобрений на продуктивность и энергетический потенциал короткоротационных кормовых севооборотов Верхневолжья.

Исследования проводились с 1997 по 2010 гг. на опытном поле ТГСХА. В двухфакторном полевом опыте, заложенном в трёхкратной повторности методом расщеплённых делянок, изучалось шесть севооборотов на трёх фонах минерального питания (фактор А): С1 – 1) клевер, 2) картофель, 3) ячмень с подсевом клевера, 4) клевер, 5) озимая рожь с подсевом клевера; С2 – 1) клевер, 2) ячмень с подсевом клевера, 3) клевер, 4) озимая рожь; С3 – 1) клевер, 2) ячмень с подсевом клевера; С4 – 1) картофель бессменно; С5 – 1) клевер 1 г.п., 2) клевер 2 г.п., 3) озимая рожь, 4) ячмень; С6 – 1) занятой пар (вико-овес), 2) озимая рожь с подсевом клевера, 3) клевер, 4) ячмень на трёх фонах питания (фактор В): 1) без удобрений (0); 2) минеральные удобрения при норме по 25 кг/га д.в. N, P, K (NPK); 3) навоз по 5 т/га севооборотной площади (навоз). Норма минеральных удобрений рассчитана на продуктивность пашни 2,0–2,5 т/га. Норма навоза эквивалентна минеральным удобрениям по азоту. Проведен эксперимент по определению коэффициента использования *N* мочевины с помощью метода меченых атомов. Основное содержание гумуса находилось в пахотном горизонте (2,48%) и резко снизилось в горизонте A_2 достигнув 0,18%. Подвижные формы фосфора и калия находилось в горизонте $A_{пах}$ – 21,1 и 18,2 мг-экв. на 100 г почвы соответственно, их содержание снизилось в аллювиальном и вновь увеличилось в горизонте B_1. Органические удобрения в опыте 2 вносили из расчета 60 т/га физической массы, сбалансированных по углероду.

Изучение различных форм органических удобрений проводилось в трех мелкоделяночных опытах, площадью 0,65 га, который разбит на 40 делянок по 140 м^2, их расположение рендомизированное. Повторность 4-х кратная. Удобрения внесли из расчета 60 т/га физической массы. При отборе почвенных образцов руководствовались существующими инструкциями и ГОСТ (ГОСТ 28168-89), а при выполнении химических анализов пользовались общепринятыми в аналитической химии методами. Агроэнергетическую эффективность определяли по методике ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса. Технология возделывания культур в опытах общепринятая для Центральных районов Нечернозёмной зоны.

Исследования показали, что продуктивность пашни во многом зависит от севооборотов и структуры посевных площадей. Так, наибольшая продуктивность отмечается в севообороте С6, а меньшая – при бессменном возделывании картофеля С4. Установлено, что двупольный севооборот С3 (клевер – ячмень) уступает по продуктивности севооборотам С2 и С5, хотя во всех трёх севооборотах клевер занимает 50% пашни. Следовательно, не только структура посевных площадей, но и чередование культур играет большую роль в продуктивности пашни. Плодосменный севооборот С1 продуктивнее зернотравяных севооборотов С2, С3, С5, но менее продуктивен, чем кормовой севооборот С6, что можно объяснить разнообразием видового состава культур и более интенсивным воздействием на почву (табл. 1).

В С1, С2 и С6 наблюдается тенденция повышения продуктивности пашни при внесении органических удобрений, а в двупольном севообороте С3 – минеральных. При бессменном возделывании картофеля (С4) и двухгодичном использовании многолетних трав (С5) эффективность органических и минеральных удобрений одинакова. Следует отметить, что по всем севооборотам, кроме бессменного картофеля (С4), прибавка урожая культур от внесения удобрений несущественна и можно говорить только о тенденции её увеличения. Разнонаправленное действие удобрений определяется культурами, возделываемых в севооборотах.

Данные табл. 2 свидетельствуют о том, что в среднем за 7 лет исследований (1999–2005) минеральные удобрения лучше используются вико-овсом и ячменём, а навоз крупного рогатого скота – озимой рожью и клевером. В целом по культурам более эффективным удобрением в севообороте является навоз крупного рогатого скота. Анализ энергетических потоков свидетельствует, что коэффициент энергетической эффективности (КЭЭ) выше в посевах клевера и многолетних травах 1 г.п. Энергетический баланс возделывания полевых культур позволяет рассчитать предел урожайности, ниже которого производство продукции невыгодно, т.е. коэффициент энергетической эффективности < 1,0. Предел урожайности на фоне без удобрений составляет для зерновых 0,6…0,7 т/га (11,3–13,2 ГДж/га), клевера и многолетних трав на сено – 0,5…0,8 т/га (9,8–15,8 ГДж/га). Вычисление этих результатов исходит из сопоставления суммарных затрат энергии на возделывание конкретной культуры.

Таблица 1

Энергетический потенциал севооборотов на разных фонах питания, ГДж/га (1999–2005 гг.)

Севообороты	Фон			Среднее по фону	Доверительный интервал
	О	NPK	навоз		
С1	49,7	53,5	61,0	54,8	9,5
С2	46,9	48,0	51,0	48,8	9,8
С3	41,0	42,1	40,3	41,0	16,1
С4	23,2	25,1	24,6	24,4	1,1
С5	39,7	44,6	44,6	43,1	7,4
С6	72,2	76,0	81,3	76,5	11,7
Среднее по севооборотам	45,5	48,2	50,5	48,0	9,6
Доверительный интервал ±	9,3	8,9	10,8	9,6	9,3

Таблица 2

Энергетический эквивалент урожайности культур в зернотравяном севообороте, ГДж/га (1999–2005 гг.)

культура	фон				Доверительный интервал ±
	О	NPK	навоз	среднее	
Вико/овёс	75,5	76,4	82,6	78,2	4,4
Озимая рожь	58,5	65,8	63,5	62,6	4,2
Клевер	80,0	77,1	90,3	82,5	7,8
Ячмень	48,3	54,4	53,4	52,1	3,7
Среднее	71,3	73,1	78,8	74,4	–
Доверительный интервал ±	14,5	10,5	16,6	13,8	–

Таблица 3

Влияние вида органических удобрений на энергетический потенциал урожайности культур, ГДж/га (2008–2010 гг.)

Вариант	Картофель 2008 г.	Ячмень 2009 г.	Вико-овёс 2010 г.	среднее
1. Контроль (без удобрений)	55	56	86	66
2. Навоз бесподстилочный	69	65	131	88
3. Птичий помет	75	68	159	101
4. Торфо-навозный компост (ТНК)	68	63	124	85
5. Навоз соломистый	71	64	148	94
6. Торф	59	60	118	79
7. Сапропель	55	61	113	77
8. 0,5 торф + 0,5 навоз бесподстилочный	65	70	157	97
9. 0,5 торф + 0,5 помет	67	63	172	101
$НСР_{05}$ ГДж/га	9	4	19	11

Использование азота минеральных удобрений исследовалось методом радиоактивной метки. Коэффициент использования *N* мочевины тимофеечным травостоем в первом укосе составлял 36,4%, а во втором – 18,51%. В клеверо-тимофеечной смеси злаковый компонент во втором укосе использовал азот мочевины на 31,3%. Это объясняется тем, что клевер луговой активизировал жизнедеятельность почвенных микроорганизмов.

Эффективность удобрений во многом зависит от вида органического субстрата. Энергетический эквивалент урожайности культур за ряд лет, а также в целом за время проведения опыта свидетельствует о положительном действии всех изучаемых удобрений (табл. 3).

Наиболее заметной она оказалась на вариантах применения птичьего помета, смеси торфа с пометом и навоза соломистого. Тем не менее коэффициент энергетической эффективности картофеля в севообороте без удобрений составляет 3,7, на фоне применения минеральных удобрений – 2,8, при внесении навоза 2,2.

Выводы

1. Адаптивные севообороты с полями многолетних трав позволяют получать устойчивую продуктивность пашни без применения удобрений или при ограниченном их применении на уровне 45–51 ГДж/га, используя их способность подавлять сорную растительность и энергетический потенциал пожнивно-корневых остатков.

2. Наиболее эффективным удобрением в севообороте является навоз крупного рогатого скота, который повышает продуктивность пашни больше чем на 10%.

3. Исследования показали разную отзывчивость культур короткоротационного севооборота на удобрения. Минеральные удобрения лучше используются вико-овсом и ячменём, а навоз крупного рогатого скота – озимой рожью и клевером.

4. Применение птичьего помета, смеси торфа с пометом и навоза соломистого в пропашном звене севооборота эффективнее других органических удобрений, увеличивая энергетический потенциал агрофитоценозов на 41–50 ГДж/га.

Список литературы

1. Шрамко Н.В. Роль биологизированных севооборотов в изменении содержания гумуса в дерново-подзолистых почвах Верхневолжья / Н.В. Шрамко, Г.В. Вихорева // Земледелие. – 2016. – № 1. – С. 14–16.

2. Ковалев Н.Г. Баланс гумуса в агроландшафтном земледелии / Н.Г. Ковалев, В.А. Тюлин, Д.А. Иванов, В.П. Сутягин // Бюллетень ВИУА. – 2003. – № 119. – С. 77–78.

3. Сутягин В.П. Формирование устойчивой продуктивности в агрономии: монография / В.П. Сутягин, В.А. Тюлин. – Тверь: Тверская ГСХА, 2017. – 182 с.

4. Черкасов Г.Н. Основы модернизации севооборотов и формирования их систем в соответствии со специализацией хозяйств Центрального Черноземья / Г.Н. Черкасов, А.С. Акименко // Земледелие. – 2017. – № 4. – С. 3–5.

5. Сутягин В.П. Агроэкологические аспекты продукционного процесса в растениеводстве / В.П. Сутягин, В.А. Тюлин. – Тверь: Изд. «Агросфера», 2009. – 332 с.

6. Зотиков В.И. Вклад Шатиловской сельскохозяйственной опытной станции в изучение севооборотов, приёмов обработки почвы и применения гербицидов / В.И. Зотиков, З.А. Зарьянова // Земледелие. – 2016. – № 4. – С. 6–10.

7. Постников П.А. Продуктивность севооборотов при использовании приёмов биологизации / П.А. Постников // Аграрный вестник Урала. – 2015. – № 6 (136). – С. 20–23.

8. Драганская М.Г. Влияние систем удобрения на продуктивность севооборота возделывания культур // М.Г. Драганская, Н.М. Белоус, С.А. Бельченко // Агроконсультант. – 2011. – № 2. – С. 6–15.

9. Матюк Н.С. Роль сидератов и соломы в стабилизации процессов трансформации органического вещества

в дерново-подзолистой почве / Н.С. Матюк, О.В. Селицкая, С.С. Солдатова // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. – 2013. – № 3. – С. 63–74.

10. Тюлин В.А. Многолетние бобовые травы в агроландшафтах Нечерноземья / В.А. Тюлин, Н.Н. Лазарев, Н.Н. Иванова, Д.А. Вагунин. – Тверь: «Тверская ГСХА», 2014. – 234 с.

11. Дедов А.А. Влияние темпов разложения растительных остатков на лабильное органическое вещество почвы и урожайность культур севооборота / А.А. Дедов, М.А. Несмеянова, А.В. Дедов // Земледелие. – 2017. – № 4. – С. 6–9.

12. Матюк Н.С. Трансформация верхней части почвенного профиля дерново-подзолистых легкосуглинистых почв при длительном окультуривании (К 100-летию длительного опыта ТСХА) // Н.С. Матюк, М.А. Мазиров, Д.М. Кащеева // Известия тимирязевской сельскохозяйственной академии. РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. – 2012. – № 3. – С. 13–26.

13. Постников П.А. Роль паров в стабилизации плодородия почвы и урожайности зерновых культур в севооборотах / П.А. Постников // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2013. – № 6 (44). – С. 41–43.

14. Савоськина О.А. Пестрота почвенного покрова и урожайность многолетних трав на склонах различной крутизны / О.А. Савоськина // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. – 2012. – № 1. – С. 81–93.

15. Корчагин А.А. Ресурсы адаптации агротехнологий в различные по погодным условиям годы / А.А. Корчагин, Л.И. Ильин, М.А. Мазиров, Т.С. Бибик, Р.Д. Петросян, А.А. Марков, А.Р. Гаспарян // Земледелие. – 2017. – № 1. – С. 16–20.

References

1. Shramko N.V. Rol biologizirovannyh sevooborotov v izmenenii soderzhanija gumusa v dernovo-podzolistyh pochvah Verhnevolzhja / N.V. Shramko, G.V. Vihoreva // Zemledelie. 2016. no. 1. pp. 14–16.

2. Kovalev N.G. Balans gumusa v agrolandshaftnom zemledelii / N.G. Kovalev, V.A. Tjulin, D.A. Ivanov, V.P. Sutjagin // Bjulleten VIUA. 2003. no. 119. pp. 77–78.

3. Sutjagin V.P. Formirovanie ustojchivoj produktivnosti v agronomii: monografija / V.P. Sutjagin, V.A. Tjulin. Tver: Tverskaja GSHA, 2017. 182 p.

4. Cherkasov G.N. Osnovy modernizacii sevooborotov i formirovanija ih sistem v sootvetstvii so specializaciej hozjajstv Centralnogo Chernozemja / G.N. Cherkasov, A.S. Akimenko // Zemledelie. 2017. no. 4. pp. 3–5.

5. Sutjagin V.P. Agrojekologicheskie aspekty produkcionnogo processa v rastenievodstve / V.P. Sutjagin, V.A. Tjulin. Tver: Izd. «Agrosfera», 2009. 332 p.

6. Zotikov V.I. Vklad Shatilovskoj selskohozjajstvennoj opytnoj stancii v izuchenie sevooborotov, prijomov obrabotki pochvy i primenenija gerbicidov / V.I. Zotikov, Z.A. Zarjanova // Zemledelie. 2016. no. 4. pp. 6–10.

7. Postnikov P.A. Produktivnost sevooborotov pri ispolzovanii prijomov biologizacii / P.A. Postnikov // Agrarnyj vestnik Urala. 2015. no. 6 (136). pp. 20–23.

8. Draganskaja M.G. Vlijanie sistem udobrenija na produktivnost sevooborota vozdelyvanija kultur // M.G. Draganskaja, N.M. Belous, S.A. Belchenko // Agrokonsultant. 2011. no. 2. pp. 6–15.

9. Matjuk N.S. Rol sideratov i solomy v stabilizacii processov transformacii organicheskogo veshhestva v dernovo-podzolistoj pochvy / N.S. Matjuk, O.V. Selickaja, S.S. Soldatova // Izvestija Timirjazevskoj selskohozjajstvennoj akademii. RGAU-MSHA imeni K.A. Timirjazeva. 2013. no. 3. pp. 63–74.

10. Tjulin V.A. Mnogoletnie bobovye travy v agrolandshaftah Nechernozemja / V.A. Tjulin, N.N. Lazarev, N.N. Ivanova, D.A. Vagunin. Tver: «Tverskaja GSHA», 2014. 234 p.

11. Dedov A.A. Vlijanie tempov razlozhenija rastitelnyh ostatkov na labilnoe organicheskoe veshhestvo pochvy i urozhajnost kultur sevooborota / A.A. Dedov, M.A. Nesmejanova, A.V. Dedov // Zemledelie. 2017. no. 4. pp. 6–9.

12. Matjuk N.S. Transformacija verhnej chasti pochvennogo profilja dernovo-podzolistyh legkosuglinistyh pochv pri dlitelnom okulturivanii (K 100-letiju dlitelnogo opyta TSHA) // N.S. Matjuk, M.A. Mazirov, D.M. Kashheeva // Izvestija timirjazevskoj selskohozjajstvennoj akademii. RGAU-MSHA imeni K.A. Timirjazeva. 2012. no. 3. pp. 13–26.

13. Postnikov P.A. Rol parov v stabilizacii plodorodija pochvy i urozhajnosti zernovyh kultur v sevooborotah / P.A. Postnikov // Izvestija Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2013. no. 6 (44). pp. 41–43.

14. Savoskina O.A. Pestrota pochvennogo pokrova i urozhajnost mnogoletnih trav na sklonah razlichnoj krutizny / O.A. Savoskina // Izvestija Timirjazevskoj selskohozjajstvennoj akademii. RGAU-MSHA imeni K.A. Timirjazeva. 2012. no. 1. pp. 81–93.

15. Korchagin A.A. Resursy adaptacii agrotehnologij v razlichnye po pogodnym uslovijam gody / A.A. Korchagin, L.I. Ilin, M.A. Mazirov, T.S. Bibik, R.D. Petrosjan, A.A. Markov, A.R. Gasparjan // Zemledelie. 2017. no. 1. pp. 16–20.