УДК 631.582

КОНСТРУИРОВАНИЕ СЕВООБОРОТОВ В АДАПТИВНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ (НАУЧНЫЙ ОБЗОР)

Тюлин В.А., Сутягин В.П.

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

Научный обзор охватывает временной интервал с XVIII века по настоящее время, от паровой системы земледелия до конструирования севооборотов в адаптивно-экологическом земледелии. При почвенно-ландшафтной форме организации территории в основе лежат однотипные территории и технологические участки. По результатам микрорайонирования и агроэкологической оценки земель формируются агроэкологически однотипные севооборотные территории и однородные технологические участки. На основе биоэнергетической оценки культур, изучения продукционного процесса севооборотов в зависимости от эколого-ландшафтных условий, расчёта баланса энергетических потоков предложено конструировать адаптивно-экологические севообороты, определять тип и вид севооборота. В плодосменном севообороте приход энергии без учёта ФАР в 2,64–2,84 раза превышает её расход. В зернотравяном севообороте на фоне без применения удобрений приход в 5 раз больше расхода. Внесение минеральных и органических удобрений увеличивает приходную часть в 7,89 раза.

Ключевые слова: гумус в почве, энергетический эквивалент, биоэнергетическая оценка культур, энергетические потоки, производственные участки, севооборот, плодородие почв

CONSTRUCTION OF CROWNS IN ADAPTIVE-ECOLOGICAL AGRICULTURE (SCIENTIFIC REVIEW)

Tyulin V.A., Sutyagin V.P.

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

The scientific review covers the time interval from the XV century to the present, from the steam farming system to the construction of crop rotations in adaptive-ecological farming. With the soil-landscape form of the organization of the territory, one-type territories and technological areas are at the basis. Based on the results of micro-zoning and agro-ecological assessment of lands, agroecologically similar crop rotation areas and homogeneous technological areas are formed. Based on the bioenergetic assessment of crops, the study of the production process of crop rotations, depending on the ecological and landscape conditions, the calculation of the balance of energy flows, it is suggested to design adaptive-ecological crop rotations, to determine the type and type of crop rotation. In the rotational crop rotation, the arrival of energy without taking into account the phased array is 2.64–2.84 times its energy consumption. In grain-crop rotation on the background without the use of fertilizers, the inflow is 5 times the flow rate. The introduction of mineral and organic fertilizers increases the income part 7.89 times.

Keywords: humus in soil, energy equivalent, bioenergetic assessment of crops, energy flows, production sites, crop rotation, soil fertility

В настоящее время накоплен достаточно обширный материал по влиянию севооборотов на плодородие почвы и продуктивность культур. Роль севооборотов в земледелии изменяется в зависимости от уровня социально-экономического развития общества. Обращение к их проблеме возникает в переломные, критические периоды, когда техногенного вмешательства для повышения продуктивности пашни недостаточно или по каким-либо причинам оно ограничено. Залежная и переложная системы земледелия, в которых использовались простейшие чередования залежи или перелога с культурами, до определённого этапа развития общества удовлетворяли потребности человека в продуктах питания и в сырье для нужд людей. Своеобразный севооборот существовал до тех пор, пока не начался ощущаться дефицит в свободных площадях. А.Т. Болотов предложил паровую систему земледелия, которая позволяла более эффективно использовать сельскохозяйственные земли [1]. Д.Н. Прянишников сообщает, что введение плодосмена в Западной Европе позволило повысить урожайность пшеницы с 0,7…0,8 до 2,5…3,0 т/га [2].

В восьмидесятые годы прошлого столетия широко декларировалось введение севооборотов, но применение органических и минеральных удобрений, мелиорация почв и использование химических средств борьбы с сорняками, вредителями и болезнями позволяли относиться к севообороту достаточно вольно, постоянно нарушая схему чередования культур. В настоящее время опять вернулись к проблеме севооборотов в связи с ограниченными возможностями техногенного поддержания плодородия почв и повышения продуктивности пашни.

Значение севооборота, как фактора стабильности земледелия, изменяется в зависимости от зоны и уровня развития конкретного хозяйства. А.М. Тулайков [3] утверждал,

что в чернозёмной зоне при урожайности пшеницы 1,5 т/га севообороты не нужны. Повышение урожайности до 2,0…2,5 т/га уже требует чередования культур.

Севооборот часто входит в противоречие с рынком. Начиная с 1930-х гг. до 1990 года сельскохозяйственное производство работало по государственным плановым заданиям, что серьёзно тормозило внедрение севооборотов. Проблему частично можно было бы решить внедрением биологического земледелия, но низкая продуктивность пашни биологического земледелия сдерживает её распространение в странах Запада, где площади экологически чистого растениеводства составляют от 1…2 до 5…8 % [4, 5].

Необходимость чередования культур и причины, их вызывающие, в сельскохозяйственной науке и практике изучаются с момента появления земледелия как формы общественной деятельности. Накоплено значительное количество материала о влиянии севооборотов на свойства почвы и урожайность сельскохозяйственных культур. В большинстве случаев отмечается положительное влияние чередования культур на плодородие почвы с одновременным повышением продуктивности пашни. Тем не менее в большинстве случаев исследования севооборотов проводились с использованием высоких норм минеральных и органических удобрений, которые позволяли повышать их продуктивность и обеспечивали расширенное воспроизводство плодородия почвы.

В настоящее время при значительном расслоении по экономическим показателям и ограниченным возможностям использования удобрений, при нарушении границ землепользования многих хозяйств необходим другой подход к структуре посевных площадей и севооборотам. Одним из путей решения данной проблемы является внедрение севооборотов с короткой ротацией и включение многолетних бобовых трав, которые позволят решить некоторые вопросы плодородия почв и фитосанитарного состояния посевов. Имеются многочисленные исследования о положительном влиянии многолетних бобовых трав на продуктивность пашни при сохранении плодородия почв [6–10]. Положительное влияние многолетних трав отмечается и для зоны недостаточного увлажнения [11, 12].

Анализ научной литературы показывает необходимость дальнейшего изучения возможности биологизации земледелия в современных условиях, установления структуры посевных площадей, позволяющих разработать севообороты с короткой ротацией, которые позволят стабилизировать продуктивность пашни, поддерживать посевы на оптимальном фитосанитарном уровне и сохранять плодородие почв. При этом необходимо установить факторы, определяющие функционирование агроценозов в гомеостатическом состоянии, их количественные характеристики, закономерности формирования агрофитоценоза при биологизации земледелия, выявить наиболее эффективные способы применения минеральных удобрений, исследовать энергетические потоки при возделывании отдельной культуры и всего севооборота.

При почвенно-ландшафтной форме организации территории в основе лежат однотипные территории и технологические участки. Агроэкологически однотипной признают территорию однородную или слабо варьирующую по почвенно-гидрологическим, агрохимическим и технологическим параметрам.

В условиях Нечерноземной зоны одним из основных, трудно устраняемых факторов, определяющих контрастность агроэкологических видов земель, является различие территорий по водному режиму, типу их водного питания, водным свойствам почв и т.д. Поэтому формирование однотипных территорий на осушаемых землях должно проводиться в первую очередь по отношению к их водному режиму.

Во Всесоюзном научно-исследовательском институте мелиорируемых земель (ВНИИМЗ) изучена зависимость продукционного процесса сельскохозяйственных культур от агромикроландшафтных условий. Выявлены основные причины вариабельности урожайности и их устранение. С целью создания единого севооборотного массива из сопряженных агромикроландшафтов возможно применение глубокого рыхления почв. Размещение сельскохозяйственных культур зависит от агроландшафтных особенностей территорий: из зерновых культур озимая рожь обеспечивает наиболее устойчивую продуктивность. Интенсификация отдельных элементов системы земледелия повышает урожайность культур в зависимости от особенностей агромикроландшафтов [13]. На основе изучения элементов системы земледелия разработана типовая модель ландшафтно-мелиоративной системы земледелия [14].

Процессы перемещения вещества и энергии в пределах агроландшафтов зависят от условий слагающих их агромикроландшафтов, параметры которых определяют продуктивность культур и севооборотов. Продукционные процессы, складывающиеся в пределах нижней трети склона южной

экспозиции на плоской вершине и верхней части северного склона моренного холма, позволяют повысить урожайность культур и снизить энергетические затраты на возделывание до 20–40 % [15].

При определении баланса органического вещества почвы имеется определённая перспектива выражения приходной и расходной части органического вещества в энергетических величинах. В этом случае при расчёте коэффициентов минерализации и гумификации органического вещества будут использоваться сопоставимые величины. Кроме того, логически прямые кумулятивные затраты трудно назвать «затратами» в прямом смысле слова поскольку они пополняют энергетическую составляющую почвы.

Структура энергетических затрат позволит проследить потоки энергии в севооборотах и всесторонне проанализировать технологию возделывания культур. Создав банк данных, появится возможность разработки программирования урожайности полевых культур по приходу и расходу энергетических потоков.

По результатам исследований проведён всесторонний анализ потоков энергии в севооборотах с учётом поступления растительных остатков в почву и без них. Пример плодосменного севооборота показывает, что без учёта поступления растительных остатков не совсем логично объяснение, за счёт чего происходит формирование урожая культур без поступления энергии. Поэтому в дальнейшем расчёты проводились с учётом поступления растительных остатков в почву.

Данные показывают более реальные результаты, поскольку при любой технологии возделывания культур должны отражаться все составляющие баланса энергии. В плодосменном севообороте выдерживается баланс энергии приходной и расходной части. Структура энергетических затрат, представленная в данной работе, позволяет ввести новый оценочный показатель – коэффициент использования энергии почвы [КИЭП]. КИЭП даёт представление о производстве продукции на единицу кумулятивной энергии. В клеверах и многолетних травах 1 г.п. один МДж прямой кумулятивной энергии даёт от 1,1 до 1,6 МДж продукции в виде сена. Озимая рожь наименее эффективно использует энергетический материал почвы, где единица почвенной энергии создаёт от 0,14 до 0,24 МДж единиц энергии урожая в виде зерна.

На фоне применения минеральных удобрений клевера 1 г.п., многолетние травы 1 г.п. и ячмень хуже используют энергетический материал почвы, а в картофеле, мн. травах 2 и 3 г.п. и озимой ржи их эффективность увеличивается. Кроме посевов озимой ржи, все культуры на фоне внесения навоза повышают эффективность использования энергетического материала в виде органических удобрений и растительных остатков [8].

В целом по севообороту внесение минеральных и органических удобрений повышает использование энергетического материала почвы. В структуре затрат прямые кумулятивные затраты занимают более 90 %, косвенные кумулятивные – 4…6 %, косвенные технологические – 1…2 %.

Анализ данных зернотравяного севооборота показывает, что включение в расчёты растительных остатков резко снижает коэффициент энергетической эффективности [КЭЭ], но даёт более подробную информацию энергетических потоков в севообороте [8].

Расчёты показывают, что возделывание ячменя после многолетних трав третьего или четвёртого года пользования неэффективно потому, что при поступлении большого количества растительных остатков, представленных в основном узлами кущения, не происходит эквивалентное повышения урожайности ячменя. Причина в том, что растительные остатки мн. трав 3 и 4 г.п. плохо разлагаются в почве, мешают технологическим операциям при проведении обработки почвы и т.д.

По представленным результатам можно проследить, что увеличение срока пользования многолетними травами приводит к повышению доли прямых кумулятивных затрат, но снижению всех косвенных затрат.

Применение минеральных и органических удобрений также увеличивает прямые кумулятивные затраты. Соотношение структуры затрат во всех изучаемых севооборотах изменяется незначительно.

Энергетический баланс возделывания полевых культур позволяет рассчитать предел урожайности, ниже которого производство продукции невыгодно, т.е. коэффициент энергетической эффективности < 1,0. Поскольку технология возделывания культур в севооборотах была общепринятой для Центральных районов Нечернозёмной зоны, то результаты анализа можно распространить на весь регион.

Предел урожайности на фоне без удобрений составляет для зерновых 0,6…0,7 т/га, клевера и многолетних трав на сено – 0,5…0,8 т/га, клубней картофеля – 4,5…7,0 т/га. Вычисление этих результатов исходит из сопоставления суммарных затратах энергии на возделывание конкретной культуры.

Следовательно, для окупаемости энергозатрат необходимо получить 0,65 т/га зерна при его калорийности 19000 МДж/т. Предел урожайности при внесении удобрений трудно прогнозировать, так как он зависит от нормы их внесения, эффективности и т.д. [8]. Изучено дифференцированное распределение в течение вегетационного периода повышенных норм минеральных удобрений при получении экологически безопасной продукции [16].

В сельскохозяйственном производстве, кроме технологических затрат возделывания культур, существуют общехозяйственные расходы, величина которых составляет 15–20% от всех затрат. Следовательно, в производственных условиях энергетический предел урожайности составит для зерновых 0,7…0,9 т/га, для клевера 1 г.п. и многолетних трав 1 г.п. на сено – 0,6…0,9 т/га, для картофеля – 5,5…8,5 т/га.

Определённый интерес представляют результаты энергетического эквивалента баланса органического вещества в агроценозе, приходная часть которого представлена энергетическим эквивалентом гумуса в почве, минеральных и органических удобрений, растительных остатков, семян при посеве культур.

Разработана методика расчёта баланса энергетических потоков, что позволяет конструировать адаптивно-экологические севообороты. В приходную статью включаем надземную массу сидеральных и другие учтённые органические вещества. При анализе поступления энергии за ряд лет в приходной части целесообразно иметь поступление ФАР. В расходной статье учитывалась урожайность основной и побочной продукции, минерализованный гумус. Также при изучении баланса за ряд лет необходимо включать альбедо солнечной энергии [8].

В целом по плодосменному севообороту приход энергии без учёта ФАР в 2,64–2,84 раза превышает её расход. Наибольшая потеря энергии происходит в посевах картофеля. Включение в статьи прихода и расхода энергетической составляющей солнца сглаживает их вариабельность, но закономерности соотношения культур и фонов питания остаются прежними и различия между вариантами прослеживаются во втором – третьем знаке после запятой. В зернотравяном севообороте наблюдаются существенные различия приходной и расходной составляющей, как по культурам, так и по фонам питания.

Значительные превышения прихода над расходом установлены в травах 2, 3 г.п. и ячмене, благодаря снижению урожайности [на травах] или большому приходу растительных остатков (ячмень). В целом по зернотравяному севообороту на фоне без применения удобрений приход в 5 раз больше расхода. Внесение минеральных и органических удобрений увеличивает приходную часть в 7,89 раза.

Двупольный севооборот имеет промежуточное положение между плодосменным и зернотравяным. Очень несбалансированное значение энергетического эквивалента в бессменном картофеле, где приход всего в 1,34–1,81 раза больше расхода. Анализ данных позволил установить, что для бездефицитного баланса органического вещества в почве расходная часть энергетического баланса должна составлять не более 30% всей энергии. Увеличение расходной части свыше 30% приводит к тенденции повышения отрицательного баланса гумуса в севооборотах.

Агроэнергетический подход к анализу формирования продукционного процесса в фитоценозах и показателям плодородия почвы позволяет конструировать севообороты с учётом баланса энергии надземной и подземной массы растений. Универсальность метода заключается в том, что надземную массу культур, содержание гумуса в почве, пожнивно-корневые остатки в почве можно перевести в сопоставимые энергетические единицы. Продуктивность агроценозов можно повысить за счёт оптимизации ландшафта, т.е. необходимо провести комплекс мероприятий по сохранению или модификации существующих или формированию новых связей между различными составляющими ландшафта.

Заключение

Конструированию севооборотов в адаптивно-ландшафтном земледелии предшествует выделение агроэкологически однотипных территорий и технологических участков. По данным биоэнергетической оценки культур, влияния ландшафтно-экологических условий на продуктивность севооборотов, расчёта баланса энергетических потоков определяется тип и вид севооборота.

Список литературы

1. Болотов А.Т. Избранные труды / А.Т. Болотов. – М.: Агропромиздат, 1988. – 324 с.

2. Прянишников Д.Н. Об удобрении полей и севооборотах / Д.Н. Прянишников. – М.: Изд. МСХ РСФСР, 1962. – С. 324.

3. Тулайков Н.М. Избран. Произведения / Н.М. Тулайков. – М.: Сельхозиздат, 1963. – 312 с.

4. Жученко А.А. Адаптивное растениеводство / А.А. Жученко. – Кишинёв, Штиница, 1990. – 432 с.

5. Саранин Е.К. Биологизация земледелия теория и практика / Е.К. Саранин. – М.: Изд. «ИКАР», 1996. – 130 с.

6. Кульбида В.В. Альтернативное земледелие, его возможности и перспективы В.В. Кульбида, В.А. Бородин // Земледелие. – 1994. – № 5. – С. 16–18.

7. Маркин Б.К. Лучше использовать ресурсы / Б.К. Маркин // Земледелие. – 1997. – № 6. – С. 6–7.

8. Сутягин В.П. Принципы формирования устойчивости агрофитоценозов адаптивно-ландшафтного земледелия / В.П. Сутягин. – 2006. – 287 с.

9. Самсонов В.П. Роль многолетних трав в интенсификации земледелия в Белоруссии / В.П. Самсонов, П.И. Никончик, Н.И. Кривеня // Земледелие. – 1987. – № 3. – С. 24–26.

10. Хохлов В.И. Многолетний люпин повышает плодородие почвы / В.И. Хохлов // Земледелие. – 1990. – № 1. – С. 37–39.

11. Амиров М.Б. Эффективность полевых севооборотов и системы удобрения в них // М.Б. Амиров, Р.А. Садыков // Земледелие. – 1990. – № 6. – С. 59.

12. Коломейченко В.В. Многолетние травы: возможности и проблемы / В.В. Коломейченко // Земледелие. – 1997. – № 6. – С. 19.

13. Тюлин В.А. Дифференциация агроприемов в условиях ландшафтного земледелия / В.А. Тюлин, О.В. Карасева, Л.И. Петрова, Р.А. Салихов, Д.А. Иванов // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2001. – № 3. – С. 61–63.

14. Ковалев Н.Г. Формирование адаптивно-ландшафтной системы земледелия / Н.Г. Ковалев, В.А. Тюлин, Д.А. Иванов // Земледелие. – 1999. – № 5. – С. 22–23.

15. Тюлин В.А., Продуктивность сельскохозяйственных культур в различных микроландшафтах / В.А. Тюлин, Д.А. Иванов, Л.И. Петрова, Р.А. Салихов // Земледелие. – 2000. – № 2. – С. 18–19.

16. Мерзлая Г.Е. Влияние числа укосов и распределения сезонной нормы азота на продуктивность злакового травостоя в условиях Калининской области / Г.Е. Мерзлая, В.А. Тюлин, С.М. Нечушкин, В.В. Тельбиз // Известия ТСХА. – 1982. – Вып. 5. – С. 35–39.