ЭКОЛОГИЯ

УДК 631.45

ЭФФЕКТИВНОЕ ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ И ПРИМЕНЕНИЕ ЗЕЛЕННЫХ УДОБРЕНИЙ ДЛЯ ЕГО УЛУЧШЕНИЯ

Г.А. Сатаров

Ульяновский государственный университет

В работе рассмотрены основные причины снижения эффективного плодородия почв и проявления некоторых признаков почвоутомления. Приведены результаты исследований по использованию разных по биологии и накоплению органической массы зеленых удобрений (сидератов) и их влиянию на основные показатели плодородия почв. Изложены оптимальные пути улучшения агрохимических, биологических свойств почвы и экологии в системе «почва – растения» с минимальными затратами.

Ключевые слова: почва, эффективное и потенциальное плодородие, севооборот, пищевой режим, биологическая активность, зеленые удобрения (сидераты), биомасса.

Введение. Плодородие почвы – это способность почвы удовлетворять потребность растений в элементах питания, во влаге и воздухе, а также обеспечивать условия для их нормального роста и развития и формирования урожая сельскохозяйственных культур.

Различают два вида плодородия почв: потенциальное и эффективное. Потенциальное (естественное) плодородие определяется общим запасом в почве питательных веществ, влаги и другими факторами жизни растений.

Эффективное (экономическое) плодородие – это возможность использования элементов плодородия растениями в отдельно взятом году. Оно зависит прежде всего от проведения всего комплекса агротехнических мероприятий. При большом потенциальном плодородии почв эффективное может быть и небольшим, и, наоборот, при соответствующем уровне агротехники можно обеспечить высокое эффективное плодородие даже низкоплодородных почв. Эффективное плодородие – это очень динамичное свойство почвы, способное быстро изменяться под влиянием

природных условий, агротехнических приемов и состояния окружающей среды.

К важнейшим факторам эффективного плодородия относятся:

- содержание необходимых для растений питательных веществ в легкодоступной форме;
- наличие доступной для растений продуктивной влаги в достаточном количестве;
- высокая аэрация почвы как важное условие развития корневых систем;
- наличие микроорганизмов, обеспечивающих разложение растительной массы и накопление питательных веществ в усвояемой форме;
- механический состав, структура и строение почв.

Сумма этих свойств определяет уровень культурного состояния почвы. Все элементы почвенного плодородия взаимосвязаны и зависят от факторов почвообразования, в частности климатических условий зоны, почвообразующих пород, естественной и культурной растительности, рельефа местности, интенсивности использования пашни и экологии.

В почвах с невысоким естественным плодородием выделяют освоенные и окультуренные разности. Освоенные почвы формируются в условиях низкой агротехники и при отсутствии удобрений. Окультуренные почвы формируются при правильном чередовании культур в севообороте, высокой агротехнике, регулярном внесении расчетных доз органических и минеральных удобрений, а также химических средств защиты.

Процесс, противоположный окультуриванию, называется выпахиванием. Выпахивание – снижение уровня эффективного плодородия пахотных почв, ухудшение агрофизических, агрохимических и физико-химических свойств в результате использования их при низком уровне поступления органического вещества в течение ряда лет. В выпаханных почвах часто проявляется резкое снижение эффективного плодородия почв, что становится предвестником почвоутомления.

По данным некоторых ученых, почвоутомление наступает в результате одностороннего выноса питательных веществ, недостатка разнокачественной органической массы, нарушения пищевого режима почвы, разрушения структуры и различных свойств почвы, развития фитопатогенной микрофлоры, подкисления почвенного раствора и накопления фитотоксичных веществ в почве [1, 9, 21]. Поэтому почвоутомление можно рассматривать как результат нарушения экологического равновесия в системе «почва – растение» или как отрицательный комплексный фактор снижения эффективного плодородия почвы [1, 6].

Почвоутомление как многофакторное явление нарушения экологического баланса чаще всего проявляется в агроценозах [9, 17, 23].

Знание механизма возникновения и разработка приемов устранения почвоутомления весьма необходимы в решении проблемы повышения урожайности сельскохозяйственных культур и воспроизводства потенциального и эффективного плодородия почвы.

В современной земледелии возделывание сидеральных культур (зеленых удобрений) является одним из важных способов регулирования показателей эффективного плодородия почв и может быть важной мерой

борьбы с почвоутомлением [2, 3, 7, 15, 23]. В качестве сидератов могут использоваться одно-, двухлетние растения, обладающие мощной корневой системой и большой надземной растительной массой. Сидераты, или зеленые удобрения, обогащают почву в первую очередь органическими веществами, макро- и микроэлементами [4, 14, 22]. По эффективности они не уступают классическим органическим удобрениям – навозу, компосту.

В последние годы использование сидератов становится все более популярным средством подавления основных факторов снижения эффективного плодородия, значительного обогащения почвы свежим, легко разлагаемым органическим веществом, не требующим значительных финансовых затрат и физических усилий для их возделывания [8, 11, 15]. Научной и передовой практикой предложено множество видов сидеральных культур, применение которых в зависимости от зоны по-разному влияет на основные показатели плодородия почв [13, 24].

Цель исследования. Дать оценку действия разных сидеральных культур на отдельные факторы эффективного плодородия и возвращение в устойчивое состояние экологической системы «почва – растения».

Материалы и методы. Материалом для исследований послужили разные зеленые удобрения (сидераты), изучаемые в полевых опытах.

Опыты по изучению действия зеленых удобрений (сидератов) на основные показатели эффективного плодородия почвы проводились в паровом звене зернопаропропашного севооборота в четырехкратной повторности.

Почвы опытного участка – чернозем выщелоченный, тяжелосуглинистый.

Действие разных зеленых удобрений изучалось в сравнении с навозом.

В качестве абсолютного контроля служил чистый пар без удобрений.

Для создания фона существенного снижения эффективного плодородия до закладки опытов в течение трех лет на этой площади возделывалась монокультура – ячмень. Ежегодный выборочный поделяночный учет урожая этой культуры показал, что средняя урожайность по годам снижалась и состави-

ла: 1 год – 30,2 ц/га, 2 год – 21,6 ц/га и 3 год – 15,6 ц/га. Буквально за три года возделывания монокультуры урожайность ее снизилась почти в два раза (на 49,5 %).

Известно, что в качестве зеленых удобрений (сидератов) могут быть использованы разные растения, принадлежащие разным семействам и отличающиеся по биологии, химическому составу, поэтому были выбраны и включены в схему опыта не только бобовые как культуры, богатые азотом, но и крестоцветные культуры, формирующие хорошую биомассу.

Схема опыта:

1. Чистый пар (контроль).
2. Чистый пар + навоз 50 т/га.
3. Сидеральный пар (донник).
4. Сидеральный пар (эспарцет).
5. Сидеральный пар (редька масличная).
6. Сидеральный пар (рапс).
7. Сидеральный пар (горох).
8. Сидеральный пар (викоовсяная смесь).

Организация полевых опытов, проведение наблюдений и лабораторных анализов осуществлялись по общепринятым методикам [5, 18].

Известно, что одним из основных показателей, характеризующих степень изменения эффективного плодородия, является снижение биологической активности почвы [10]. В опытах этот показатель определялся методом разложения клетчатки (льняных полотен) за период вегетации сельскохозяйственных культур на глубине пахотного горизонта.

Учеты биомассы сидеральных культур проводились поделочно методом учетных площадок размером 50 м². После учета вся сидеральная масса подвергалась измельчению дисковыми боронами и запахивалась плугом. Количество корневых остатков оценивалось путем отмывания монолитов, отобранных на глубине пахотного горизонта (0–30 см). В связи с высокой значимостью роли свежей растительной массы сидеральных культур в регулировании процесса изменения эффективного плодородия определялось не только их количество, но и химический состав. В отобранных образцах сидеральной культуры определялось содержание

сухого вещества и основных элементов минерального питания растений, характеризующих эффективное плодородие почв, в агрохимической лаборатории массовых анализов общепринятыми методами [5, 18].

Результаты и обсуждение. Современный этап развития сельского хозяйства в зоне Среднего Поволжья характеризуется неурегулированным балансом органического вещества в землепользовании. Установившиеся рыночные отношения на данном этапе не обеспечили благоприятные условия для повышения продуктивности сельскохозяйственных культур. Перевод производственных отношений сельскохозяйственных предприятий на рыночные рельсы негативно отразился на земледелии. При этих условиях совершенствование системы земледелия пошло по пути упрощения технологий, что в конечном итоге привело на путь экстенсивного его развития, что предполагает отказ от научно обоснованных севооборотов, сбалансированного применения органических и минеральных удобрений и химических средств защиты. Все это буквально за короткий срок способствовало ухудшению физических свойств почвы, накоплению сорной растительности, инфекционного начала, снижению эффективного плодородия и локальному проявлению процессов почвоутомления.

Сегодня становится очевидным, что единственно верным выходом из сложившейся тупиковой ситуации является использование зеленых удобрений, с помощью которых можно решить вопросы регулирования уровня эффективного плодородия, почвоутомления и улучшения экологии в системе «почва – растения» малыми ресурсозатратами. В связи с этим были проведены соответствующие исследования по изучению влияния на плодородие почв разных видов зеленых удобрений (сидеральных культур) в звене зернопаропропашного севооборота.

Исследования показали, что за период вегетации ряда сидеральных культур формируется разное количество биомассы. В среднем за три года исследований наибольший выход воздушно-сухой биомассы обеспечил эспарцет песчаный – 7,0 т/га, в т.ч. 5,8 т/га – надземной массы, 1,2 т/га – корневых остатков. Донник лекарственный, редька маслич-

ная, рапс, горох, викоовсяная смесь обеспечили соответственно 6,3; 5,7; 3,8; 5,1; 5,7 т/га, в т.ч. 5,1; 4,8; 3,0; 4,2; 4,7 – надземной массы и 1,2; 0,9; 0,8; 0,9; 1,0 т/га – корневой массы в пахотном горизонте (табл. 1).

Как видно из табл. 1, в общей биологической массе на долю корневых остатков в па-

хотном горизонте приходится 18,9–26,6 %. В целом, по накоплению корневой массы разные культуры существенно различаются. В этом отношении преимущество остается за донником лекарственным и эспарцетом песчаным.

Таблица 1

Формирование биомассы разными сидеральными культурами

Варианты	Масса воздушно-сухого вещества, т/га	
	надземная	корневая
Донник лекарственный	5,1	1,2
Эспарцет песчаный	5,8	1,2
Редька масличная	4,8	0,9
Рапс	3,0	0,8
Горох	4,2	0,9
Викоовсяная смесь	4,7	1,0
Р, %	2,79	3,64
НСР ₀₅ , т/га	3,64	1,35

С общей биомассой разных зеленых удобрений в почву поступает 60–138 кг/га азота, 23–57 кг/га – фосфора, 166–333 кг/га – калия. Первенство в этом ряду отводится бобовым культурам, в частности эспарцету пес-

чаному и доннику лекарственному, с которыми поступает в почву 136–138 кг/га азота, 37–58 кг/га фосфора, 288–326 кг/га калия (табл. 2).

Таблица 2

Количество основных биофильных элементов, поступающих в почву с навозом и биомассой зеленых удобрений (сидеральных культур)

Варианты	Поступило в почву, кг/га			
	азота	фосфора	калия	всего
Навоз (50 т/га)	275	135	245	655
Донник лекарственный	138	37	288	463
Эспарцет песчаный	136	58	326	520
Редька масличная	93	39	274	406
Рапс	71	26	209	306
Горох	101	31	212	344
Викоовсяная смесь	98	36	332	466

Таким образом, установлено, что сидеральные культуры: эспарцет песчаный, донник лекарственный, редька масличная, рапс, горох

и викоовсяная смесь – за короткий период вегетации способны накопить 3,8–7,0 т/га воздушно-сухой массы, с которой в почву по-

ступает 344–520 кг/га питательных элементов, улучшающих эффективное плодородие почв. Это соответствует внесению 16–30 т/га полуперепревшего навоза.

Известно, что поступление свежей органической массы сопровождается активизацией почвенной микрофлоры. Однако интенсивность разложения органической массы зависит от соотношения в растительной массе азота и углерода: чем оно уже, тем интенсивнее разлагается органическое вещество. Например, бобовые культуры обладают этим

преимуществом. Разложение органической массы зеленых удобрений протекает в течение нескольких лет: наиболее интенсивно проходит первые два года после их заделки в почву, а затем идет на спад.

Исследования целлюлозоразрушающей активности почвы показывают, что в среднем за три года наблюдений интенсивность разложения льняной ткани составляет 27,5–31,7 % в первый год действия, 21,3–24,2 и 6,3–8,7 % – в первый и второй годы последствия (табл. 3).

Таблица 3

Степень разложения клетчатки за период вегетации культур, %

Варианты	Культуры, год действия		
	Пар, 1-й год	Озимые, 2-й год	Яровые, 3-й год
Чистый пар (навоз 50 т/га)	31,7	23,0	6,3
Донник лекарственный	29,3	24,2	8,3
Эспарцет песчаный	28,4	22,6	7,7
Редька масличная	27,5	21,3	8,7

В варианте с чистым унавоженным паром разложение ткани составляет 31,7 %, что свидетельствует о высокой активности почвенной микрофлоры в первый год действия. Не уступают и варианты с эспарцетом песчаным, донником лекарственным и редькой масличной, где степень разложения клетчатки составляет соответственно 29,3, 28,4 и 27,5 %.

В первый год последствия сидеральных культур интенсивность разложения клетчатки несколько уступает прямому действию и составляет по вариантам 21,3–24,2 %.

Заметное снижение биологической активности выявлено под яровой пшеницей – второй год последствия, где за период вегетации разложение ткани по вариантам составляет лишь 6,3–8,7 %.

В данном случае более чем трехкратное снижение активности почвенной микрофлоры обусловлено завершением разложения большей части органической массы навоза и зеленых удобрений.

Важным условием применения сидеральных культур является получение

наибольшей массы с оптимальным соотношением углерода и азота (20:1), что обеспечивает быстрое разложение этих культур. В этом отношении лучшими зелеными удобрениями являются бобовые культуры [7, 10].

По данным ряда исследователей, наибольшее накопление биомассы обеспечивают такие культуры, как клевер, донник и люпин, общая биомасса которых составляет 1,2–1,8 т/га воздушно-сухой массы, из которых 40–50 % приходится на долю корневых остатков, где соотношение углерода и азота находится в пределах оптимума [12, 13].

Некоторые ученые сидерацию рассматривают как приходную статью азота в земледелии [19, 20].

Известно, что зеленые удобрения в определенной степени обогащают почву не только азотом, но и другими важными химическими элементами.

Как показали результаты анализов почвенных образцов, отобранных перед закладкой и по завершению ротации звена севооборота, в вариантах с зелеными удобрениями основные агрохимические показатели изме-

нились в лучшую сторону. Однако не только содержание валовых форм азота и фосфора увеличилось, но и пополнились запасы по-

движных форм фосфора, калия и кальция, т.е. улучшились основные показатели эффективного плодородия почв (табл. 4).

Таблица 4

Влияние сидератов на агрохимические свойства почвы

Варианты	рН	Содержание, %		Содержание подвижных форм, мг/кг		
		азот общий	фосфор валовой	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO
Пар чистый	<u>5,9</u>	<u>0,313</u>	<u>0,20</u>	<u>2,15</u>	<u>1,06</u>	<u>2,97</u>
	5,8	0,301	0,18	2,14	0,92	3,05
Пар сидеральный: – донник лекарств.	<u>5,7</u>	<u>0,319</u>	<u>0,17</u>	<u>2,20</u>	<u>1,04</u>	<u>2,98</u>
	5,9	0,340	0,19	2,16	0,89	3,0
– эспарцет песчан.	<u>5,7</u>	<u>0,317</u>	<u>0,17</u>	<u>2,19</u>	<u>1,11</u>	<u>2,91</u>
	6,0	0,347	0,18	2,16	0,88	3,03
– редька масличная	<u>5,7</u>	<u>0,299</u>	<u>0,18</u>	<u>2,12</u>	<u>1,01</u>	<u>2,95</u>
	5,8	0,368	0,19	2,14	0,92	2,99
– рапс	<u>5,8</u>	<u>0,335</u>	<u>0,17</u>	<u>2,18</u>	<u>1,12</u>	<u>2,90</u>
	5,9	0,335	0,17	2,13	0,88	3,02
– горох	<u>5,7</u>	<u>0,313</u>	<u>0,18</u>	<u>2,07</u>	<u>1,07</u>	<u>3,02</u>
	5,8	0,319	0,20	2,26	1,01	3,04
– викоовсяная смесь	<u>5,7</u>	<u>0,294</u>	<u>0,18</u>	<u>2,23</u>	<u>0,65</u>	<u>2,98</u>
	5,8	0,299	0,18	2,13	0,86	3,01
Пар занятый	<u>6,0</u>	<u>0,318</u>	<u>0,16</u>	<u>2,19</u>	<u>0,95</u>	<u>2,80</u>
	6,0	0,324	0,16	2,19	0,86	2,97

Примечание. В числителе – исходное содержание, в знаменателе – конечное содержание.

Выводы:

1. Зеленые удобрения: эспарцет песчаный, донник лекарственный, редька масличная, рапс, горох и викоовсяная смесь – за период вегетации накапливают от 3,8 до 7,0 т/га воздушно-сухой массы, с которой в почву поступает 344–520 кг/га питательных элементов, улучшающих показатели эффективного плодородия почвы.

2. Нарращивание запасов органического вещества, повышение эффективного плодородия и снижение признаков почвоутомления заслуживают внимания в качестве использования бобовых культур как органических удобрений: донника лекарственного, эспарцета песчаного, которые обеспечивают 6,3–7,0 т/га воздушно-сухой массы с оптимальным соотношением углерода и азота. Выращивание и их запашка, не требующие

больших затрат, определяют устранение причин потери эффективного плодородия и наступления почвоутомления.

3. Обеспечение роста эффективного плодородия и снижения негативных явлений почвоутомления в экологическом понимании является фактором регулирования состава и структуры экосистем и возвращения в устойчивое состояние системы «почва – растение». Дополнительным применением ресурсов и энергии в виде зеленых удобрений можно без ущерба выращивать культуры и в условиях современного земледелия.

1. Гродзинский А. М. Аллелопатические проблемы почвоутомления / А. М. Гродзинский, Э. А. Головки // Почвоведение. – 1983. – № 1. – С. 74–81.

2. Довбан К. И. Зеленое удобрение / К. И. Дов-

бан. – М. : Агропромиздат, 1990. – 208 с.

3. Довбан К. И. Сидераты – биологическая основа природоохранных технологий в интенсивном земледелии / К. И. Довбан // Плодородие почвы и качество продукции при биологизации земледелия. – М. : Изд-во МГУ им. М. В. Ломоносова, 1996. – С. 129–137.

4. Довбан К. И. Сидерация в интенсивном земледелии / К. И. Довбан, В. К. Довбан, Ф. Г. Бардинов. – М. : ВНИИТЭИагропром, 1992. – 68 с.

5. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – 5-изд., доп. и перераб. – М. : Агропромиздат, 1985. – 351 с.

6. Ковда В. А. Биогеохимия почвенного покрова / В. А. Ковда. – М. : Наука, 1985. – 263 с.

7. Кормилицын В. Ф. Развивать сидерацию в Поволжье / В. Ф. Кормилицын // Земледелие. – 1999. – № 1. – С. 28–31.

8. Кормилицын В. Ф. Сидеральный пар в орошаемом земледелии Поволжья / В. Ф. Кормилицын // Земледелие. – 1994. – № 4. – С. 8–10.

9. Лобков В. Т. Почвоутомление при выращивании полевых культур / В. Т. Лобков. – М. : Колос, 1994. – 110 с.

10. Лошаков В. Г. Биологическая активность почвы в специализированном зерновом севообороте при использовании пожнивного сидерата и соломы в качестве удобрения / В. Г. Лошаков, В. Т. Емцев, Л. К. Ницэ // Известия ТСХА. – 1986. – Вып. 4. – С. 10–17.

11. Лошаков В. Г. Влияние длительного использования пожнивного зеленого удобрения на урожайность зерновых культур в севооборотах и бессменных посевах / В. Г. Лошаков, Ю. Н. Синих // Известия ТСХА. – 1999. – Вып. 3. – С. 34–38.

12. Лукин С. М. Значение биологической азотфиксации бобовых в балансе азота в земледелии Нечерноземной зоны России / С. М. Лукин // Агрохимия. – 1995. – № 8. – С. 11–17.

13. Лыков А. М. Урожайность полевых культур

и содержание азота в почве бессменных посевов / А. М. Лыков, А. Ф. Сафонов, В. А. Лапочкин // Изменение плодородия почв в условиях интенсивного использования. – М. : Колос, 1981. – 187 с.

14. Минеев В. Г. Биологическое земледелие и минеральные удобрения / В. Г. Минеев, Б. Добрецени, Т. Мазур. – М. : Колос, 1993. – 415 с.

15. Михайлина В. И. Современные направления использования зеленых удобрений в земледелии / В. И. Михайлина // Достижения с.-х. науки и практики. – 1984. – № 6. – С. 31–38.

16. Научные основы мониторинга земель Российской Федерации. – М. : ВИУА, 1992. – 175 с.

17. Одум Ю. Экология : в 2 т. / Ю. Одум. – М. : Мир, 1986.

18. Практикум по агрохимии / под ред. В. Г. Минеева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : МГУ, 2001. – 686 с.

19. Прянишников Д. Н. Избранные сочинения : в 3 т. – Т. 1, 3 / Д. Н. Прянишников. – М. : Колос, 1965.

20. Самуевич С. А. О токсичности почвы под бобовыми и небобовыми растениями при внесении азотных удобрений / С. А. Самуевич, Л. И. Стефанович // Фитотоксические свойства почвенных микроорганизмов. – Л., 1978. – С. 58–61.

21. Сидеральные удобрения – регулятор почвенно-микробиологических процессов в условиях почвоутомления / Ю. М. Возняковская [и др.]. // Доклады ВАСХНИЛ. – 1988. – № 2. – С. 24–32.

22. Сидоров М. И. Роль негумифицированных растительных остатков в земледелии / М. И. Сидоров, Н. И. Зезюков // Вестник с.-х. науки. – 1981. – № 11. – С. 73–81.

23. Худяков Я. П. Удобрения как фактор изменения токсичности почвы / Я. П. Худяков, Г. Н. Маршунова // Микроорганизмы в сельском хозяйстве. – М. : МГУ, 1970. – С. 84–89.

24. Шагаев В. Я. Сидераты в паровом поле / В. Я. Шагаев, М. И. Ходько // Земледелие. – 1986. – № 10. – С. 29–30.

EFFECTIVE FERTILITY OF SOIL AND APPLICATION GREEN FERTILIZERS FOR ITS IMPROVMENT

G.A. Satarov

Ulyanovsk State university

In work the main reasons for decrease in indicators of effective fertility of soils and manifestation of some signs of a fatigation are considered. Results of researches on use different in biology and accumulation of organic weight the green fertilizers and their influence on the main indicators of fertility of soils is given. Optimum ways of improvement of agrochemical, biological properties of the soil and ecology in system a soil-plant with the minimum expenses are stated.

Keywords: soil, effective and potential fertility, crop rotation, food mode, biological activity, green fertilizers, biomass.