

УДК 631.4

СРЕДООБРАЗУЮЩЕЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ СИДЕРАЛЬНЫХ БИНАРНЫХ СМЕСЕЙ НА ЧЕРНОЗЕМЫ

©2012 г. А. М. Гребенников

*Почвенный институт им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии,
119017, Москва, Пыжевский пер., 7*

Показано, что в зависимости от состава сидеральных бинарных смесей из подсолнечника, гречихи и сои можно неодинаковым образом влиять на комплекс свойств почв, определяющих их плодородие. Рассмотрено применение метода построения вариантов сравнения для оценки влияния фактора смешивания посевов в сидеральных агросообществах на агрохимические, агрофизические и микробиологические свойства почв. Установлена тесная связь между изменением значений этих свойств и показателями, отражающими продуктивность сидеральных агросообществ и эффективное плодородие. Из рассмотренных бинарных смесей наиболее перспективными для повышения уровня плодородия черноземов оказались соя + подсолнечник, гречиха сорта Крылатая + подсолнечник и гречиха сорта Деметра + подсолнечник.

Ключевые слова: моноценоз, сидеральные агросообщества, фактор смешивания (агроценологический эффект), свойства почв, плодородие.

При создании смешанных культур из биологически совместимых и взаимодополняющих по минеральному питанию видов растений более полно и равномерно используются почвенные ресурсы, улучшаются микробиологические, агрохимические и агрофизические свойства почвы через опад, отмирание корневых систем растений и их непосредственное воздействие на почву (Грюммер, 1957; Рахтеенко, Будкевич, 1983; Гродзинский и др., 1989 и др.).

Одним из важнейших преимуществ таких поликультур по сравнению с моноценозами является повышение плодородия почвы и поддержание экологического равновесия между компонентами агроэкосистемы благодаря наличию регуляторных механиз-

мов обратной связи. Плодородие, с одной стороны, характеризует состояние биогеоценоза, а с другой, воспроизводится и регулируется растительным сообществом, всем живым комплексом (Экологические основы ..., 1991). В результате биогенной миграции и аккумуляции элементов происходит не только увеличение их содержания в поверхностном слое почвы, но и упорядочение, приближающее соотношения питательных веществ в почве к их соотношениям в растениях (Ильин, 1981). Использование смешанных агросообществ для сидерации усиливает средообразующее воздействие, оказывая положительное влияние на весь комплекс свойств почв, в результате поступления дополнительного количества органического вещества, содержащего в сбалансированных количествах элементы минерального питания (Гребенников, 2010).

Целью исследований являлась оценка влияния фактора смешивания посевов в сидеральных бинарных смесях подсолнечника, гречихи и сои на изменение микробиологических, агрохимических и агрофизических свойств типичных черноземов, определяющих их плодородие.

В рамках работы рассмотрены результаты исследований биологической активности целлюлозоразрушающих бактерий, изменения объемной массы и содержания гумуса в пахотном (0–25 см) и подпахотном (25–40 см) слоях в вариантах полевого опыта с чистыми посевами сои сорта Октябрьская, подсолнечника сорта Енисей, гречихи сорта Крылатая, гречихи сорта Деметра и их бинарными смесями, используемыми для сидерации и чередуемые по годам исследования с посевами зерновых культур. Опыты проводились в 2001–2005 гг. в трех повторениях и двух закладках на стационаре Петринского опорного пункта Почвенного института им. В.В. Докучаева (Курская обл.) по следующей схеме (табл. 1).

Почвы опытного участка представлены тяжелосуглинистыми мощными типичными черноземами.

Для обеспечения выполнения принципа единственного различия между смешанными посевами и вариантами сравнения плотность высева каждой культуры на делянках опыта с чистыми посевами была в два раза выше, чем в бинарных смесях.

Таблица 1. Схема опыта

Год проведения опыта	Закладка 1	Закладка 2
2001	Варианты опыта, заложенные в трех повторениях Озимая пшеница	–
2002		Варианты опыта, заложенные в трех повторениях Яровая пшеница
2003	Варианты опыта, заложенные в трех повторениях Яровая пшеница	
2004		
2005	Варианты опыта, заложенные в трех повторениях	

На учетной площади каждой делянки, составляющей 280 м² (5.6 × 50), сплошным методом определяли величину биологического урожая сидеральных культур, а также урожайность озимой и яровой пшеницы.

Микробиологическая активность определялась на протяжении трех лет (с 2001 по 2003 гг.) как доля уменьшения массы бумажных фильтров, которые в капроновой оболочке на два месяца (с конца мая по конец июля) закладывались в почву на глубину пахотного и подпахотного горизонтов (Методы почвенной микробиологии и биохимии, 1991). Сопоставлялись величины содержания гумуса (по Тюрину) и объемной массы в пахотном и подпахотном горизонтах под вариантами опытов в год их закладки и окончания.

Для оценки влияния фактора смешивания посевов на изменение исследуемых показателей разработан метод построения вариантов сравнения. Суть метода состояла в расчетном построении для каждого смешанного агрообщества варианта сравнения из соответствующих чистых посевов таким образом, чтобы единственным различием между смешанным агрообществом и вариантом сравнения было наличие фактора смешивания в первом случае и его отсутствие – во втором. Для функционально-структурных показателей агрообществ (например, продуктивности) и свойств почв, характеризующихся одинаковыми начальными условиями (например, одинаковый вес льняных полотен или бумаж-

ных фильтров, закладываемых при определении биологической активности) использовалась первая модификация указанного метода, вариант сравнения для которой выглядит так:

$$Vs_i = P_i \cdot W_i / \sum W_i,$$

где Vs_i – вариант сравнения для i -той культуры, P_i – значение исследуемого показателя в чистых посевах i -той культуры, W_i – доля i -той культуры в смешанном посеве, определенная как количество семян этой культуры, отнесенных к норме высева, соответствующей нормальным по плотности посевам ($W_i = Q_i/N_i$). В тех случаях, когда исследуемые свойства характеризовались неодинаковыми начальными условиями, использовалась вторая модификация метода построения вариантов сравнения. Например, исходным значениям агрохимических и агрофизических свойств на делянках опыта свойственно определенное варьирование, поэтому метод построения варианта сравнения в этих случаях применяется к величинам, отражающим изменение этих свойств за время проведения полевого опыта:

$$Vs = (\sum W_i(P_{ik} - P_{in})) / \sum W_i,$$

где Vs – вариант сравнения, P_{in} и P_{ik} – соответственно начальное (до закладки опыта) и конечное (после его завершения) значения исследуемого показателя в чистых посевах i -той культуры. Подробное описание метода построения вариантов сравнения и условий его применения приведено в ранее изданных работах (Гребенников, 2010; 2011). Применение этого метода позволяло сопоставить исследуемые показатели в смешанных и чистых посевах культур при соблюдении принципа единственности различия. Для оценки значимости влияния фактора смешивания на свойства почв в зависимости от их типа распределения использовался t -критерий Стьюдента для случая неравных дисперсий сравниваемых последовательностей, F -критерий Фишера и непараметрический метод Краскела–Валлиса. Считалось, что различия между сравниваемыми последовательностями исследуемых свойств значимы на 5%-ном уровне, если это подтверждалось большинством применяемых статистических методов.

В пахотном и подпахотном горизонтах черноземов отмечалась общая тенденция возрастания активности целлюлозоразрушающих бактерий и содержания гумуса при снижении объемной массы почв (табл. 2).

Таблица 2. Средние значения активности целлюлозоразрушающих бактерий (ЦРБ), изменения объемной массы и содержания гумуса за период проведения опыта

Вариант опыта	Активность ЦРБ*	Изменение объемной массы, г/см ³	Изменение содержания гумуса, %
Пахотный горизонт			
Соя	19	-0.06	0.30
Подсолнечник	11	-0.04	0.47
Гречиха сорта Крылатая	26	-0.06	0.26
Гречиха сорта Деметра	12	-0.07	0.33
Соя + подсолнечник	28	-0.09	0.62
Гречиха сорта Крылатая + гречиха сорта Деметра	20	-0.08	0.43
Соя + гречиха сорта Крылатая	24	-0.06	0.49
Соя + гречиха сорта Деметра	19	-0.09	0.51
Гречиха сорта Крылатая + подсолнечник	31	-0.08	0.68
Гречиха сорта Деметра + подсолнечник	32	-0.09	0.72
Подпахотный горизонт			
Соя	15	-0.03	0.09
Подсолнечник	15	-0.02	0.13
Гречиха сорта Крылатая	19	-0.03	0.15
Гречиха сорта Деметра	9	-0.02	0.22
Соя + подсолнечник	20	-0.07	0.39
Гречиха сорта Крылатая + гречиха сорта Деметра	16	-0.04	0.21
Соя + гречиха сорта Крылатая	18	-0.03	0.09
Соя + гречиха сорта Деметра	16	-0.05	0.29
Гречиха сорта Крылатая + подсолнечник	22	-0.08	0.41
Гречиха сорта Деметра + подсолнечник	25	-0.09	0.44

*Активность ЦРБ (% уменьшения массы бумажных фильтров, помещаемых на два месяца в слои почвы 0–25 и 25–40 см).

Для построения вариантов сравнения соответствующих активностей ЦРБ в исследуемых горизонтах под смешанными агроценозами использовалась первая модификация указанного метода. Вторая модификация метода применялась для оценки влияния фактора смешивания (агроценозического эффекта) на изменение объемной массы и содержания гумуса в слоях чернозема 0–25 и 25–40 см. Курсивом в табл. 3 выделены статистически достоверные величины агроценозического эффекта (АЭ), представляющие собой разность между значениями исследуемых свойств почв под агроценозами (АС) и на соответствующих вариантах сравнения (ВС).

Агроценозический эффект приводил к преимущественной тенденции улучшения рассматриваемых свойств в почвах под всеми агроценозами. Что наиболее выражено в почвах под агроценозами соя + подсолнечник, гречиха сорта Крылатая + подсолнечник и гречиха сорта Деметра + подсолнечник. Вклад агроценозического эффекта в общий сидеральный эффект увеличения активности ЦРБ, рассчитанный как процентное отношение АЭ к АС, для пахотного горизонта под этими агроценозами соответственно составил 46, 39 и 63%. Влияние агроценозического эффекта на этот показатель в подпахотном горизонте было значимым под агроценозами гречиха сорта Крылатая + подсолнечник и гречиха сорта Деметра + подсолнечник. Вклад фактора смешивания в общий эффект от сидерации в этом случае составил 23 и 52%. Влияние агроценозического эффекта на активность целлюлозоразрушающих бактерий как пахотного, так и подпахотного горизонтов под агроценозами гречиха сорта Крылатая + гречиха сорта Деметра, соя + гречиха сорта Крылатая и соя + гречиха сорта Деметра было очень слабым и составляло 1–4%.

Влияние агроценозического эффекта привело к тенденции снижения объемной массы пахотного и подпахотного горизонтов черноземов. Наиболее заметное уменьшение объемной массы почв отмечено под агроценозами соя + подсолнечник, гречиха сорта Крылатая + подсолнечник и гречиха сорта Деметра + подсолнечник. Доля фактора смешивания в общем разрыхлении пахотного горизонта под этими агроценозами соответственно составила 44, 50 и 50%. Для подпахотного горизонта эти величины равны 57,

Таблица 3. Влияние фактора смешивания на свойства типичных черноземов

Вариант опыта	Активность ЦРБ			Изменение объемной массы, г/см ³			Изменение содержания гумуса, %		
	АС	ВС	АЭ	АС	ВС	АЭ	АС	ВС	АЭ
Пахотный горизонт									
Соя + подсолнечник	28	15	13	-0.09	-0.05	-0.04	0.62	0.39	0.23
Гречиха сорта Крылатая + гречиха сорта Деметра	20	19	1	-0.08	-0.07	-0.01	0.43	0.29	0.14
Соя + гречиха сорта Крылатая	24	23	1	-0.06	-0.06	0.00	0.49	0.32	0.16
Соя + гречиха сорта Деметра	19	16	3	-0.09	-0.07	-0.02	0.51	0.29	0.22
Гречиха сорта Крылатая + подсолнечник	31	19	12	-0.10	-0.05	-0.05	0.68	0.37	0.31
Гречиха сорта Деметра + подсолнечник	32	12	20	-0.12	-0.06	-0.06	0.72	0.38	0.34
Подпахотный горизонт									
Соя + подсолнечник	20	15	5	-0.07	-0.03	-0.04	0.39	0.11	0.28
Гречиха сорта Крылатая + гречиха сорта Деметра	16	14	2	-0.04	-0.03	-0.01	0.21	0.20	0.01
Соя + гречиха сорта Крылатая	18	17	1	-0.03	-0.03	0.00	0.09	0.07	0.02
Соя + гречиха сорта Деметра	16	12	4	-0.05	-0.03	-0.02	0.29	0.09	0.20
Гречиха сорта Крылатая + подсолнечник	22	17	5	-0.08	-0.03	-0.05	0.41	0.10	0.31
Гречиха сорта Деметра + подсолнечник	25	12	13	-0.09	-0.02	-0.07	0.44	0.12	0.32

63 и 78%. Значительно меньшее влияние оказал агроценотический эффект на уменьшение объемной массы почв под агроценозисами гречиха сорта Крылатая + гречиха сорта Деметра и соя + гречиха сорта Деметра. Объемная масса пахотного и подпахотного горизонтов под этими агроценозами уменьшилась на 0.01–0.02 г/см³. На изменение объемной массы пахотного и подпахотного горизонтов под агроценозом соя + гречиха сорта Крылатая фактор смешивания не оказал никакого влияния.

Таблица 4. Влияние агроценотического эффекта на продуктивность агроценозов и урожайность последующих зерновых культур

Вариант опыта	Средняя продуктивность, г/м ² сухого вещества			Средняя урожайность зерновых культур, ц/га		
	АС	ВС	АЭ	АС	ВС	АЭ
Соя + подсолнечник	855	547	308	34.1	32.5	1.6
Гречиха сорта Крылатая + гречиха сорта Деметра	537	544	-7	31.8	32.4	-0.6
Соя + гречиха сорта Крылатая	563	488	75	32.7	32.7	0.0
Соя + гречиха сорта Деметра	734	514	220	33.3	32.4	0.9
Гречиха сорта Крылатая + подсолнечник	910	639	271	33.8	32.5	1.3
Гречиха сорта Деметра + подсолнечник	924	660	264	34.3	32.1	2.2

В результате воздействия фактора смешивания произошло значимое увеличение содержания гумуса в слое 0–25 см под всеми агроценозисами. В подпахотном горизонте это было отмечено в четырех агроценозисах (соя + подсолнечник, соя + гречиха сорта Деметра, гречиха сорта Крылатая + подсолнечник и гречиха сорта Деметра + подсолнечник). В подпахотном горизонте под агроценозисами гречиха сорта Крылатая + гречиха сорта Деметра и соя + гречиха сорта Крылатая влияние фактора смешивания выразилось в незначительном возрастании количества гумуса. Доля вклада агроценотического эффекта в общее увеличение содержания гумуса в пахотном горизонте под исследуемыми агроценозисами оказалась равной 33–47%, в подпахотном горизонте под указанными четырьмя агроценозисами эта величина составила 69–76%.

Полученные результаты тесно связаны со средней продуктивностью агроценозисов, урожайностью последующих зерновых культур и влиянием на эти показатели агроценотического эффекта (табл. 4). Об этом свидетельствуют высокие значения коэффициентов корреляции между показателями, представленными в табл. 3 и исследуемыми почвенными свойствами (табл. 5).

Таблица 5. Коэффициенты корреляции между значениями свойств почв и средними величинами продуктивности агрообществ и урожайности зерновых культур (АС), между изменением величин этих показателей, обусловленных влиянием фактора смешивания (АЭ)

Свойство почв	Средняя продуктивность, г/м ² сухого вещества		Средняя урожайность зерновых культур, ц/га	
	АС	АЭ	АС	АЭ
Активность ЦРБ				
в пахотном слое	0.80	0.78	0.78	0.92
в подпахотном слое	0.81	0.61	0.79	0.84
Объемная масса				
пахотного слоя	-0.85	-0.81	-0.72	-0.90
подпахотного слоя	-0.96	-0.78	-0.86	-0.90
Содержание гумуса				
в пахотном слое	0.95	0.80	0.92	0.90
в подпахотном слое	0.94	0.81	0.82	0.95

Таким образом, сидерация смешанными агрообществами и влияние в них агроценологического эффекта при правильном подборе культур оказывает средообразующее воздействие на почву, что может быть одним из резервов повышения потенциального и эффективного плодородия типичных черноземов. Наиболее высокой средообразующей способностью по отношению к типичным черноземам в рамках рассмотренного полевого опыта характеризовались агрообщества соя + подсолнечник, гречиха сорта Крылатая + подсолнечник и гречиха сорта Деметра + подсолнечник.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гребенников А.М. Методические аспекты оценки агроценологического эффекта в сидеральных агрообществах для воспроизводства плодородия типичных черноземов ЦЧЗ. // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. 2010. № 9. С. 79–89.
2. Гребенников А.М. Методические положения по выбору наиболее эффективных сидеральных агроценозов для воспроизводства плодородия типичных черноземов Центрально-черноземной зоны. Метод. рекомендации. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2011. 53 с.

3. Гродзинский А.М., Миркин Б.М., Головки Э.А., Туганаев В.В. Перспективы функциональной агрофитоценологии // Методологические проблемы аллелопатии. Киев: Наукова думка, 1989. С. 15–28.
4. Грюммер Г. Взаимное влияние высших растений – аллелопатия. М.: Изд-во Иностран. лит-ры, 1957. 261 с.
5. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва–растение. Новосибирск: Наука, Сиб. отд., 1991. 149 с.
6. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Под ред. Д.Г. Звягинцева. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1991. 304 с.
7. Рахтеенко И.Н., Будкевич Т.А. Особенности роста и питания многолетних трав в агрофитоценозах на дерново-подзолистых почвах // Мат-лы 111 Всес. сов. по проблемам агрофитоценологии и агробиогеоценологии. Ижевск, 1983. С. 134–140.
8. Экологические основы управления продуктивностью агрофитоценозов восточно-европейской тундры / Под ред. И.Б. Арчеговой, М.В. Гецен Л.: Наука, 1991. 153 с.

OF THE ECOLOGICAL EFFECTS OF GREEN MANURE OF BINARY MIXTURES ON CHERNOZEM

A. M. Grebennikov

It is shown that the different composition of green manure in binary mixtures of sunflower, buckwheat and soybean can exert uneven effect on a set of soil properties which are vital for the fertility. The method is considered to construct the comparison variants for assessing the effects of mixing the green manure crops in agrocommunities on agrochemical, agrophysical and microbiological properties of soils. The close relationship was found between changes in these properties and indicators of productivity of green manure agrocommunities and the efficient soil fertility. Among the binary mixtures the soy + sunflower, buckwheat varieties Winged + sunflower and buckwheat varieties Demetra + sunflower are most promising for improving the fertility of chernozems.

Key words: monocenosis, green manure agrocommunities, mixing factor (agrocenosis effect), properties of soils, fertility.