

УДК 631.584.5:633.12:631.41:631.445.41

ВЛИЯНИЕ СИДЕРАЛЬНЫХ АГРОСООБЩЕСТВ С УЧАСТИЕМ ГРЕЧИХИ НА АГРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТИПИЧНЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ

© 2022 г. А. М. Гребенников

Федеральный исследовательский центр “Почвенный институт им. В.В. Докучаева”
119017 Москва, Пыжевский пер., 7, стр. 2, Россия

E-mail: gream1956@gmail.com

Поступила в редакцию 04.11.2021 г.

После доработки 13.01.2022 г.

Принята к публикации 15.02.2022 г.

В полевом опыте изучили влияние бинарных сидеральных гречишных смесей на содержание гумуса, подвижного фосфора и обменного калия в пахотном и подпахотном горизонтах чернозема типичного тяжелосуглинистого. Показано, что использование для сидерации смешанных агросообществ может быть одним из резервов биологизации земледелия, а также воспроизводства потенциального и эффективного плодородия черноземов в Центрально-Черноземной зоне. Наиболее существенное позитивное влияние на агрохимические свойства как пахотного, так и подпахотного горизонтов, а также на увеличение урожайности зерновых культур оказал агроценоотический эффект в смесях соя + гречиха сорта Деметра, гречиха сорта Крылатая + подсолнечник и гречиха сорта Деметра + подсолнечник. Между продуктивностью сидератов, урожайностью зерновых культур и изменением содержания подвижного фосфора в почве как пахотного, так и подпахотного горизонтов были установлены связи, достоверные на 5%-ном уровне значимости. Показано, что урожайность зерновых культур лимитировалась прежде всего содержанием в почвах подвижного фосфора, количество которого возросло под влиянием агроценоотического эффекта в сидеральных агросообществах.

Ключевые слова: бинарные сидеральные смеси, гречиха, продуктивность сидератов, урожайность зерновых культур, агроценоотический эффект, агрохимические свойства почвы.

DOI: 10.31857/S0002188122050039

ВВЕДЕНИЕ

Со времен древнего Рима, откуда и происходит ее название. С того же времени известно использование гречихи в качестве сидерата [1]. К моменту цветения гречиха формирует высокопродуктивную биомассу, содержащую в сбалансированных количествах большое количество элементов питания растений [2, 3]. К тому же гречиха способна усваивать элементы питания растений, особенно фосфор из труднодоступных соединений в почве [4]. Применение сидеральных удобрений способно улучшить весь комплекс свойств почв, определяющих их потенциальное плодородие и фитосанитарное состояние [5–8]. Использование сидератов может значительно улучшить состояние почв, подверженных деградации и агроистощению в результате длительного и нерационального использования в земледелии [9, 10]. Повысить качество сидератов посредством увеличения продуктивности сидеральной массы и повышения содержания в ней элементов питания растений возможно, если в качестве зеленого

удобрения использовать не одну культуру, а смесь экологически и аллелопатически совместимых культур. Выращивание таких агросообществ часто приводило к улучшению агрохимических свойств почв даже в тех случаях, когда надземную массу смешанных посевов не использовали под зеленое удобрение, а отчуждали с полей [11]. Естественно, что еще и использование биомассы таких агросообществ на сидерацию, являлось мощным фактором увеличения уровня плодородия почв.

При использовании для сидерации смешанных агросообществ в сравнении с чистыми посевами их компонентов часто отмечали значительное улучшение всего комплекса свойств почв, определяющих плодородие, а также фитосанитарного состояния культур, выращиваемых после заделки сидератов [12–14].

Встречаются сведения, что смешанные посевы по сравнению с чистыми обладают значительно более высоким потенциалом средообразования [15], что в основном связано со способностью смешанных агросообществ по сравнению с чи-

стями поддерживать экологическое равновесие между компонентами агроэкосистемы благодаря наличию регуляторных механизмов обратной связи. Такие возможности агросообществ обусловлены их приближением по биоразнообразию (по сравнению с чистыми посевами) к естественным фитоценозам, средообразующую роль которых широко использовал человек в многовековой практике залежных и переложных систем земледелия [15].

Более высокий потенциал средообразования смешанных посевов гречихи с другими культурами по сравнению с чистыми посевами компонентов этих смесей можно отметить, когда продуктивность смешанных посевов значительно превосходит продуктивность компонентов этих смесей и концентрирует в своих тканях по сравнению с последними значительно больше элементов минерального питания растений в сбалансированных количествах [4, 16].

Цель работы – оценка влияния гречишных сидератов, выращиваемых в чистых посевах и в агросообществах с другими культурами, на агрохимические свойства почвы.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

В полевом опыте с сидератами, состоявшими из чистых посевов гречихи сортов Деметра, Крылатая, сои сорта Октябрьская, подсолнечника сорта Енисей и из бинарных смесей указанных сортов гречихи между собой, а также с соей и подсолнечником, учитывали продуктивность сидеральных агросообществ и урожайности последующих зерновых культур. Опыт был проведен на стационаре Петринского опорного пункта Почвенного института им. В.В. Докучаева (Курская обл.) в период с 2001 по 2005 г. Почва опытного участка – тяжелосуглинистый мощный типичный чернозем. Повторность опыта трехкратная.

На учетной площади каждой делянки, составлявшей 280 м² (5,6 × 50), сплошным методом определяли величину продуктивности сидеральных культур и урожайность озимой и яровой пшеницы, которые по годам исследования чередовались с посевами сидератов.

В пахотном (0–25 см) и подпахотном (25–40 см) горизонтах почв посезонно (весна, лето, осень) отбирали образцы, в которых определяли агрохимические показатели (содержание гумуса по Тюрину, подвижного фосфора по Чирикову и обменного калия по Масловой) [17].

Для оценки влияния фактора смешивания посевов на изменение исследованных показателей применяли специально разработанный для этой цели метод построения вариантов сравнения [18],

в соответствии с которым для исследуемых показателей агросообществ по их величинам в чистых посевах рассчитывали варианты сравнения, которые отличались от показателей агросообществ лишь тем, что влияние фактора смешивания посевов было в них исключено. Для исследованных показателей варианты сравнения рассчитывали по следующей формуле: $Vs_i = P_i W_i / \text{Sum}(W_i)$, где Vs_i – вариант сравнения для i -й культуры, P_i – величина исследуемого показателя в чистых посевах i -й культуры, W_i – доля i -й культуры в смешанном посеве, определенная как количество семян этой культуры, отнесенных к норме высева, соответствующей нормальным по плотности посевам ($W_i = Q_i / N_i$), Sum – указатель суммы. Если величина исследуемого показателя имела начальную и конечную величину, как у всех показателей агрохимических свойств, определяемых при закладке и окончании опыта, то P_i было равно разности между конечной и начальной величинами этого показателя. Влияние фактора смешивания на продуктивность агроценоза и свойства почв определяли как разность между величинами этих показателей в смешанном агросообществе и в варианте сравнения.

Для статистических оценок использовали t -критерий Стьюдента для неравных дисперсий, критерий Фишера и непараметрический метод Краскела–Валлиса. Использование рассматриваемых критериев позволило с позиций 3-х различных подходов оценить степень различия между сравниваемыми величинами. Считали, что различия между последовательностями исследуемого свойства существуют, если это подтверждалось применением не менее чем 2-х критериев.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Приведены средние за годы проведения опыта величины продуктивности надземной фитомассы в чистых посевах сидератов и их бинарных смесях, величина урожайности зерновых культур и показатели агрохимических свойств почв в пахотном и подпахотном горизонтах (табл. 1). Наиболее высокие показатели продуктивности сидератов были отмечены в смешанных агросообществах, особенно в смесях подсолнечника с каждым из сортов гречихи. Из чистых посевов сидератов максимальной продуктивностью отличались варианты с подсолнечником. По продуктивности чистые посевы этой культуры значительно превосходили сорто-смеси гречихи и смеси сои с гречихой сорта Крылатая, примерно соответствовали продуктивности смеси соя + гречиха сорта Деметра, но при этом существенно уступали агросообществам подсолнечника с каждым из сортов гречихи.

Таблица 1. Изменения продуктивности сидератов, урожайности последующих зерновых культур и показателей агрохимических свойств почвы в пахотном и подпахотном горизонтах

Сидераты	Продуктив- ность, г сухого вещества/м ²	Урожайность зерновых, ц/га	Гумус, %		Подвижный фосфор		Обменный калий	
					мг/100 г почвы			
			1	2	1	2	1	2
Соя	410	32.7	0.30*	0.09	1.3	0.5	-2.2	-2.2
Подсолнечник	720	32.3	0.47*	0.13	0.6	0.4	-1.6	-0.5
Гречиха сорта Крылатая	520	32.8	0.26*	0.15*	0.8	0.2	-1.2	0.1
Гречиха сорта Деметра	570	32.0	0.33*	0.22*	0.8	0	0.5	1.1
Гречиха сорта Крылатая + гречиха сорта Деметра	538	31.8	0.53*	0.34*	0.4	0.5	-0.8	2.1
Соя + гречиха сорта Крылатая	540	32.7	0.56*	0.09*	1.0	0.7	-0.1	0.9
Соя + гречиха сорта Деметра	710	33.3	0.56*	0.19*	2.0*	1.3	0.7	0.8
Подсолнечник + + гречиха сорта Крылатая	890	33.8	0.64*	0.32*	2.0*	1.5	-0.2	2.1*
Подсолнечник + + гречиха сорта Деметра	905	34.3	0.63*	0.35*	2.4*	1.8	0.8	2.0*
<i>HCP</i> ₀₅	67	1.2						

Примечание. В графе 1 – Апах, 2 – А подпах. То же в табл. 3–5.

*Достоверные изменения на 5%-ном уровне значимости. То же в табл. 3–5.

В вариантах опыта с наиболее высокой продуктивностью сидератов была получена наиболее высокая урожайность зерновых культур. Максимальная урожайность, полученная после заделки сидератов в вариантах с чистыми посевами, была достигнута в варианте с гречихой сорта Крылатая. Однако отличия величины этой урожайности как от соответствующих показателей в вариантах с чистыми, так и смешанными посевами сидератов, были несущественными.

За 5-летний период проведения опытов в пахотном горизонте во всех вариантах произошло статистически значимое увеличение содержания гумуса. В вариантах с чистыми посевами количество гумуса возросло на 0.26–0.47%, со смешанными посевами – на 0.53–0.64%. Наиболее значительно обогатились органическим веществом пахотные горизонты в вариантах подсолнечник + гречиха сорта Крылатая и подсолнечник + гречиха сорта Деметра. Количество органического вещества в слое 0–25 см в этих вариантах возросло на 0.64 и 0.63%.

В подпахотном горизонте за время проведения опытов содержание гумуса возросло также во всех вариантах. Однако статистическая значимость

этого факта была подтверждена только для 7-ми вариантов из 9-ти. При этом общий эффект увеличения гумуса в подпахотном горизонте был достоверным во всех вариантах со смешанными агроценозами и в 2-х вариантах с чистыми посевами (гречиха сорта Крылатая, гречиха сорта Деметра). Наиболее высокими и достаточно близкими показателями увеличения содержания гумуса характеризовались агрообщества гречиха сорта Крылатая + гречиха сорта Деметра, подсолнечник + гречиха сорта Крылатая и подсолнечник + гречиха сорта Деметра, что соответственно составило 0.34, 0.32 и 0.35%.

За период исследования в пахотном горизонте почв во всех вариантах было отмечено возрастание количества подвижного фосфора. Статистически достоверные различия этого показателя обнаружены в пахотных горизонтах лишь в 3-х вариантах из 9-ти. При этом содержание фосфора в пахотном слое значимо не возросло ни в одном варианте с чистыми посевами. Значимое возрастание количества фосфора было отмечено в агрообществах соя + гречиха сорта Деметра, подсолнечник + гречиха сорта Крылатая и подсолнечник + гречиха сорта Деметра, которое соответственно составило 2.0, 2.0 и 2.4 мг/100 г почвы.

Таблица 2. Величина агроценотического эффекта в вариантах сидеральных смешанных посевов и в посевах последующих зерновых культур

	Сидеральные посевы			Зерновые культуры		
	Ра	Рвс	АЭ	Уа	Увс	АЭ
Гречиха сорта Крылатая + гречиха сорта Деметра	538	545	–7	31.8	32.4	–0.6
Соя + гречиха сорта Крылатая	540	465	75	32.7	32.7	0.0
Соя + гречиха сорта Деметра	710	490	220	33.3	32.4	0.9
Подсолнечник + гречиха сорта Крылатая	890	620	270	33.8	32.5	1.3
Подсолнечник + гречиха сорта Деметра	905	645	260	34.3	32.1	2.2

Примечание. Ра – продуктивность сидеральных посевов, Рвс – продуктивность вариантов сравнения, АЭ – агроценотический эффект, Уа – урожайность зерновых в вариантах, ранее занятых сидеральными посевами, Увс – урожайность зерновых в вариантах сравнения.

В подпахотном горизонте во всех вариантах существенных изменений содержания подвижного фосфора за период проведения исследования отмечено не было. При этом отмечена достоверная тенденция к увеличению содержания этого элемента в слое 25–40 см во всех вариантах за исключением чистых посевов гречихи сорта Деметра, содержание подвижного фосфора под которыми не претерпело никаких изменений. В подпахотном горизонте под чистыми посевами, за исключением гречихи сорта Деметра, содержание подвижного фосфора возрастало на 0.2–0.5 мг/100 г почвы, под смешанными – от 0.5 до 1.8 мг/100 г почвы. Под посевами гречиха сорта Крылатая + гречиха сорта Деметра и соя + гречиха сорта Крылатая содержание подвижного фосфора увеличивалось на 0.5–0.7, а под остальными посевами – на 1.3–1.8 мг/100 г почвы.

Содержание обменного калия в пахотном горизонте во всех без исключения вариантах изменялось незначимо. Несущественное увеличение количества этого элемента в слое 0–25 см отмечено под чистыми посевами гречихи сорта Деметра и под агроценозами соя + гречиха сорта Деметра и подсолнечник + гречиха сорта Деметра, а в остальных вариантах содержание обменного калия незначимо уменьшалось.

Содержание обменного калия в подпахотном горизонте за период исследования значимо увеличилось в вариантах подсолнечник + гречиха сорта Крылатая и подсолнечник + гречиха сорта Деметра соответственно на 2.1 и 2.0 мг/100 г почвы. В слое почвы 25–40 см в варианте гречиха сорта Крылатая + гречиха сорта Деметра содержание обменного калия увеличилось на такую же величину 2.1 мг/100 г почвы, но это оказалось статистически незначимым. В вариантах с чистыми

посевами содержание обменного калия изменялось несущественно и разнонаправленно. Например, в слое почвы 25–40 см в вариантах с чистыми посевами сои и подсолнечника содержание обменного калия соответственно снизилось на 2.2 и 0.5 мг/100 г почвы, в остальных вариантах с чистыми посевами количество обменного калия увеличивалось на 0.1–1.1 мг/100 г почвы. В подпахотном горизонте под всеми смешанными агроценозами отмечена тенденция к увеличению содержания обменного калия на 0.8–2.1 мг/100 г почвы. Однако эта тенденция получила статистическое подтверждение лишь в 2-х случаях из 5-ти.

Агроценотические эффекты для продуктивности сидеральных агроценозов и урожайности зерновых культур, были рассчитаны по разности между величинами этих показателей в вариантах с агроценозами и в вариантах сравнения (табл. 2). Исходной информацией для расчета агроценотических эффектов явились данные табл. 1. Под влиянием агроценотического эффекта продуктивность сидеральных агроценозов изменялась неодинаковым образом. Она значительно возрастала в агроценозах гречиха сорта Деметра + подсолнечник, гречиха сорта Крылатая + подсолнечник и соя + гречиха сорта Деметра, менее увеличивалась в смеси соя + гречиха сорта Крылатая и незначительно уменьшалась в посевах смеси сортов гречихи. Примерно такие же тенденции прослежены при воздействии фактора смешивания на урожайность зерновых культур.

Аналогичным образом были рассчитаны агроценотические эффекты для исследованных агрохимических показателей (табл. 3). Влияние агроценотического эффекта привело к значимому увеличению содержания гумуса в пахотном горизонте под всеми агроценозами. Особенно за-

Таблица 3. Влияние фактора смешивания на изменения агрохимических свойств пахотного и подпахотного горизонтов почвы

Вариант	Гумус, %		Подвижный фосфор		Обменный калий	
			мг/100 г почвы			
	1	2	1	2	1	2
Гречиха сорта Крылатая + гречиха сорта Деметра	0.14	0.11*	-0.4	-0.5	-0.2	1.4*
Соя + гречиха сорта Крылатая	0.16	0.12*	0.1	0.4	0.1	1.9*
Соя + гречиха сорта Деметра	0.20*	0.20*	1.1*	0.7*	1.0*	1.4*
Подсолнечник + гречиха сорта Крылатая	0.23*	0.19*	0.7*	0.7*	1.0*	1.8*
Подсолнечник + гречиха сорта Деметра	0.14*	0.32*	1.6*	0.8*	2.4*	1.7*

метным это было в пахотном горизонте под агроценозами подсолнечник + гречиха сорта Крылатая и соя + гречиха сорта Деметра. Содержание органического вещества в слое 0–25 см под этими агроценозами в результате влияния агроценотического эффекта увеличилось на 0.23 и 0.20%. Для указанных агроценозов вклад агроценотического эффекта в общее увеличение содержания гумуса в пахотном горизонте соответственно составил 37 и 36%. Вклад фактора смешивания в общее увеличение содержания гумуса в подпахотном горизонте под агроценозами подсолнечник + гречиха сорта Деметра составил 91%.

Таким образом, под влиянием агроценотического эффекта в пахотном горизонте под всеми без исключения агроценозами, а в слое 25–40 см – под половиной из них, произошло значимое повышение содержания гумуса соответственно на 0.14–0.23 и 0.11–0.32%. Согласно балансовым расчетам (Методические указания по определению баланса ..., 2000), для повышения на указанную величину содержания органического вещества в пахотном горизонте тяжелосуглинистых черноземов необходимо внести подстилочный навоз 15.4–25.3 т/га. Увеличение содержания органического вещества в слое почвы 25–40 см на 0.11–0.32% могло произойти при поступлении в подпахотный горизонт органического вещества, эквивалентного количеству подстилочного навоза 7.9–23.0 т/га.

Значимое увеличение содержания подвижного фосфора в пахотном слое под воздействием фактора смешивания (на 0.7–1.6 мг/100 г почвы) произошло под агроценозами соя + гречиха сорта Деметра, подсолнечник + гречиха сорта Крылатая и подсолнечник + гречиха сорта Деметра. Агроценотический эффект привел к существенному возрастанию содержания подвижного фосфора

под этими же агроценозами, составившему 0.7–0.8 мг/100 г почвы. В оставшихся вариантах влияние фактора смешивания не приводило к значимым изменениям содержания подвижного фосфора как в пахотном, так и в подпахотном горизонтах. При этом влияние этого фактора в варианте посева гречиха сорта Крылатая + гречиха сорта Деметра приводило к уменьшению (в виде тенденции), а в варианте соя + гречиха сорта Крылатая – к некоторому увеличению содержания подвижного фосфора в обоих горизонтах.

В варианте подсолнечник + гречиха сорта Деметра как эффект смешивания, так и общий сидеральный эффект приводили к значимому возрастанию количества подвижного фосфора в пахотном слое. При этом вклад эффекта смешивания в общий эффект составлял 1.6 мг/100 г почвы или 73%.

Обусловленное агроценотическим эффектом существенное увеличение содержания подвижного фосфора в подпахотном горизонте под посевами соя + гречиха сорта Деметра, подсолнечник + гречиха сорта Крылатая и подсолнечник + гречиха сорта Деметра составило 0.7–0.8 мг/100 г почвы. Вклад фактора смешивания в общее увеличение содержания подвижного фосфора в слое почвы 25–40 см в указанных вариантах составил 54, 47, 44% соответственно. Однако этого оказалось недостаточно для существенного увеличения общего эффекта от сидерации.

Согласно зонально-провинциальным нормативам, эффект значимого увеличения содержания подвижного фосфора в пахотном слое на 0.7–1.6 мг/100 г почвы под воздействием фактора смешивания, отмеченный в вариантах соя + гречиха сорта Деметра, подсолнечник + гречиха сорта Крылатая, подсолнечник + гречиха сорта Деметра, был эквивалентным внесению в запас 88–200 кг P₂O₅/га. Для увеличения содержания подвижного фосфора на 0.7–0.8 мг/100 г почвы в вариантах

Таблица 4. Коэффициенты корреляции между продуктивностью сидератов, урожайностью зерновых культур и агрохимическими свойствами почвы ($R_{\text{крит}} = 0.67$)

Показатель урожая	Урожайность зерновых, ц/га	Гумус, %		Подвижный фосфор		Обменный калий	
				мг/100 г почвы			
		1	2	1	2	1	2
Продуктивность сидератов, г сухого вещества/м ²	0.75*	0.76*	0.62	0.69*	0.80*	0.55	0.59
Урожайность зерновых, ц/га	—	0.54	0.34	0.94*	0.90*	0.43	0.27

Таблица 5. Коэффициенты корреляции между агроценоотическими эффектами продуктивности сидератов, урожайности зерновых культур и агрохимическими свойствами почвы ($R_{\text{крит}} = 0.88$).

Показатель урожая	Урожайность зерновых, ц/га	Гумус, %		Подвижный фосфор, мг/100 г почвы		Обменный калий, мг/100 г почвы	
				мг/100 г почвы			
		1	2	1	2	1	2
Продуктивность сидератов, г сухого вещества/м ²	0.93	0.57	0.76	0.90*	0.91*	0.84	0.24
Урожайность зерновых, ц/га	—	0.24	0.87	0.95*	0.85*	0.97*	0.27

кукуруза + соя, соя + подсолнечник, пайза + подсолнечник, соя + гречиха сорта Деметра, подсолнечник + гречиха сорта Крылатая и подсолнечник + гречиха сорта Деметра в подпахотном горизонте мощных тяжелосуглинистых типичных черноземах потребовалось бы внести 88–100 кг P₂O₅/га.

Влияние агроценоотического эффекта приводило к значимому увеличению содержания обменного калия в слое почвы 0–25 см в вариантах соя + гречиха сорта Деметра, подсолнечник + гречиха сорта Крылатая и подсолнечник + гречиха сорта Деметра. Уровень содержания обменного калия под этими агроценозами в результате воздействия фактора смешивания соответственно увеличился на 1.0, 1.0 и 2.4 мг/100 г почвы.

Общий эффект увеличения содержания обменного калия (под воздействием всей совокупности факторов, включая фактор смешивания) был незначимым и характеризовался меньшими положительными величинами в пахотном горизонте в вариантах соя + гречиха сорта Деметра, подсолнечник + гречиха сорта Крылатая и подсолнечник + гречиха сорта Деметра. Это означало, что при исключении фактора смешивания, результирующая остальных факторов, влияющих

на содержание обменного калия в слое почвы 0–25 см, была отрицательной.

Под влиянием агроценоотического эффекта произошло значимое увеличение количества обменного калия в слое почвы 25–40 см во всех вариантах смешанных посевов. Вклад фактора смешивания в общее увеличение содержания обменного калия в подпахотном горизонте под агроценоотическими подсолнечник + гречиха сорта Крылатая и подсолнечник + гречиха сорта Деметра (агроценоотическими, под которыми в слое 25–40 см отмечено достоверное увеличение содержания обменного калия под влиянием общего эффекта) составил 85.7 и 85.0%. Значимое увеличение содержания обменного калия под влиянием агроценоотического эффекта в подпахотном горизонте под остальными агроценоотическими существенно не отразилось на общем увеличении количества этого элемента. Фактически, наблюдали ту же закономерность, что и в пахотном горизонте, когда вклад фактора смешивания в увеличение содержания обменного калия был определяющим по отношению к остальной совокупности факторов, результирующая которых являлась отрицательной.

Воздействие агроценоотического эффекта привело к достоверному увеличению количества об-

менного калия в пахотном горизонте на 1.0–2.4 мг/100 г почвы под агросообществами соя + гречиха сорта Деметра, подсолнечник + гречиха сорта Крылатая и подсолнечник + гречиха сорта Деметра. В подпахотном слое под всеми без исключения смешанными посевами содержание обменного калия в результате влияния этого эффекта возросло на 1.4–1.9 мг/100 г. Согласно зонально-провинциальным нормативам, для достижения этого эффекта было необходимо, чтобы в пахотный горизонт поступило 300–720 кг K_2O /га, в подпахотный – 420–570 кг K_2O /га.

Для оценки связи между продуктивностью сидератов, урожайностью зерновых культур и изменением агрохимических свойств почв, а также для степени зависимости между агроценоотическими эффектами этих показателей были рассчитаны коэффициенты корреляции (табл. 4, 5). Продуктивность сидератов в опыте была достоверно связана с урожайностью последующих зерновых культур, изменением содержания гумуса в пахотном горизонте и подвижного фосфора в обоих горизонтах. Связь этого показателя с изменениями других свойств в остальных случаях была недостоверной. Урожайность зерновых культур значимо зависела от изменения содержания подвижного фосфора в пахотном и подпахотном горизонтах и величин коэффициента структурности в обоих горизонтах. В остальных случаях урожайность зерновых культур не обнаруживала достоверных связей с агрохимическими свойствами почвы.

Величины агроценоотических эффектов продуктивности сидеральных агросообществ и урожайностей зерновых культур были тесно связаны между собой, о чем свидетельствовала значимая на 5%-ном уровне величина коэффициента корреляции между этими показателями (табл. 5). Величины агроценоотических эффектов сидеральных агросообществ и урожайностей зерновых культур были достоверно связаны с изменением содержания подвижного фосфора в пахотном и подпахотном горизонтах. Кроме этого, была выявлена тесная связь между урожайностью зерновых культур и содержанием обменного калия в пахотном слое. Во всех остальных случаях продуктивность сидеральных агросообществ и урожайность зерновых культур не имели значимых зависимостей с агрохимическими свойствами почвы как в пахотном, так и подпахотном горизонтах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование показало, что использование для сидерации смешанных посевов может быть одним из резервов биологизации земледелия, а также воспроизводства потенциального и эффективного плодородия черноземов в ЦЧЗ.

Уровень воспроизводства плодородия при сидерации почв зависел от состава используемых для этой цели смесей сидеральных культур, что определялось направленностью и величиной влияния агроценоотического эффекта на их функционально-структурные показатели и свойства почв применительно к конкретным почвенно-климатическим условиям.

Было установлено, что влияние агроценоотического эффекта в исследованных агросообществах приводило к значимому увеличению содержания гумуса, подвижного фосфора и обменного калия в пахотном и подпахотном горизонтах черноземов.

Однако влияние агроценоотического эффекта в разных сидеральных агросообществах на урожайность последующей культуры и свойства почвы проявлялась неодинаковым образом. Наиболее существенное позитивное влияние на агрохимические свойства как пахотного, так и подпахотного горизонтов, а также на увеличение урожайности зерновых культур оказал агроценоотический эффект в вариантах соя + гречиха сорта Деметра, гречиха сорта Крылатая + подсолнечник и гречиха сорта Деметра + подсолнечник. В почвах под остальными вариантами агросообществ отмечено незначительное улучшение, а иногда и ухудшение агрохимических свойств в обоих горизонтах. Между продуктивностью сидератов, урожайностью зерновых культур и изменением содержания подвижного фосфора в почве как пахотного, так и подпахотного горизонтов, были установлены связи, достоверные на 5%-ном уровне значимости. Было также показано, что агроценоотические эффекты продуктивности сидеральных агросообществ и урожайности зерновых культур были тесным образом связаны с содержанием подвижного фосфора в почве обоих горизонтов. Из этого следовало, что урожайность зерновых культур лимитировалась прежде всего содержанием в почвах подвижного фосфора, количество которого возрастало под влиянием агроценоотического эффекта в сидеральных агросообществах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Клингген И.* Среди патриархов земледелия народов Ближнего и Дальнего Востока: Египет, Индия, Китай и Япония. Ч. 1. Введение. Египет. СПб., 1898. 460 с.

2. Березин А.М., Чурпова В.В., Волошин Е.И. Влияние сидератов на плодородие чернозема выщелоченного и урожайность зерновых культур в условиях Красноярской лесостепи // *Агрохимия*. 1994. № 11. С. 16–24.
3. Гребенников А.М. Обеспеченность культур элементами минерального питания в смешанных посевах // *Агрохимия*. № 5. 2004. С. 26–35.
4. Гребенников А.М., Ельников И.И. Гречиха как фактор регулирования плодородия почв // *Почвоведение: аспекты, проблемы, решения*. М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева, 2003. С. 448–459.
5. Лошаков В.Г., Иванов Ю.Д., Николаев В.А. Плодородие дерново-подзолистых почв и продуктивность зерновых севооборотов при длительном использовании поживной сидерации // *Изв. ТСХА*. 2004. № 3. С. 3–14.
6. Гребенников А.М. Влияние смешивания посевов на микробиологическую активность почв // *Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева*. Вып. 61. М., 2008. С. 75–82.
7. Кузнецова О.Ю., Гребенников А.М. Рекультивация земель и улучшение качества ее проектирования // *Землеустр-во, кадастр и мониторинг земель*. № 1. 2009. С. 42–45.
8. Гребенников А.М. Использование сидерации смешанными агрообществами для повышения плодородия типичных черноземов // *Плодородие*. № 2. 2011. С. 30–32.
9. Лебедева И.И., Королева И.Е., Гребенников А.М. Концепция эволюции черноземов в условиях агроэкосистем // *Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева*. Вып. 71. М., 2013. С. 16–26.
10. Лебедева И.И., Чевердин Ю.И., Титова Т.В., Гребенников А.М., Маркина Л.Г. Структурное состояние миграционно-мицелиарных (типичных) агроэкосистем Каменной степи в условиях разновозрастной пашни // *Почвоведение*. 2017. № 2. С. 227–238.
11. Кузьмин В.Д. Смешанные посевы. Саратов: Приволжск. кн. изд-во, 1968. 56 с.
12. Гребенников А.М. Влияние смешивания посевов на вынос элементов минерального питания надземной массой растений в сидеральных сообществах // *Агрохимия*. 2005. № 6. С. 26–35.
13. Гребенников А.М. Содержание подвижного фосфора и обменного калия в типичных черноземах ЦЧО под смешанными посевами // *Агрохимия*. 2009. № 5. С. 13–21.
14. Гребенников А.М. Методические аспекты оценки агроэкологического эффекта в сидеральных агрообществах для воспроизводства плодородия типичных черноземов ЦЧЗ // *Землеустр-во, кадастр и мониторинг земель*. 2010. № 9. С. 79–89.
15. Гродзинский А.М., Миркин Б.М., Головкин Э.А., Туганав В.В. Перспективы функциональной агрофитоценологии // *Методологические проблемы аллелопатии*. Киев: Наукова думка, 1989. С. 15–28.
16. Шлапунов В.Н., Крышинева Н.Е. Технология и эффективность возделывания смешанных посевов кормовых культур. Минск, 1981. 39 с.
17. Практикум по агрохимии / Под ред. Минеева В.Г. М.: Изд-во МГУ, 2001. 689 с.
18. Гребенников А.М. Оценка взаимовлияния культур в смешанных посевах // *Агрохимия*. 2003. № 1. С. 68–73.

Influence of Sideral Agricultural Communities with the Participation of Buckwheat on the Agrochemical Properties of Typical Chernozems

A. M. Grebennikov

*Federal Research Center "V.V. Dokuchaev Soil Institute"
Pyzhevsky per. 7, bld. 2, Moscow 119017, Russia*

E-mail: gream1956@gmail.com

In the field experiment, the effect of binary sideral buckwheat mixtures on the content of humus, mobile phosphorus and exchangeable potassium in the arable and sub-arable horizons of typical heavy loamy chernozem was studied. It is shown that the use of mixed agricultural communities for sideration can be one of the reserves of biologization of agriculture, as well as reproduction of potential and effective fertility of chernozems in the Central Chernozem zone. The most significant positive effect on the agrochemical properties of both arable and sub-arable horizons, as well as on increasing the yield of grain crops, had an agrocenotic effect in mixtures of soy + buckwheat of the Demeter variety, buckwheat of the Winged + sunflower variety and buckwheat of the Demeter + sunflower variety. Connections were established between the productivity of siderates, the yield of grain crops and changes in the content of mobile phosphorus in the soil of both arable and sub-arable horizons, reliable at the 5% level of significance. It is shown that the yield of grain crops was limited primarily by the content of mobile phosphorus in the soils, the amount of which increased under the influence of the agrocenotic effect in the sideral agricultural communities.

Key words: binary sideral mixtures, buckwheat, siderate productivity, grain yield, agrocenotic effect, agrochemical properties of the soil.