

УДК 631.584.5:633.854.78:631.452:631.445.41

ВЛИЯНИЕ СИДЕРАЛЬНЫХ БИНАРНЫХ СМЕСЕЙ С УЧАСТИЕМ ПОДСОЛНЕЧНИКА НА КАЧЕСТВО И ПЛОДОРОДИЕ ТИПИЧНЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ

© 2024 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*

В полевом опыте изучили влияние бинарных сидеральных смесей с участием подсолнечника 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 источников воспроизводства потенциального и эффективного плодородия черноземов в ЦЧЗ. Установлено, что влияние агроценотического эффекта в бинарных смесях подсолнечника с соей, пайзой, гречихой сорта Крылатая и гречихой сорта Деметра приводило к значимому увеличению содержания гумуса, подвижного фосфора и обменного калия в пахотном и подпахотном горизонтах черноземов под этими агросообществами. Показано, что влияние агроценотического эффекта на увеличение содержания гумуса было эквивалентным внесению в пахотный горизонт подстилочного навоза 15.4–25.3 т/га, в подпахотный – 13.6–23.0 т/га. Это приводило к существенному улучшению качества исследованных почв. Увеличение содержания подвижного фосфора под влиянием фактора смешивания могло быть достигнуто при внесении в слои 0–25 и 25–40 см почвы соответственно 88–200 и 88–138 кг P_2O_5 /га. Увеличению содержания обменного калия под сидеральными смесями в слое 0–25 см почвы на 1.0–2.4 и в слое 40–50 см – на 1.7–2.0 мг/100 г почвы соответствовали бы дозы внесения 300–720 и 510–600 кг K_2O /га.

Ключевые слова: бинарные сидеральные смеси, продуктивность сидератов, урожайность зерновых культур, агроценотический эффект, агрохимические свойства, качество почв, чернозем типичный тяжелосуглинистый.

DOI: 10.31857/S0002188124050027, **EDN:** CZYZFL

ВВЕДЕНИЕ

Применение сидеральных удобрений может привести к существенному улучшению комплекса свойств почв, определяющих их плодородие и фитосанитарное состояние [1]. Удобрительная ценность сидератов определяется величиной их биомассы и содержанием в ней элементов питания растений [2]. Этим требованиям удовлетворяет использование в качестве сидеральной культуры подсолнечника, который может сформировать высокопродуктивную биомассу, содержащую в сбалансированных количествах большое количество элементов питания растений, что является фактором существенного повышения урожайности последующих культур [3]. Однако усилить эффект от сидерации можно, если в этих целях использовать не чистые посевы подсолнечника, а его экологически и аллелопатически совместимые смеси с другими культурами. Такие смеси могут значительно превосходить чистые посевы их компонентов по продуктивности

и концентрировать в тканях больше элементов минерального питания растений в сбалансированных количествах [4, 5].

При использовании для сидерации смешанных агросообществ в сравнении с чистыми посевами их компонентов часто отмечали более значительное улучшение всего комплекса свойств почв, определяющих плодородие, а также фитосанитарного состояния культур, выращиваемых после заделки сидератов [6–8].

Встречаются сведения, что смешанные посевы по сравнению с чистыми обладают значительно более высоким потенциалом средообразования [9], что в основном связано со способностью смешанных агросообществ 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, что выражается в способности смешанных посевов эффективным образом влиять на среду произрастания, частично используя при этом механизмы воздействия на окружающую среду естественного растительного покрова, средообразующую роль которого широко использовал человек в многовековой практике залежных и переложных систем земледелия [9].

Использование сидеральных агроценозов может значительно улучшить состояние почв, подверженных деградации и агроистощению, в результате длительного и нерационального использования в земледелии [10, 11]. Выращивание таких агроценозов часто приводило к улучшению агрохимических свойств почв даже в тех случаях, когда надземную массу смешанных посевов не использовали как зеленое удобрение, а отчуждали с полей [12]. Естественно, что еще и использование урожая таких агроценозов на сидерацию являлось мощным фактором увеличения плодородия почв. При этом прежде всего увеличивалось содержание гумуса в почве [13], являющееся одним из важных показателей качества почв [14].

Цель работы — оценка влияния подсолнечниковых сидератов, выращиваемых в чистых посевах и в агроценозах с другими культурами на агрохимические свойства почв.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

В полевом опыте с сидератами, состоящими из чистых посевов гречихи сорта Деметра, гречихи сорта Крылатая, сои сорта Октябрьская, подсолнечника сорта Енисей и из бинарных смесей подсолнечника с остальными культурами, проводили учет продуктивности сидеральных агроценозов и урожайности последующих зерновых культур. Опыты проводили в трехкратной повторности на стационаре Петринского опорного пункта Почвенного института им. В.В. Докучаева (Курская обл.) в период с 2001 по 2005 гг. Почвы опытного участка были представлены тяжелосуглинистыми мощными типичными черноземами.

На учетной площади каждой делянки, составлявшей 280 м² (5,6 · 50), сплошным методом определяли величину продуктивности сидеральных культур, а также 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) [15].

Для оценки влияния фактора смешивания посевов на изменение исследованных показателей применяли специально разработанный для этой цели метод построения вариантов сравнения [16], в соответствии с которым по величинам исследованных показателей агроценозов в чистых посевах рассчитывали варианты сравнения, которые отличались от показателей агроценозов лишь тем, что влияние фактора смешивания посевов было в них исключено. Для исследованных показателей вариант сравнения рассчитывали по следующей формуле: $Vs_i = P_i \times W_i / \text{Sum}(W_i)$, где Vs_i — вариант сравнения для i -той культуры, P_i — величина исследованного 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 нормальному по плотности посевам ($W_i = Q_i/N_i$), Sum — указатель суммы. Если исследуемый показатель имел 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 величиной этого показателя. Влияние фактора смешивания на продуктивность агроценоза и свойства почв — определяли как разность между величинами этих показателей в смешанном агроценозе и в варианте сравнения.

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

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Приведены средние за годы проведения опытов величины продуктивности надземной фитомассы в чистых посевах сидератов и их бинарных смесях, величины урожайности зерновых культур и агрохимических свойств почв в пахотном и подпахотном горизонтах (табл. 1).

Наиболее высокие показатели продуктивности сидератов были получены в смешанных агроценозах, особенно в смесях подсолнечника с каждым из сортов гречихи, а также с соей и пайзой. Из чистых посевов сидератов максимальной продуктивностью отличался вариант с подсолнечником, но величина продуктивности в этом варианте была меньше соответствующего показателя любого из рассматриваемых агроценозов.

Таблица 1. Продуктивность сидератов, урожайность последующих зерновых культур и показатели агрохимических свойств почвы в пахотном и подпахотном горизонтах

Вариант	Продуктивность, г сухого вещества/м ² *	Урожайность зерновых, ц/га**	Содержание					
			гумуса, %		подвижного фосфора		обменного калия	
					мг/100 г почвы			
			Апах	Аподпах	Апах	Аподпах	Апах	Аподпах
Соя	410	32.7	0.30 ^a	0.09	1.3	0.5	−2.2	−2.2
Подсолнечник	720	32.3	0.47 ^a	0.13	0.6	0.4	−1.6	−0.5
Пайза	480	31.9	0.33 ^a	0.07	1.4	0.6	−1.0	0.8
Гречиха сорта Крылатая	520	32.8	0.26 ^a	0.15 ^a	0.8	0.2	−1.2	0.1
Гречиха сорта Деметра	570	32.0	0.33 ^a	0.22 ^a	0.8	0	0.5	1.1
Соя + подсолнечник	855	32.9	0.62 ^a	0.39 ^a	2.2	1.5	−0.4	0.7
Подсолнечник + пайза	985	33.3	0.73 ^a	0.37 ^a	2.4 ^a	1.6	0.9	2.1 ^a
Подсолнечник + гречиха сорта Крылатая	890	33.8	0.64 ^a	0.32 ^a	2.0 ^a	1.5	−0.2	2.1 ^a
Подсолнечник + гречиха сорта Деметра	905	34.3	0.63 ^a	0.35 ^a	2.4 ^a	1.8	0.8	2.0 ^a

* $HCP_{05} = 79$ г сухого вещества/м².** $HCP_{05} = 1.1$ ц/га.Примечание. Верхний индекс а — значимые различия при $p = 0.95$.

В вариантах опыта со смешанными агрооб- ществами, как наиболее продуктивными, была получена самая высокая урожайность зерновых культур. Максимальная урожайность, полученная после запашки сидератов на делянках с чисты- ми посевами, была достигнута в варианте с гре- чихой сорта Крылатая. Однако отличия величины этой урожайности от соответствующей в вариантах с чистыми, так и от смешанных посевов сидератов, были несущественными.

За пятилетний период проведения опытов в па- хотном горизонте чернозема под всеми вариантами опыта произошло статистически значимое увели- чение содержания гумуса. В вариантах с чистыми посевами количество гумуса возросло на 0.26— 0.47%, смешанных агроценозов — на 0.62—0.73%.

В подпахотном горизонте за время проведения опыта содержание гумуса возросло также во всех вариантах. Однако статистическая значимость этого факта была подтверждена только в 6-ти ва- риантах из 9-ти. При этом общий эффект увели- чения содержания гумуса в подпахотном горизон- те был достоверным во всех вариантах со смешан- ными агроценозами и в 2-х вариантах с чистыми посевами (гречиха сорта Крылатая, гречиха сорта Деметра). Содержание гумуса в вариантах с гречи- хой сорта Крылатая и гречихой сорта Деметра со- ответственно возросло на 0.15 и 0.22%. Наиболее

высокими и достаточно близкими показателями увеличения содержания гумуса характеризовались варианты со всеми агрообобществами, количе- ство гумуса в почвах этих вариантов увеличилось на 0.32—0.39%.

Таким образом, влияние фактора смешивания приводило к существенному увеличению содержа- ния гумуса в пахотном и подпахотном горизонтах, что являлось фактором улучшения качества исследо- ванных почв.

За период исследования в пахотном горизонте почв во всех вариантах опыта было отмечено возра- стание количества подвижного фосфора. При этом статистически достоверное возрастание количества этого элемента отмечено только в вариантах со сме- шанными агрообобществами (на 2.0—2.4 мг/100 г почвы), тогда как в почве во всех вариантах чистых посевов сидератов увеличение содержания подвиж- ного фосфора не было значимым.

В подпахотном горизонте во всех вариантах су- щественных изменений содержания подвижного фосфора за период проведения исследования от- мечено не было. При этом наблюдали недостовер- ную тенденцию к увеличению содержания этого элемента в слое 25—40 см во всех вариантах за ис- ключением чистых посевов гречихи сорта Деметра, содержание подвижного фосфора под которыми не претерпело никаких изменений. В подпахотном

горизонте под остальными чистыми посевами содержание подвижного фосфора возрастало на 0.2–0.6 мг/100 г почвы, под агроценозными — на 1.5–1.8 мг/100 г почвы.

Содержание обменного калия в пахотном горизонте во всех без исключения вариантах за рассмотренный период изменялось незначимо. Существенное увеличение количества этого элемента в слое 0–25 см отмечено под чистыми посевами гречихи сорта Деметра и под агроценозами подсолнечник + пайза и подсолнечник + гречиха сорта Деметра, а под остальными агроценозами уровень содержания обменного калия незначимо уменьшался.

Содержание обменного калия в подпахотном горизонте за период исследования значимо увеличилось в вариантах подсолнечник + пайза, подсолнечник + гречиха сорта Крылатая и подсолнечник + гречиха сорта Деметра соответственно на 2.1, 2.1 и 2.0 мг/100 г почвы. В вариантах с чистыми посевами содержание обменного калия изменялось незначимо 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. Несущественно изменялось количество обменного калия в подпахотном горизонте лишь под одним из 4-х агроценозов: под агроценозом подсолнечник + соя оно возрастало на 0.7 мг/100 г почвы.

Агроценозные 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 агроценозных эффектов были данные табл. 1. Под влиянием агроценозного 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, незначительно уменьшалась в сортосмеси гречихи. Примерно такие же тенденции прослежены при

Таблица 2. Величина агроценозного эффекта для вариантов с сидеральными агроценозами и посеянных в этих вариантах зерновых культур

Вариант	Сидеральные агроценозы, г сухого вещества/м ²			Зерновые культуры, ц/га		
	<i>Pa</i>	<i>Pвс</i>	<i>АЭ</i>	<i>Уа</i>	<i>Увс</i>	<i>АЭ</i>
Соя + подсолнечник	855	565	290	32.9	32.5	0.4
Подсолнечник + пайза	985	600	385	33.3	32.1	1.2
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. *Pa*, *Pвс*, *АЭ*, *Уа* и *Увс* — соответственно продуктивность сидеральных агроценозов, продуктивность вариантов сравнения, агроценозный эффект, урожайность зерновых в вариантах, ранее занятых сидеральными агроценозами, урожайность зерновых в вариантах сравнения.

Таблица 3. Влияние фактора смешивания на агрохимические свойства пахотного и подпахотного горизонтов почв

Вариант	Содержание					
	гумуса, %		подвижного фосфора		обменного калия	
			мг/100 г почвы			
	Апах	Аподпах	Апах	Аподпах	Апах	Аподпах
Соя + подсолнечник	0.23*	0.28*	1.3*	1.0*	1.5*	2.0*
Подсолнечник + пайза	0.20*	0.20*	1.4*	1.1*	2.0*	1.9*
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*

* Отмечены значимые на 5%-ном уровне изменения исследованных показателей.

действию фактора смешивания на урожайность зерновых культур.

Аналогичным образом были рассчитаны агроценотические эффекты для исследованных агрохимических свойств почвы (табл. 3).

Влияние агроценотического эффекта привело к значимому увеличению содержания гумуса (на 0.14–0.23%) в пахотном горизонте под всеми агроценозами. Особенно заметным это было в пахотном горизонте под агроценозами соя + подсолнечник и подсолнечник + гречиха сорта Крылатая. Содержание органического вещества в слое 0–25 см под этими агроценозами в результате влияния агроценотического эффекта увеличилось на 0.23%. Для указанных агроценозов вклад агроценотического эффекта в общее увеличение содержания гумуса в пахотном горизонте в изученных агроценозах составил 22–37%.

Воздействие фактора смешивания также привело к значимому увеличению содержания гумуса в подпахотном горизонте под всеми агроценозами, количество органического вещества под которыми возросло на 0.19–0.32%. Вклад фактора смешивания в общее увеличение содержания гумуса в подпахотном горизонте под изученными агроценозами составил 54–91%.

Таким образом, под влиянием агроценотического эффекта в пахотном горизонте и в слое 25–40 см под всеми без исключения агроценозами произошло значимое повышение содержания гумуса соответственно на 0.14–0.23 и 0.19–0.32%. Согласно балансовым расчетам [17], для повышения на указанную величину содержания органического вещества в пахотном горизонте тяжелосуглинистых черноземов необходимо внести подстилочного навоза 15.4–25.3 т/га. Увеличение содержания органического вещества в слое почвы 25–40 см на 0.19–0.32% могло произойти при поступлении в подпахотный горизонт количества органики, эквивалентного дозе подстилочного навоза 13.6–23.0 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 всеми смешанными посевами. Такую же закономерность наблюдали и в подпахотном горизонте, в котором агроценотический эффект привел к существенному возрастанию содержания подвижного фосфора под всеми смешанными агроценозами на 0.7–1.1 мг/100 г почвы.

Вклад агроценотического эффекта в увеличение содержания подвижного фосфора в пахотном горизонте под агроценозами составлял 35–67%. В слое почвы 25–40 см под указанными агроценозами вклад фактора смешивания в увеличение

содержания подвижного фосфора определялся величинами 47–69%. Однако при этом общий эффект от сидерации оказался незначимым.

Согласно зонально-провинциальным нормативам [18], эффект значимого увеличения содержания подвижного фосфора в пахотном слое на 0.7–1.6 мг/100 г почвы под воздействием фактора смешивания, отмеченный в пахотном горизонте под смешанными агроценозами, был эквивалентным внесению в запас 88–200 кг P_2O_5 /га. Для увеличения содержания подвижного фосфора на 0.7–1.1 мг/100 г почвы под сидеральными смесями в подпахотном горизонте мощных тяжелосуглинистых типичных черноземах потребовалось бы внести 88–138 кг P_2O_5 /га.

Влияние агроценотического эффекта приводило к значимому увеличению содержания обменного калия в слое почвы 0–25 см под всеми сидеральными смесями на 1.0–2.4 мг/100 г почвы.

Общий эффект увеличения содержания обменного калия под всеми смешанными агроценозами в пахотном горизонте (под воздействием всей совокупности факторов, включая фактор смешивания) был незначимым и характеризовался невысокими положительными и даже отрицательными показателями. Это означало, что при исключении фактора смешивания результирующая остальных факторов, влиявших на содержание обменного калия в слое почвы 0–25 см была отрицательной.

Под влиянием агроценотического эффекта произошло значимое увеличение количества обменного калия в слое почвы 25–40 см под всеми агроценозами. Вклад фактора смешивания в общее увеличение содержания обменного калия в подпахотном горизонте под агроценозами подсолнечник + пайза, подсолнечник + гречиха сорта Крылатая и подсолнечник + гречиха сорта Деметра (агроценозы, под которыми в слое почвы 25–40 см отмечено достоверное увеличение содержания обменного калия под влиянием общего эффекта) составил 90.5, 85.7 и 85.0%. 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 была отрицательной.

Воздействие агроценотического эффекта привело к достоверному увеличению количества обменного калия в пахотном горизонте после сидерации смешанными агроценозами на 1.0–2.4 мг/100 г почвы. В подпахотном слое под всеми смешанными агроценозами содержание обменного калия в результате влияния этого эффекта возросло на 1.7–2.0 мг/100 г. Согласно зонально-провинциальным нормативам [18], для достижения этого эффекта было необходимо, чтобы в пахотный

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

Показатели урожая	Урожайность зерновых, ц/га	Содержание					
		гумуса, %		подвижного фосфора,		обменного калия	
		мг/100 г почвы					
		Апах	Аподпах	Апах	Аподпах	Апах	Аподпах
Продуктивность сидератов, г сухого вещества/м ²	0.71	0.97	0.90	0.75	0.85	0.70	0.74
Урожайность зерновых, ц/га	—	0.70	0.70	0.74	0.82	0.47	0.50

горизонт поступило 300–720 кг K_2O /га, в подпахотный — 510–600 кг K_2O /га.

Для оценки связи между продуктивностью сидератов, урожайностью зерновых культур и изменением агрохимических свойств почв были рассчитаны коэффициенты корреляции (табл. 4).

Продуктивность сидератов в опыте была достоверно связана с урожайностью последующих зерновых культур и изменением всех исследованных свойств почв в обоих горизонтах. Урожайность зерновых культур значимо зависела от изменения содержания гумуса и подвижного фосфора в пахотном и подпахотном горизонтах, тогда как величины коэффициентов корреляции между урожайностью зерновых культур содержанием обменного калия в обоих горизонтах были недостоверными.

Судя по величинам коэффициентов корреляции, связь между продуктивностью сидератов и агрохимическими свойствами была более выраженной по сравнению с зависимостью от последних урожайности зерновых культур. Это представляется вполне логичным. Сидераты являлись удобрением, и чем большее их количество запахивали в почву, тем более увеличивалось в ней содержание питательных веществ. Зерновые высевали на 2-й год, и они поглощали питательные вещества не пропорционально их содержанию в почве, а в соответствии с потребностью растений в элементах питания, поэтому достоверные корреляционные связи между урожайностью и содержанием какого-либо элемента питания в почве могли появиться лишь тогда, когда этот элемент лимитировал величину урожая. Как следует из табл. 4, урожайность зерновых культур в рассмотренном опыте лимитировалась содержанием подвижного фосфора в пахотном и подпахотном горизонтах. Достоверные связи между урожайностью зерновых культур и содержанием гумуса в обоих горизонтах, по-видимому, отражали дефицит азота, значительную часть потребности в котором (примерно половину) растения восполняют за счет азота почвы, образовавшегося при минерализации гумуса [19].

Поскольку корреляционная зависимость между урожайностью зерновых культур и содержанием обменного калия как в пахотном, так и подпахотном горизонтах не была достоверной, этот элемент питания в данном опыте был менее дефицитным по сравнению с подвижным фосфором и азотом.

ВЫВОДЫ

Таким образом, показано, что использование для сидерации смешанных агроценозов может быть источником воспроизводства потенциально-го и эффективного плодородия черноземов в ЦЧЗ.

Уровень воспроизводства плодородия при сидерации почв зависит от состава используемых для этой цели агроценозов, что определяется направленностью и величиной влияния агроценозического эффекта на их функционально-структурные показатели и свойства почв применительно к конкретным почвенно-климатическим условиям.

Было установлено, что влияние агроценозического эффекта в бинарных смесях подсолнечника с соей, пайзой, гречихой сорта Крылатая и гречихой сорта Деметра приводило к значимому увеличению содержания гумуса, подвижного фосфора и обменного калия в пахотном и подпахотном горизонтах черноземов под этими агроценозами.

Установлено, что влияние агроценозического эффекта привело к значимому увеличению содержания гумуса в пахотном и подпахотном горизонтах под всеми агроценозами соответственно на 0.14–0.23 и 0.19–0.32%, что приводило к существенному улучшению качества исследованных черноземов. Для повышения на указанную величину содержания органического вещества в пахотный горизонт тяжелосуглинистых черноземов необходимо внести подстилочного навоза 15.4–25.3 т/га, в подпахотный — 13.6–23.0 т/га.

Под влиянием фактора смешивания существенно возросло содержание подвижного фосфора

в слоях 0–25 и 25–40 см почвы под всеми агро-сообществами соответственно на 0.7–1.6 и 0.7–1.1 мг/100 г почвы. Для достижения такого эффекта в пахотный горизонт необходимо было бы внести 88–200 кг P_2O_5 /га, в подпахотный – 88–138 кг P_2O_5 /га.

Увеличению содержания обменного калия под сидеральными смесями в слое 0–25 см почвы на 1.0–2.4 и в слое 40–50 см на 1.7–2.0 мг/100 г почвы соответствовали бы нормы внесения 300–720 и 510–600 кг K_2O /га.

Между продуктивностью сидератов, урожайностью зерновых культур и изменением содержания гумуса, подвижного фосфора в почве как пахотного, так и подпахотного горизонтов были установлены связи, достоверные на 5%-ном уровне значимости.

Показано, что урожайность зерновых культур в рассмотренном опыте лимитировалась содержанием подвижного фосфора в пахотном и подпахотном горизонтах почвы. Достоверные связи между урожайностью зерновых культур и содержанием гумуса в обоих горизонтах по всей видимости свидетельствовали о дефиците азота. Недостоверные корреляционные зависимости между урожайностью зерновых культур и содержанием обменного калия в обоих горизонтах указывали на менее выраженный дефицит этого элемента по сравнению с подвижным фосфором и азотом.

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., Чупрова 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. *Гавар С.П., Макаров А.Р., Кошелев Б.С.* Влияние сидерального удобрения на урожай зерновых культур в лесостепной зоне Омской области // *Агрохимия*. 1997. № 12. С. 41–46.
4. *Шлапунов В.Н., Крышинева Н.Е.* Технология и эффективность возделывания смешанных посевов кормовых культур. Минск, 1981. 39 с.
5. *Гребенников А.М., Ельников И.И.* Экологические функции культурной растительности в агроценозе // *Агрохимия*. 2001. № 9. С. 75–84.
6. *Гребенников А.М.* Содержание подвижного фосфора и обменного калия в типичных черноземах ЦЧО под смешанными посевами // *Агрохимия*. № 5. 2009. С. 13–21.
7. *Гребенников А.М.* Влияние смешивания посевов на вынос элементов минерального питания надземной массой растений в сидеральных сообществах // *Агрохимия*. № 6. 2005. С. 26–35.
8. *Гребенников А.М.* Фитосанитарный аспект повышения плодородия черноземов сидеральными смесями // *Земледелие*. № 3. 2011. С. 24–26.
9. *Гродзинский А.М., Миркин Б.М., Головкин Э.А., Туганов В.В.* Перспективы функциональной агрофитоценологии // *Методологические проблемы аллелопатии*. Киев: Наукова думка, 1989. С. 15–28.
10. *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.
11. *Лебедева И.И., Базыкина Г.С., Гребенников А.М., Чевердин Ю.И., Беспалов В.А.* Опыт комплексной оценки влияния длительности земледельческого использования на свойства и режимы агро-черноземов Каменной степи // *Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева*. Вып. 83. М., 2016. С. 77–102.
12. *Кузьмин В.Д.* Смешанные посевы. Саратов: Приволж. кн. изд-во, 1968. 56 с.
13. *Столбовой В.С., Гребенников А.М.* Индикаторы качества почв пахотных угодий РФ // *Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева*. 2020. Вып. 104. С. 31–67. <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2020-104-31-67>
14. *Столбовой В.С., Гребенников А.М., Оглезнев А.К.* Регистр индикаторов качества почв сельскохозяйственных угодий Российской Федерации. Верс. 1.0. Коллект. монограф. Иваново: ПресСто, 2021. 260 с. <https://doi.org/10.51961/9785604637401>
15. *Практикум по агрохимии* / Под ред. Минеева В.Г. М.: Изд-во МГУ, 2001. 689 с.
16. *Гребенников А.М.* Оценка взаимовлияния культур в смешанных посевах // *Агрохимия*. 2003. № 1. С. 68–73.
17. *Методические указания по определению баланса питательных веществ азота, фосфора, калия, гумуса, кальция*. М.: ЦИНАО, 2000. 39 с.
18. *Фрид А.С., Кузнецова И.В., Королева И.Е., Бондарев А.Г., Козут Б.М., Уткаева В.Ф., Азовцева Н.А.* Зонально-провинциальные нормативы изменения агрохимических, физико-химических и физических показателей основных пахотных почв европейской территории России при антропогенных воздействиях. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2010. 176 с.
19. *Динамика баланса гумуса в пахотных землях Российской Федерации*. М.: Госкомзем РФ, РосНИИ-земпроект, 1998. 60 с.

Effect of Sideral Binary Mixtures with Sunflower on the Quality and Fertility 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 mixtures with sunflower on the content of humus, mobile phosphorus and exchangeable potassium in 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 sources of reproduction of potential and effective fertility of chernozems in the Central Chernozem District. It was found that the influence of the agrocenotic effect in binary mixtures of sunflower with soy, payza, buckwheat of the Krylataya variety and buckwheat of the Demeter variety led to a significant increase in the content of humus, mobile phosphorus and exchangeable potassium in the arable and sub-arable horizons of chernozems under these agricultural communities. It was shown that the effect of the agrocenotic effect on the increase in humus content was equivalent to the introduction of litter manure into the arable horizon of 15.4–25.3 t/ha, in the sub-arable – 13.6–23.0 t/ha. This led to a significant improvement in the quality of the studied soils. An increase in the content of mobile phosphorus under the influence of the mixing factor could be achieved by introducing 88–200 and 88–138 kg of P_2O_5 /ha into the layers of 0–25 and 25–40 cm of soil, respectively. An increase in the content of exchangeable potassium under sideral mixtures in a layer of 0–25 cm of soil by 1.0–2.4 and in a layer of 40–50 cm by 1.7–2.0 mg/100 g of soil would correspond to doses of 300–720 and 510–600 kg K_2O /ha.

Keywords: binary green manure mixtures, green manure productivity, grain crop yield, agrocenotic effect, agrochemical properties, soil quality, typical heavy loamy chernozem.