

УДК 631.584.2:633.854.78:631.43:631.445.41

ВЛИЯНИЕ ПОДСОЛНЕЧНИКОВЫХ СИДЕРАЛЬНЫХ АГРОСООБЩЕСТВ НА АГРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА 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 подсолнечниковых смесей на объемную массу, коэффициент структурности и степень агрегатности пахотного и подпахотного горизонтов чернозема типичного тяжелосуглинистого. Показано, что смешивание посевов в сидеральных агрообществах в большинстве случаев приводило к возрастанию урожайности последующих зерновых культур и улучшению рассмотренных агрофизических свойств чернозема. Снижение объемной массы, увеличение коэффициента структурности и степени агрегатности как в пахотном, так и в подпахотном горизонте под всеми смешанными агрообществами было более эффективным по сравнению с этими же горизонтами под вариантами с чистыми посевами. Наиболее значительным было улучшение агрофизических свойств в почвах под агрообществами соя + подсолнечник и пайза + подсолнечник. Способность смешанных сидеральных агрообществ эффективно снижать объемную массу позволяет уменьшить ее на переуплотненных почвах, тем самым повышая качество этих почв.

Ключевые слова: бинарные сидеральные смеси, подсолнечник, продуктивность сидератов, урожайность зерновых культур, агроценотический эффект, агрофизические свойства почвы, чернозем.

DOI: 10.31857/S0002188124060023, EDN: CYGBYX

ВВЕДЕНИЕ

К моменту цветения подсолнечник формирует значительную фитомассу, содержащую в сбалансированных количествах все элементы питания растений, необходимые им для роста и развития. Это делает подсолнечник перспективным для его успешного использования в качестве зеленого удобрения, улучшающего комплекс свойств почв, определяющих их плодородие и фитосанитарное состояние [1–3]. Например, запахка подсолнечника как сидерата в Нечерноземной зоне России обеспечивала прибавку урожайности зерна озимых и яровых культур в среднем на 5–10, картофеля – на 50–90, зеленой массы кукурузы – на 50–70 и силосных – на 40–100 ц/га [4]. Применение подсолнечника в качестве сидеральной культуры может быть экономически эффективным приемом. Например, в полевых опытах на маломощной луговой осолоделой почве урожайность ячменя после сидерального подсолнечникового пара была больше на 2.9 ц/га, чем урожайность этой культуры, посеянной на поле после чистого пара, а себестоимость

подсолнечникового пара была меньше себестоимости чистого пара на 14% [5].

Однако эффективность применения подсолнечника в качестве сидерата можно значительно увеличить, если использовать не чистые посева этой культуры, а смесь культур, экологически и аллелопатически совместимых с подсолнечником. Такие смеси могут значительно превосходить чистые посева их компонентов по продуктивности и концентрировать в биомассе больше элементов минерального питания растений в сбалансированных количествах [6, 7].

При использовании для сидерации смешанных агрообществ 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 [8–10].

Однако информация о влиянии сидеральных смесей с подсолнечником на их продуктивность и свойства почв, представленная в литературе, чрезвычайно скупа, требует дальнейших исследований, но при этом иногда встречаются сведения, указывающие

на преимущества использования сидеральных смесей с подсолнечником по отношению к чистым посевам культур, составляющих эти смеси.

Улучшение водно-физических свойств почв может происходить не только под пологом бобово-злаковых смесей. Например, по данным Г.Н. Гаврилова [11], оструктурирующее действие на почву смеси кукуруза + подсолнечник превосходило аналогичный эффект от чистых посевов этих культур, а подсолнечник в смеси с кукурузой оказывал более позитивное влияние на структуру почв по сравнению со смесью кукурузы и бобового компонента, в качестве которого был взят эспарцет.

В опытах, проведенных в условиях Кемеровской области, дерново-подзолистая почва под смесью с участием подсолнечника была насыщена корнями в 1.5–2.0 раза больше по сравнению с почвой под чистыми посевами этих культур [12]. Это позволило, с одной стороны, уменьшить объемную массу почвы, что является особенно актуальным для переуплотненных почв, длительное время используемых в земледелии [13, 14]. С другой стороны, уменьшение объемной массы переуплотненных почв соответствует улучшению их качества [15], поэтому сидерация почв смешанными посевами может быть одним из способов улучшения качества почв.

Цель работы – оценка влияния подсолнечниковых сидератов, выращенных в чистых посевах и в смесях с другими культурами, на агрофизические свойства чернозема.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

В полевом опыте с сидератами, состоящими из чистых посевов гречихи сорта Деметра, гречихи сорта Крылатая, сои сорта Октябрьская, подсолнечника сорта Енисей и их бинарных смесей с подсолнечником вели учет продуктивности сидеральных агрообществ и урожайности последующих зерновых культур. Опыты проводили в 3-х повторностях на стационаре Петринского опорного пункта Почвенного института им. В.В. Докучаева (Курская обл.) в период с 2001 по 2005 г. Почвы опытного участка были представлены тяжелосуглинистыми мощными типичными черноземами.

На учетной площади каждой делянки, составлявшей 280 м² (5.6 × 50 м), сплошным методом определяли величину продуктивности сидеральных культур и урожайность озимой и яровой пшеницы, которые по годам исследования чередовались с посевами сидератов.

В годы закладки и окончания проведения опытов в пахотном (0–25 см) и подпахотном (25–40 см) горизонте определяли объемный вес чернозема.

В год окончания опытов в тех же горизонтах определяли его гранулометрический и микроагрегатный состав. Полученные результаты использовали для расчета фактора структурности и степени агрегатности, отражающих водоустойчивость и водопрочность почвенной структуры. Для определения агрофизических свойств использовали методики, приведенные в [16].

Для оценки влияния фактора смешивания посевов на изменение исследованных показателей был разработан метод построения вариантов сравнения [17]. Суть этого 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 отсутствие – во втором. 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 -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 исследованный показатель имел начальную и конечную величину как у объемного веса, определенного 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 агрообществе и в варианте сравнения.

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

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

По данным исследования, были рассчитаны средние за годы проведения наблюдений величины продуктивности надземной фитомассы в чистых посевах сидератов и их бинарных смесях, урожайности зерновых культур и показатели физических свойств почв в пахотном и подпахотном горизонтах чернозема (табл. 1).

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

Сидерат	Продуктивность, г сухого вещества/м ² *	Урожайность зерновых, ц/га**	Снижение объемной массы, г/см ³		Коэффициент структурности		Степень агрегатности	
			%					
			1	2	1	2	1	2
Соя	410	32.7	0.06	0.03	93.1	91.8	84.7	85.6
Подсолнечник	720	32.3	0.04	0.02	95.5	93.9	84.7	85.3
Пайза	480	31.9	0.04	0.02	94.4	93.3	84.3	85.2
Гречиха сорта Крылатая	520	32.8	0.06	0.03	92.4	91.2	82.2	78.3
Гречиха сорта Деметра	570	32.0	0.07	0.02	93.1	91.7	85.8	81.3
Соя + подсолнечник	855	32.9	0.09	0.07	97.8	94.6	89.7	89.6
Подсолнечник + пайза	985	33.3	0.13	0.09	98.5	96.3	90.4	89.4
Подсолнечник + гречиха сорта Крылатая	890	33.8	0.08	0.06	95.6	94.1	85.6	83.6
Подсолнечник + гречиха сорта Деметра	905	34.3	0.09	0.06	96.0	94.5	87.9	85.1

Примечание. В графе 1 – Апах, 2 – Аподпах горизонт. То же в табл. 3.

* $HCP_{05} = 79$ г сухого вещества/м².

** $HCP_{05} = 1.1$ ц/га.

Продуктивность всех без исключения смешанных агрообществ существенно превосходила чистые посева составляющих их компонентов. Особенно высокой была продуктивность агрообщества подсолнечник + пайза, которая была значимо больше не только продуктивности чистых сидеральных посевов, но и всех остальных агрообществ.

Максимальные урожайности зерновых культур были приурочены к вариантам с агрообществами подсолнечник + гречиха сорта Крылатая и подсолнечник + гречиха сорта Деметра. Наиболее высокая урожайность на делянках с чистыми посевами сидератов была достигнута в варианте с гречихой сорта Крылатая. Однако урожайность зерновых в этом варианте незначительно превосходила соответствующий показатель в вариантах с чистыми посевами и существенно не отличалась от аналогичных показателей на большинстве делянок, где в качестве сидератов использовали бинарные смеси. Лишь в варианте с сидеральным агрообществом подсолнечник + гречиха сорта Деметра урожайность зерновых была значимо больше соответствующей величины в варианте с чистыми сидеральными посевами гречихи сорта Крылатая.

За период проведения опыта объемная масса почвы пахотного горизонта уменьшилась во всех вариантах. Под чистыми посевами этот показатель снизился на 0.04–0.07 г/см³. Снижение объемной массы почвы пахотного горизонта под всеми смешанными агрообществами превосходило уменьшение плотности этого горизонта во всех

вариантах с чистыми посевами и составляло 0.08–0.13 г/см³.

В рамках сходных тенденций происходило изменение плотности подпахотного горизонта. Его объемная масса под чистыми посевами уменьшилась на 0.02–0.03 г/см³. Под смешанными агрообществами уменьшение плотности этого горизонта было более заметным и составляло 0.06–0.09 г/см³.

Из этого следует, что использование в качестве сидератов смешанных агрообществ по сравнению с чистыми посевами культур приводило к более выраженной тенденции к снижению объемной массы почвы пахотного и подпахотного горизонтов. Это было связано с преимущественным положительным влиянием агроценотического эффекта в рассматриваемых агрообществах на плотность чернозема. Такая направленность воздействия на переуплотненных почвах, используемых в земледелии, позволяет оптимизировать объемную массу, тем самым повышая качество пахотных почв [18].

Смешанные агрообщества по сравнению с чистыми посевами оказывали более выраженное позитивное влияние на структуру почвы пахотного горизонта. Коэффициент структурности почвы под ними изменялся от 95.6 до 98.5%, что было больше по сравнению с соответствующими величинами этого показателя под чистыми посевами, составлявшими 92.4–95.5%.

Наиболее высокие показатели коэффициента структурности почвы в пахотном горизонте, равные 97.8 и 98.5%, были отмечены под

агросообществами соя + подсолнечник и пайза + подсолнечник. Эти величины были заметно больше максимального коэффициента структурности в вариантах под чистыми посевами, которое было отмечено под подсолнечниковым сидератом и равнялось 95.5%. Величины коэффициента структурности почвы в пахотном горизонте в остальных вариантах опыта с чистыми и смешанными посевами соответственно изменялись в пределах 92.4–94.4 и 95.6–96.0%.

В подпахотном горизонте, так же как и в пахотном, наиболее высокими величинами коэффициента структурности 94.6 и 96.3% характеризовались бинарные смеси подсолнечника с соей и пайзой. Максимальный коэффициент структурности в слое 25–40 см почвы среди вариантов с чистыми посевами сидератов, так же как и в слое 0–25 см, отмечен в вариантах с подсолнечником и был равен 93.9%. Величины коэффициента структурности почвы в подпахотном горизонте в остальных вариантах опыта с чистыми и смешанными посевами соответственно составляли 91.2–93.3% и 94.1–96.3%.

Таким образом, величина коэффициента структурности чернозема как в пахотном, так и в подпахотном горизонтах была наиболее высокой под бинарными смесями подсолнечника с соей и пайзой. При этом величины коэффициента структурности под смешанными посевами как в слое 0–25, так и 25–40 см превосходили соответствующие показатели почвы под чистыми посевами.

Наиболее высокими показателями степени агрегатности почвы пахотного горизонта, равными 89.6 и 90.4%, характеризовались смешанные агрообщества соя + подсолнечник и пайза + подсолнечник. В порядке уменьшения этого показателя следовал агроценоз подсолнечник + гречиха сорта Деметра, степень агрегатности слоя 0–25 см почвы под которым составила 87.9%, далее располагались чистые посевы гречихи сорта Деметра и агрообщество гречиха сорта Крылатая + подсолнечник, рассматриваемый показатель в вариантах с которыми имел близкие величины, соответственно

равные 85.8 и 85.6%. В пахотном горизонте в остальных вариантах опыта, представленных чистыми посевами сидератов, степень агрегатности составляла 82.2–84.7%.

В подпахотном горизонте, так же как и в слое 0–25 см, максимальную степень агрегатности почвы отмечали под агрообществами соя + подсолнечник (89.6%) и пайза + подсолнечник (89.4%). Под агрообществами гречиха сорта Крылатая + подсолнечник и подсолнечник + гречиха сорта Деметра степень агрегатности подпахотного горизонта была несущественно меньше и соответственно равнялась 83.6 и 85.1%. В 3-х случаях из 5-ти степень агрегатности почвы подпахотного горизонта под чистыми посевами сидеральных культур (соя, подсолнечник, пайза) была несколько больше соответствующих показателей слоя 25–40 см под бинарными смесями подсолнечника с разными сортами гречихи и составляла 85.2–85.6%. В остальных 2-х вариантах с чистыми посевами гречихи сорта Крылатая и сорта Деметра степень агрегатности почвы подпахотного горизонта была минимальной и составляла соответственно 78.3 и 81.6%.

Агроценотические эффекты для продуктивности сидеральных агрообществ и урожайности зерновых культур были рассчитаны по разности между величинами этих показателей в вариантах с агрообществами и вариантах сравнения (табл. 2).

Исходной информацией для расчета агроценотических эффектов были данные табл. 1. Под влиянием агроценотического эффекта продуктивность сидеральных агрообществ изменялась неодинаковым образом. Она значительно возрастала в агрообществах 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 в воздействии фактора смешивания на урожайность зерновых культур.

Таблица 2. Величина агроценотического эффекта в вариантах с сидеральными агрообществами и посеянными в этих вариантах зерновыми культурами

Вариант	Сидеральные агрообщества, г сухого вещества/м ²			Зерновые культуры, ц/га		
	<i>Pa</i> *	<i>Pвс</i>	<i>AЭ</i>	<i>Уа</i>	<i>Увс</i>	<i>AЭ</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

* *Pa*, *Pвс*, *AЭ*, *Уа* и *Увс* – соответственно продуктивность сидеральных агрообществ, продуктивность вариантов сравнения, агроценотический эффект, урожайность зерновых на делянках, ранее занятых сидеральными агрообществами, урожайность зерновых в вариантах сравнения.

Таблица 3. Влияние фактора смешивания на агрофизические свойства пахотного и подпахотного горизонтов чернозема

Вариант	Снижение объемной массы, г/см ³		Коэффициент структурности		Степень агрегатности	
			%			
	1	2	1	2	1	2
Соя + подсолнечник	0.04	0.05	3.5	1.8	5.0	4.1
Подсолнечник + пайза	0.09	0.07	3.5	2.7	5.9	4.1
Подсолнечник + гречиха сорта Крылатая	0.03	0.03	1.6	1.6	2.1	1.7
Подсолнечник + гречиха сорта Деметра	0.03	0.04	1.7	1.7	2.6	1.8

Аналогичным образом были рассчитаны агроценотические эффекты для исследованных агрофизических свойств чернозема (табл. 3).

Воздействие агроценотического эффекта определяло тенденцию к уменьшению объемной массы почвы пахотного горизонта под всеми исследованными агрообществами. В наибольшей степени это было выражено под агрообществом подсолнечник + пайза, плотность пахотного горизонта под которыми уменьшилась на 0.09, подпахотного — на 0.07 г/см³. Влияние агроценотического эффекта на разрыхление пахотного и подпахотного горизонта под агрообществом соя + подсолнечник было меньше, и в слое 0–25 см объемная масса снизилась на 0.04, в слое 25–40 см — на 0.05 г/см³. В остальных 2-х агроценозах влияние фактора смешивания на разрыхление почв было незначительно меньше.

Под воздействием фактора смешивания произошло увеличение коэффициента структурности почвы под всеми агрообществами как в пахотном, так и в подпахотном горизонте. Наиболее выраженное оструктурирование почв под влиянием агроценотического эффекта произошло под агрообществами соя + подсолнечник и пайза + подсолнечник, под которыми в слое 0–25 см коэффициент структурности почвы возрос на 3.5%, в слое 25–40 см — соответственно на 1.8 и 2.7%. Влияние фактора смешивания на оструктурирование почв под агроценозами гречиха сорта Крылатая + подсолнечник и гречиха сорта Деметра + подсолнечник

было менее выраженным и привело к увеличению коэффициента структурности почвы в обоих горизонтах под первым агрообществом на 1.6, под вторым — на 1.7%.

Влияние агроценотического эффекта приводило к увеличению степени агрегатности в почвах обоих горизонтов под всеми агрообществами. Так же как и коэффициент структурности, наиболее значительно степень агрегатности почвы возросла под агрообществами соя + подсолнечник и пайза + подсолнечник. В подпахотном горизонте степень агрегатности под этими агроценозами соответственно увеличилась на 5.0 и 5.9%, в подпахотном — на 4.1% под каждой из смесей. Увеличение степени агрегатности почвы под агрообществами подсолнечника с разными сортами гречихи было менее выраженным и составило в слое 0–25 см 2.1–2.6, в слое 25–40 см — 1.7–1.8%.

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

Показано, что продуктивность сидератов в опыте была достоверно связана с урожайностью последующих зерновых культур, т.к. величина коэффициента корреляции между этими показателями (0.71) была больше критической величины этого коэффициента, равной 0.67 на 5%-ном уровне значимости при 7-ми степенях свободы.

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

Показатель урожая	Урожайность зерновых, ц/га	Снижение объемной массы, г/см ³		Коэффициент структурности		Степень агрегатности	
				%			
		1	2	1	2	1	2
Продуктивность сидератов, г сухого вещества/м ²	0.71*	0.76*	0.85*	0.87*	0.87*	0.78*	0.53
Урожайность зерновых, ц/га	—	0.69*	0.71*	0.44	0.49	0.43	0.18

* $>R_{крит}$

Продуктивность сидератов в опыте была достоверно связана с изменением всех исследованных свойств в обоих горизонтах за исключением степени агрегатности подпахотного горизонта, зависимость которой от продуктивности не была значимой. Урожайность зерновых культур значимо зависела от изменения объемной массы почвы в пахотном и подпахотном горизонтах, тогда как зависимость урожайности зерновых культур от коэффициентов структурности и степени агрегатности в обоих горизонтах была недостоверной.

Связь между продуктивностью сидератов и агрофизическими свойствами почвы была более выраженной по сравнению с зависимостью от последних урожайности зерновых культур, что, на наш взгляд, вполне объяснимо. Тесная зависимость изменений агрофизических свойств от продуктивности сидератов обоснована непосредственным влиянием последних на первые, тогда как требования зерновых культур к показателям агрофизических свойств почвы могут не совсем совпадать с произошедшими изменениями этих свойств, что и может приводить к прямым, но не достоверным корреляционным зависимостям между рассмотренными показателями.

Достоверная зависимость урожайности зерновых культур от снижения объемной массы почвы пахотного горизонта могла быть обусловлена как прямым влиянием этого фактора на урожайность, так и косвенным. Прямое влияние заключалось в непосредственном лимитировании урожайности высокими показателями объемной массы почвы, приводящими к нарушению ее водно-воздушного режима. Косвенное влияние было связано с обратной зависимостью уменьшения объемного веса почвы при увеличении поступления количества сидеральной массы, ее минерализацией и улучшением снабжения растений элементами минерального питания, в первую очередь — азотом.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование показало, что снижение объемной массы, увеличение коэффициента структурности и степени агрегатности чернозема происходили в слоях 0–25 и 25–40 см под чистыми и смешанными посевами сидератов. Однако использование для сидерации смешанных агрообществ по сравнению с чистыми посевами их компонентов было более эффективным средством улучшения агрофизических свойств чернозема в ЦЧЗ.

Снижение объемной массы почвы как в пахотном, так и в подпахотном горизонте под всеми смешанными агрообществами превосходило уменьшение плотности этих горизонтов в вариантах с чистыми посевами. Наиболее значительным

было снижение объемной массы в почве под агрообществами соя + подсолнечник и пайза + подсолнечник, составившая в слое 0–25 см 0.09–0.13, в слое 25–40 см — 0.07–0.09%.

Способность смешанных сидеральных агрообществ эффективно снижать объемную массу почвы позволяет уменьшить ее на переуплотненных почвах, тем самым повышая качество этих почв.

Величины коэффициентов структурности и степени агрегатности почвы были наиболее высокими в почвах под смешанными посевами сидеральных культур, достигая максимума под агрообществами соя + подсолнечник и пайза + подсолнечник как в пахотном, так и в подпахотном горизонтах.

Под воздействием фактора смешивания произошло снижение объемной массы, увеличение коэффициента структурности и степени агрегатности почвы под всеми агрообществами как в пахотном, так и в подпахотном горизонтах. Наиболее значительное улучшение агрофизических свойств происходило в почвах обоих горизонтов под агрообществами соя + подсолнечник и пайза + подсолнечник.

Связь между продуктивностью сидератов и агрофизическими свойствами была более выраженной по сравнению с зависимостью от последних урожайности зерновых культур, что, на наш взгляд, вполне объяснимо. По-видимому, тесная зависимость изменений агрофизических свойств от продуктивности сидератов обоснована непосредственным влиянием последних на первые, тогда как требования зерновых культур к агрофизическим свойствам почвы могут не совсем совпадать с произошедшими изменениями этих свойств.

Показано, что достоверная зависимость увеличения урожайности зерновых культур от снижения объемной массы почвы могла отражать как лимитирование урожайности показателями объемной массы, приводящими к нарушению водно-воздушного режима почвы, так и улучшением режима питания растений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гребенников А.М. Методические положения по выбору наиболее эффективных сидеральных агроценозов для воспроизводства плодородия типичных черноземов Центрально-черноземной зоны: Метод. рекоменд. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2011. 53 с.
2. Гребенников А.М. Фитосанитарный аспект повышения плодородия черноземов сидеральными смесями. // Земледелие. 2011. № 3. С. 24–26.

3. *Гребенников А.М.* Использование сидерации смешанными агросообществами для повышения плодородия типичных черноземов // *Плодородие*. 2011. № 2. С. 30–32.
4. *Довбан К.И.* Зеленое удобрение – важный резерв плодородия и улучшения экологической обстановки // *Бюл. ВИУА*. 1991. № 107. С. 56–59.
5. *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.
6. *Шлапунов В.Н., Крышнев Н.Е.* Технология и эффективность возделывания смешанных посевов кормовых культур. Минск, 1981. 39 с.
7. *Кузнецова О.Ю., Гребенников А.М.* Рекультивация земель и улучшение качества ее проектирования // *Землеустр-во, кадастр и мониторинг земель*. 2009. № 1. С. 42–45.
8. *Гребенников А.М.* Обеспеченность культур элементами минерального питания в смешанных посевах // *Агрохимия*. 2004. № 5. С. 26–35.
9. *Гребенников А.М.* Влияние смешивания посевов на вынос элементов минерального питания надземной массой растений в сидеральных сообществах // *Агрохимия*. 2005. № 6. С. 26–35.
10. *Гребенников А.М.* Влияние смешивания посевов на микробиологическую активность почв // *Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева*. М., 2008. Вып. 61. С. 75–82.
11. *Гаврилов Г.Н.* Плодородие слабосмытой почвы в зависимости от способов возделывания кукурузы // *Регулирование плодородия черноземов при интенсивном земледелии*. Каменная Степь, 1986. С. 94–101.
12. *Шишкин А.И., Шубин Ю.И.* Полноценные кормовые смеси. Кемерово: Кемер. кн. изд-е, 1980. 134 с.
13. *Лебедева И.И., Королева И.Е., Гребенников А.М.* Концепция эволюции черноземов в условиях агроэкосистем // *Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева*. М., 2013. Вып. 71. С. 16–26.
14. *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 агрочерноземов Каменной степи // *Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева*. М., 2016. Вып. 83. С. 77–102.
15. *Столбовой В.С., Гребенников А.М., Оглезнев А.К.* Реестр индикаторов качества почв сельскохозяйственных угодий Российской Федерации. Верс. 1.0. Коллект. моногр. Иваново: ПресСто, 2021. 260 с.
DOI: 0.51961/9785604637401. ISBN 978-5-6046374-0-1
16. *Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А.* Методы исследования физических свойств почв и грунтов. Изд. 2-е. М.: Высш. шк., 1973. 399 с.
17. *Гребенников А.М.* Оценка взаимовлияния культур в смешанных посевах // *Агрохимия*. 2003. № 1. С. 68–73.
18. *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>

Influence of Sunflower Seed Agricultural Communities on the Agrophysical Properties of 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 sunflower mixtures on the bulk mass, structural coefficient and degree of aggregation of arable and sub-arable horizons of typical heavy loamy chernozem was studied. It is shown that the mixing of crops in sideral agricultural communities in most cases led to an increase in the yield of subsequent grain crops and an improvement in the considered agrophysical properties of chernozem. A decrease in bulk weight, an increase in the coefficient of structurality and the degree of aggregation in both the arable and sub-arable horizons under all mixed agricultural communities were more effective compared to the same horizons under the variants with clean crops. The most significant was the improvement of agrophysical properties in soils under the agricultural communities of soy + sunflower and payza + sunflower. The ability of mixed sideral agricultural communities to effectively reduce the bulk mass makes it possible to reduce it on over-compacted soils, thereby improving the quality of these soils.

Keywords: binary sideral mixtures, sunflower, siderate productivity, grain yield, agrocenotic effect, agrophysical properties of soil, chernozem.