

ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ

ГРНТИ 68.05.29, 68.33.29

DOI: 10.51886/1999-740X_2026_3_20

В.Н. Гусев^{1*}, С.Б. Кененбаев^{1*}, Е.К. Жусупбеков¹, К.У. Рустемова¹**СОДЕРЖАНИЕ И ГРУППОВОЙ СОСТАВ ГУМУСА В БОГАРНОЙ ПОЧВЕ
ЮГО-ВОСТОКА КАЗАХСТАНА ПОД ВЛИЯНИЕМ УДОБРЕНИЙ В ЗЕРНОВОМ
СЕВООБОРОТЕ***¹ТОО «Казахский научно-исследовательский институт земледелия и
растениеводства», 040909, Алматинская область, Карасайский район,**п. Алмалыбак, ул. Ерленесова, 1, Казахстан,***e-mail: agfaagro@mail.ru; serikkenenbayev@mail.ru*

Аннотация. Целью исследования являлась оценка влияния навоза, соломы и минеральных удобрений на содержание и групповой состав гумуса светло-каштановой почвы в условиях богарного зернового севооборота юго-востока Казахстана. Установлено, что органические удобрения оказывали более выраженное положительное влияние на гумусовое состояние почвы, чем минеральная система удобрения. Наиболее выраженный эффект отмечен при внесении навоза под озимую пшеницу (с 1,67-1,70 до 1,74%). Заделка соломы оказывала более умеренное и не всегда статистически подтверждаемое влияние на содержание гумуса (с 1,68 до 1,70%). Применение минеральных удобрений не вызывало достоверных изменений этого показателя, по сравнению с контролем. Влияние удобрений, на групповой состав гумуса было выражено слабее, чем на общее содержание гумуса. Наиболее заметные изменения отмечены при внесении навоза, где отношение С_{гк}/С_{фк} снижалось до 0,72 против 0,74 на контроле. Показано, что в условиях богарного земледелия навоз является наиболее эффективным фактором поддержания гумусового состояния почвы, а изменения, выявленные на начальном этапе применения удобрений, могут рассматриваться как индикаторы направленности последующей трансформации органического вещества при длительном применении органических материалов.

Ключевые слова: гумус, групповой состав гумуса, светло-каштановая почва, навоз, солома, богарное земледелие, зерновой севооборот.

ВВЕДЕНИЕ

Органическое вещество почвы и гумус относятся к числу важнейших факторов почвенного плодородия, определяющих агрофизические, агрохимические и биологические свойства почвы. Классическими трудами отечественной школы почвоведения установлено, что гумус играет ключевую роль в формировании структуры почвы, её водного режима, буферности, обеспеченности растений элементами питания и устойчивости агроэкосистем при сельскохозяйственном использовании [1–3]. В современных концепциях устойчивого земледелия органическое вещество почвы рассматривается как один из основных факторов экологической стабильности и продукционного потенциала агроландшафтов.

В условиях аридного и семиаридного климата роль гумуса существенно возрастает, поскольку процессы его минерализации протекают интенсивно, а восполнение органического вещества ограничено природно-климатическими условиями. Для почв богарных территорий характерна повышенная уязвимость органического вещества к деградации, обусловленная дефицитом влаги, высокой температурной нагрузкой и нестабильным поступлением растительных остатков [4].

Оценка гумусового состояния почвы только по общему содержанию гумуса не всегда позволяет объективно судить о направленности и глубине трансформации органического вещества. В связи с этим важное значение приобретает изучение группового

состава гумуса, включающего соотношение гуминовых кислот, фульвокислот и негидролизуемого остатка [2, 3]. Эти показатели характеризуют тип гумуса, степень его устойчивости и направленность гумусообразовательного процесса.

Существенное влияние на формирование и трансформацию гумусовых веществ оказывают системы удобрения. Установлено, что минеральные и органические удобрения по-разному воздействуют как на содержание гумуса, так и на его качественное состояние, изменяя соотношение гумусовых фракций и устойчивость органического вещества [5]. Органические удобрения и возврат растительных остатков, как правило, способствуют увеличению доли более стабильных гумусовых соединений [6, 7], тогда как длительное преобладание минерального питания может сопровождаться увеличением доли более подвижных форм органического вещества [8].

Восполнение запасов органического вещества в почве возможно как за счёт увеличения разнообразия растений и накопления растительной биомассы, так и путём внесения экзогенного органического вещества, прежде всего навоза и соломы. Направленность трансформации поступающего в почву органического материала определяется его химическим составом и условиями среды: он может минерализоваться с эмиссией CO_2 и высвобождением элементов питания, вовлекаться в состав микробной биомассы либо частично гумифицироваться с образованием более устойчивых гумусовых веществ. Скорость и направленность этих процессов зависят от соотношения C/N, содержания лигнина, степени измельчения субстрата и гидротермического режима. В специализированных зерновых хозяйствах в почву преимущественно поступают растительные остатки и солома с относительно широким

отношением C/N, поэтому в условиях дефицита доступного азота и влаги их трансформация не всегда обеспечивает положительный баланс гумуса [9-11].

Следует отметить, что солома сельскохозяйственных культур может различаться по химическому составу и скорости разложения, однако в условиях богарного земледелия юго-востока Казахстана её эффективность как источника органического вещества в значительной мере определяется влагообеспеченностью, азотным режимом почвы и условиями заделки растительных остатков.

Современные зарубежные исследования также показывают, что системы земледелия, обеспечивающие регулярное поступление органического вещества в почву, способствуют увеличению запасов почвенного органического углерода и улучшению его качественного состояния [12-14]. Эти данные согласуются с положениями отечественной теории гумуса и подтверждают необходимость оценки не только количественных, но и качественных изменений органического вещества почвы.

Для светло-каштановых почв, используемых в земледелии богарной зоны юго-востока Казахстана, и характеризующихся аридностью климата и ограниченными возможностями воспроизводства органического вещества, особую актуальность приобретает изучение влияния различных систем удобрения на содержание и групповой состав гумуса. Такой подход позволяет более объективно оценить направленность процессов гумусообразования и устойчивость почвенного плодородия.

Целью настоящего исследования являлась оценка влияния навоза, соломы и минеральных удобрений на содержание и групповой состав гумуса светло-каштановой почвы в условиях богарного зернового севооборота юго-востока Казахстана, а также выявление

направленности изменений гумусового состояния почвы под действием различных систем удобрения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводились в 2024–2025 гг., в условиях зернового севооборота (озимая пшеница, лён масличный, яровой ячмень) на богарной светло-каштановой почве юго-востока Казахстана. Район исследований характеризуется резко континентальным климатом с недостаточным и неустойчивым увлажнением, что существенно влияет на процессы минерализации и трансформации органического вещества почвы [4].

Полевой опыт был заложен в пространстве и во времени на площади 1,2 га. Площадь элементарной делянки составляла 346 м², повторность опыта - трёхкратная. Схема опыта включала следующие варианты: контроль - без удобрений; минеральные удобрения (N90P60 под озимую пшеницу и N60P60 под лён масличный и яровой ячмень); навоз крупного рогатого скота в дозе 30 т/га, внесённый под озимую пшеницу, с учётом последствий под последующие культуры; заделка соломы фактического урожая предшественника с компенсирующим внесением азотного удобрения, направленным на предотвращение азотной депрессии и активизацию микробиологических процессов [6, 7].

Почвенные образцы отбирали из слоя 0–30 см как основной зоны аккумуляции органического вещества. Отбор и подготовку проб, включая формирование объединённой пробы, высушивание до воздушно-сухого состояния, удаление примесей и просеи-

вание, проводили в соответствии с требованиями ГОСТ 17.4.4.02–2017 [15].

Определение органического вещества (гумуса) выполняли по методу Тюрина с фотометрическим окончанием согласно ГОСТ 26213–91 [16].

Групповой состав гумуса определяли ускоренным пирофосфатным методом по Кононовой–Бельчиковой с разделением на гуминовые кислоты, фульвокислоты и негидролиземый остаток [2, 3]. Для характеристики направленности процессов гумусообразования рассчитывали диагностические соотношения, включая Сгк/Сфк, используемые в теории гумуса и химии почв [3, 8].

Статистическую обработку экспериментальных данных однофакторного полевого опыта проводили методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову [17]. В таблицах приведены средние значения по вариантам опыта. Достоверность различий между средними оценивали по наименьшей существенной разности при 5%-ном уровне значимости ($HCp_{0.95}$).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Важным условием оценки влияния органических удобрений и растительных остатков на гумусовое состояние почвы является характеристика массы и качества органического вещества, поступающего в почву. В проведённом опыте, как отмечено выше, в качестве органических материалов использовали полуперепревший навоз крупного рогатого скота и солому культур зернового севооборота, различавшиеся по массе внесения, содержанию элементов питания, углерода и отношению C/N (таблица 1).

Таблица 1 – Масса и качество органических материалов, внесенных в почву (в среднем за 2024–2025 гг.)

Органический материал	воздушно-сухое вещество					C/N
	т/га	%				
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	C	
Полуперепревший навоз КРС	7,5	1,53	0,09	2,37	36,1	20,1
Солома озимой пшеницы	3,9	0,83	0,09	1,12	36,1	43,3
Солома льна масличного	4,1	0,72	0,23	2,04	42,4	58,9
Солома ярового ячменя	1,1	0,55	0,17	1,51	44,3	40,2

Как показывают данные таблицы 1, полуперепревший навоз КРС существенно отличался от соломы изучаемых культур как по количеству поступающего в почву органического вещества, так и по его качественным характеристикам. Наибольшее количество воздушно-сухого вещества поступало с навозом - 7,5 т/га, тогда как с соломой озимой пшеницы и льна масличного в почву возвращалось соответственно 3,9 и 4,1 т/га, а с соломой ярового ячменя - лишь 1,1 т/га. Навоз характеризовался наиболее высоким содержанием азота и наиболее узким соотношением C/N (20,1), что указывает на более благоприятные условия для его минерализации и последующей гумификации. В отличие от него солома всех изучаемых культур отличалась более широким соотношением C/N - от 40,2 до 58,9, что

свидетельствует о потенциально более медленной трансформации органического вещества и возможности временной иммобилизации азота в процессе разложения. Наиболее широкое соотношение C/N было характерно для соломы льна масличного, что позволяет предполагать её наиболее замедленное разложение среди изученных растительных остатков. В то же время направленность трансформации органического материала в условиях богарного земледелия определяется не только его химическим составом, но и влагообеспеченностью, азотным режимом почвы, а также общей массой пожнивно-корневых остатков, возвращаемых в почву.

Влияние различных систем удобрения на содержание гумуса в светло-каштановой почве носило неодинаковый характер (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние удобрений на содержание гумуса в слое почвы 0-30 см под культурами зернового севооборота, %

Вариант	Поле 1		Поле 2		Поле 3	
	2024	2025	2024	2025	2024	2025
	пшеница**	лен*	лен*	ячмень*	ячмень*	пшеница**
Контроль	1,67	1,68	1,82	1,82	1,70	1,70
N90P60**, N60P60*	1,65	1,67	1,82	1,80	1,72	1,72
Навоз под озимую пшеницу, 30 т/га	1,74	1,74	1,80	1,80	1,70	1,74
Солома предшественника	1,68	1,70	1,84	1,85	1,70	1,73
HCP _(0.95)	0,024	0,031	-	0,024	-	0,031

На контрольном варианте содержание гумуса варьировало от 1,67 до 1,82%, что отражало исходную неоднородность гумусового состояния почвы по полям севооборота. Применение минеральных удобрений не вызывало достоверных изменений этого показателя: содержание гумуса в варианте с НР находилось в тех же пределах, что и на контроле.

Наиболее выраженный эффект отмечен при внесении навоза под озимую пшеницу. В условиях прямого действия навоза содержание гумуса достоверно возросло: в 2024 г. на поле 1 - с 1,67 до 1,74%, то есть на 0,07% при $НСР_{0.95} = 0,024$; в 2025 г. на поле 3 - с 1,70 до 1,74%, или на 0,04% при $НСР_{0.95} = 0,031$. На второй год последствия навоза содержание гумуса в почве под льном масличным на поле 1 в 2025 г. сохранялось на уровне первого года действия.

Заделка соломы оказывала более умеренное и не всегда статистически подтвержденное влияние на содержание гумуса. Так, в 2025 году на поле 1 под льном масличным содержание гумуса увеличилось с 1,68 до 1,70%, однако этот прирост был ниже $НСР_{0.95} = 0,031$. На поле 3 под озимой пшеницей в 2025 г. содержание гумуса при заделке соломы составило 1,73% против 1,70% на контроле, то есть увеличилось на 0,03%, что было близко к величине $НСР_{0.95} = 0,031$. В целом действие соломы на гумусовое состояние почвы проявлялось слабее по сравнению с навозом, что, вероятно, обусловлено более широким соотношением С/Н и, как следствие, более медленной трансформацией растительных остатков.

Установлена тесная связь между качеством внесённого органического материала, оцениваемым по соотношению С/Н, и величиной прироста содержания гумуса в почве ($r=0,78$; $p<0,05$), что подтверждает важную роль биохимического состава органического

вещества в процессах его трансформации.

В целом полученные данные свидетельствуют о том, что в краткосрочных условиях опыта наиболее благоприятное влияние на содержание гумуса оказывал навоз, тогда как действие соломы было менее выраженным, а применение только минеральных удобрений не обеспечивало заметного улучшения гумусового состояния светлосланцевой почвы. Полученные результаты согласуются с данными литературы, согласно которым длительное применение органических удобрений, особенно в сочетании с минеральным питанием, в большей степени способствует сохранению и накоплению органического вещества почвы, чем использование только минеральных удобрений [18, 19]. Более сдержанное влияние соломы в наших условиях, вероятно, связано с широким соотношением С/Н, а также с дефицитом влаги и доступного азота, ограничивающими скорость минерализации и последующей гумификации растительных остатков. Это соответствует современным представлениям о том, что положительный эффект возврата соломы на содержание почвенного органического углерода проявляется постепенно и в значительной степени зависит от качества растительных остатков, гидротермических условий, способа их заделки и продолжительности применения приёма [20].

Поскольку в условиях краткосрочного опыта изменения общего содержания гумуса отражают преимущественно начальные количественные сдвиги, для более полной оценки трансформации органического вещества почвы необходимо учитывать и качественные параметры гумусового состояния. В этом отношении одним из наиболее информативных показателей является групповой состав гумуса, характеризующий соотношение основных групп гумусовых веществ, и позволяющий судить о

направленности процессов гумификации и минерализации, а также о степени стабилизации органического вещества почвы под влиянием различ-

ных систем удобрения. Результаты определения группового состава гумуса в слое 0–30 см под озимой пшеницей представлены в таблице 3.

Таблица 3 - Влияние удобрений на групповой состав гумуса в слое почвы 0-30 см под озимой пшеницей. (В среднем за 2024-2025 гг.)

Вариант	С общий, %	Гуминовые кислоты		Фульвокислоты		Остаток		Сгк/Сфк
		С, %	% к С общ.	С, %	% к С общ.	С, %	% к С общ.	
Контроль	0,554	0,134	24,3	0,181	32,6	0,239	43,2	0,74
N90P60	0,557	0,135	24,2	0,182	32,6	0,241	43,2	0,74
Навоз, 30 т/га	0,575	0,140	24,3	0,194	33,7	0,249	43,3	0,72
Солома	0,570	0,139	24,3	0,186	32,7	0,245	43,1	0,74
НСР(0.95)	0,015	0,006	-	0,009	-	0,015	-	-

Как показывают данные таблицы 3, в условиях краткосрочного опыта применение удобрений не сопровождалось существенной перестройкой группового состава гумуса, однако оказало определённое влияние на содержание общего углерода гумусовых веществ. На контроле содержание общего углерода, извлекаемого раствором 0,1 М NaOH + 0,1 М Na₄P₂O₇, составляло 0,554%, из которых на долю гуминовых кислот приходилось 24,3% от С общ., фульвокислот - 32,6%, остатка - 43,2%, при отношении Сгк/Сфк 0,74. Вариант с внесением минеральных удобрений в дозе N90P60 практически не отличался от контроля как по содержанию общего углерода (0,557%), так и по соотношению основных групп гумусовых веществ: доля гуминовых кислот составляла 24,2%, фульвокислот - 32,6%, остатка - 43,2%, а значение Сгк/Сфк сохранялось на уровне 0,74. Это свидетельствует о слабом влиянии минеральной системы удобрения на качественное состояние гумуса на начальном этапе наблюдений.

Более заметные изменения установлены в вариантах с органическими удобрениями. При внесении навоза в дозе 30 т/га содержание общего углерода возрастало до 0,575%, что на 0,021%

превышало контроль и было выше НСР_{0.95} (0,015). В варианте с заделкой соломы этот показатель составил 0,570%, что также превышало контроль на 0,016% и соответствовало уровню достоверных различий. Вместе с тем доля гуминовых кислот в составе гумуса в этих вариантах изменялась незначительно и составляла 24,3%. При внесении навоза содержание фульвокислот повышалось до 0,194%, или 33,7% от С общ., а отношение Сгк/Сфк снижалось до 0,72. При внесении соломы показатели группового состава гумуса оставались близкими к контролю: содержание фульвокислот составляло 0,186%, или 32,7% от С общ., остатка - 0,245%, или 43,1%, а отношение Сгк/Сфк сохранялось на уровне 0,74. Следовательно, в краткосрочном аспекте органические удобрения способствовали прежде всего увеличению общего содержания углерода гумусовых веществ, тогда как качественная перестройка их группового состава была выражена слабо. Снижение отношения Сгк/Сфк при внесении навоза, по-видимому, отражает активизацию трансформации свежего органического вещества и относительное возрастание доли более подвижных гумусовых соединений.

В целом полученные результаты согласуются с современными данными, согласно которым в краткосрочных опытах органические удобрения прежде всего увеличивают содержание органического углерода и долю более лабильных гумусовых соединений, тогда как более выраженная стабилизация и перестройка качественного состава гумуса формируются при длительном систематическом применении органических материалов [21–24]. Вместе с тем оценка гумусового состояния почвы важна не только при длительном применении удобрений, но и на начальном этапе их действия, когда формируются первые направленные сдвиги в трансформации органического вещества, во многом определяющие дальнейший характер количественных и качественных изменений гумуса. Несмотря на то, что в краткосрочных опытах эти изменения обычно выражены слабее, они позволяют выявить чувствительность почвы к различным системам удобрения и оценить потенциальную направленность процессов гумификации и минерализации. Для богарных почв юго-востока Казахстана это особенно важно, поскольку в условиях ограниченного увлажнения и дефицита органического материала даже ранние изменения содержания углерода гумусовых веществ и их группового состава могут служить индикаторами устойчивости гумусового состояния почвы и эффективности применяемых агроприёмов. Таким образом, в краткосрочном опыте удобрения влияли преимущественно на количественные показатели гумусового состояния, тогда как качественные изменения группового состава гумуса были выражены значительно слабее.

ВЫВОДЫ

1. В условиях полевого опыта на светло-каштановой почве богарной зоны юго-востока Казахстана органические удобрения оказывали более выраженное положительное влияние на

гумусовое состояние почвы, чем минеральная система удобрения. Наиболее эффективным приёмом было внесение навоза в дозе 30 т/га, тогда как действие соломы проявлялось слабее, а применение минеральных удобрений не сопровождалось существенным улучшением гумусового состояния почвы.

2. Навоз крупного рогатого скота характеризовался более благоприятными качественными свойствами органического вещества, прежде всего более узким отношением C:N, что создавало лучшие условия для его трансформации и гумификации. Солома культур зернового севооборота отличалась более широким отношением C:N, что обуславливало её более медленное разложение и менее выраженное влияние на гумусовое состояние почвы.

3. Результаты двухлетних исследований показали, что органические удобрения способствовали увеличению содержания гумуса и общего углерода гумусовых веществ, однако их влияние на групповой состав гумуса было выражено значительно слабее. Существенной перестройки соотношения гуминовых кислот, фульвокислот и остатка за период наблюдений не установлено.

4. Наиболее заметные изменения качественного состояния гумуса отмечены при внесении навоза, что проявлялось увеличением общего углерода гумусовых веществ и снижением отношения $S_{гк}/S_{фк}$, отражающим активизацию трансформации свежего органического вещества. Полученные результаты показывают, что уже на начальном этапе применения органических материалов формируются направленные изменения, позволяющие судить о потенциальной устойчивости гумусового состояния почвы и возможности более выраженной перестройки количественных и качественных показателей гумуса при их длительном систематическом применении.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Данная статья опубликована в рамках программно-целевого финансирования научных исследований Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан на 2024-2026 годы по программе ИРН BR22885097 «Обеспечение рационального использования земель сельскохозяйственного назначения в интенсивном земледелии на основе новых подходов в сохранении и воспроизводстве плодородия почв».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Докучаев В.В. Русский чернозём. – М.: Сельхозгиз, 1952. – 636 с.
2. Кононова М. М. Органическое вещество почвы, его природа, свойства и методы изучения. - М.: АН СССР, 1963. - 315 с.
3. Бельчикова Н. П., Кононова М. М. Групповой и фракционный состав гумуса почв. - М.: Наука, 1975. - 221 с.
4. Орлов Д.С. Органическое вещество почв аридных территорий и его трансформация // Почвоведение. – 2004. – № 6. – С. 643–652.
5. Орлов Д. С., Бирюкова О. Н. Влияние систем удобрения на содержание и качество гумуса почв // Почвоведение. - 2002. - № 4. - С. 451–460.
6. Панников В. Д., Коровин В. Н. Удобрения и гумус почв. - М.: Колос, 1982. - 192 с.
7. Кузнецов М.С., Яковлев А.С. Солома в земледелии и её влияние на плодородие почвы. - М.: Агропромиздат, 1990. - 176 с.
8. Орлов Д. С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации. - М.: Изд-во МГУ, 1990. - 325 с.
9. Kögel-Knabner I. The macromolecular organic composition of plant and microbial residues as inputs to soil organic matter // Soil Biology and Biochemistry. – 2002. – Vol. 34, № 2. – P. 139–162. – DOI: 10.1016/S0038-0717(01)00158-4.
10. Петров В.Б., Чеботарь В.К. Управление деструкцией и гумификацией пожнивных остатков зерновых культур с использованием микробиологического препарата Экстрасол // Сельскохозяйственная биология. – 2012. – № 3. – С. 103–108. – DOI: 10.15389/agrobiology.2012.3.103.
11. Кравченко, Р. В., Куприченков, М. Т. Растительные остатки и плодородие почв [Электронный ресурс] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. - 2012. - № 79(05). - С. 392–401. - Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2012/05/pdf/45.pdf> (дата обращения: 12.03.2026).
12. Altieri M.A. The ecological role of biodiversity in agroecosystems // Agriculture, Ecosystems & Environment. - 1999. - Vol. 74, № 1–3. - P. 19–31. - DOI: 10.1016/S0167-8809(99)00028-6.
13. Poeplau C., Don A. Carbon sequestration in agricultural soils via cultivation of cover crops – A meta-analysis // Agriculture, Ecosystems & Environment. - 2015. - Vol. 200. - P. 33–41. - DOI: 10.1016/j.agee.2014.10.024.
14. Donisa C., Mocanu R., Steinnes E. Distribution of some major and minor elements between fulvic and humic acid fractions in natural soils // Geoderma. - 2003. - Vol. 111, № 1–2. - P. 75–84. - DOI: 10.1016/S0016-7061(02)00254-9.
15. ГОСТ 17.4.4.02–2017. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического анализа. - М.: Стандартинформ, 2018.
16. ГОСТ 26213–91. Почвы. Методы определения органического вещества. - М.: Изд-во стандартов, 1992.

17. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. - 351 с.
18. Balík J., Suran P., Sedlár O., Černý J., Kulhánek M., Procházková S., Asrade D.A., Smatanová M. The effect of long-term farmyard manure and mineral fertilizer application on the increase in soil organic matter quality of Cambisols // *Agronomy*. – 2023. – Vol. 13, № 12. – Art. 2960. – DOI: 10.3390/agronomy13122960.
19. Kumari M., Sheoran S., Prakash D., Yadav D.B., Yadav P.K., Jat M.K., Ankit, Apurva. Long-term application of organic manures and chemical fertilizers improve the organic carbon and microbiological properties of soil under pearl millet-wheat cropping system in North-Western India // *Heliyon*. – 2024. – Vol. 10, № 3. – Art. e25333. – DOI: 10.1016/j.heliyon.2024.e25333.
20. Xin J., Yan L., Cai H. Response of soil organic carbon to straw return in farmland soil in China: A meta-analysis // *Journal of Environmental Management*. – 2024. – Vol. 366. – Art. 121051. – DOI: 10.1016/j.jenvman.2024.121051.
21. Sedlár O., Balík J., Černý J., Kulhánek M., Smatanová M. Long-term application of organic fertilizers in relation to soil organic matter quality // *Agronomy*. – 2023. – Vol. 13, № 1. – P. 175. – DOI: 10.3390/agronomy13010175.
22. Zhu Y., Zhang M., Han X. et al. Evaluation of the soil aggregate stability under long term manure and chemical fertilizer applications: Insights from organic carbon and humic acid structure in aggregates // *Agriculture, Ecosystems & Environment*. – 2024.
23. Sedlár O., Balík J., Černý J., Suran P., Kulhánek M., Bihun T. Soil organic matter quality and carbon sequestration potential affected by straw return in 11-year on-farm trials in the Czech Republic // *Agronomy*. – 2025. – Vol. 15. – P. 1277.
24. Skrylnyk Y. et al. Transformation of the qualitative composition of soil organic matter fractions under organic fertilizer application // *Current Research in Environmental Sustainability*. – 2025.

REFERENCES

1. Dokuchaev V. V. Russian Chernozem. – Moscow: Selkhozgiz, 1952. – 636 p.
2. Kononova M. M. Soil Organic Matter: Its Nature, Properties and Methods of Study. – Moscow: Academy of Sciences of the USSR, 1963. – 315 p.
3. Belchikova N. P., Kononova M. M. Group and Fractional Composition of Soil Humus. – Moscow: Nauka, 1975. – 221 p.
4. Orlov D. S. Organic matter of arid soils and its transformation // *Pochvovedenie*. – 2004. – № 6. – P. 643–652.
5. Orlov D. S., Biryukova O. N. Effect of fertilization systems on the content and quality of soil humus // *Pochvovedenie*. – 2002. – № 4. – P. 451–460.
6. Pannikov V. D., Korovin V. N. Fertilizers and Soil Humus. – M.: Kolos, 1982. – 192 p.
7. Kuznetsov M. S., Yakovlev A. S. Straw in Agriculture and Its Effect on Soil Fertility. – M.: Agropromizdat, 1990. – 176 p.
8. Orlov D. S. Humic Acids of Soils and the General Theory of Humification. – M.: Moscow State University Press, 1990. – 325 p.
9. Kögel-Knabner I. The macromolecular organic composition of plant and microbial residues as inputs to soil organic matter // *Soil Biology and Biochemistry*. – 2002. – Vol. 34, № 2. – P. 139–162. – DOI: [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(01\)00158-4](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(01)00158-4).

10. Petrov V.B., Chebotar V.K. Management of decomposition and humification of cereal crop residues using the microbiological preparation Extrasol // *Agricultural Biology*. – 2012. – № 3. – P.103–108. - DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2012.3.103rus>.
11. Kravchenko R.V., Kuprichenkov M. T. Plant residues and soil fertility // *Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University*. – 2012. – № 79. – P. 392–401.
12. Altieri M.A. The ecological role of biodiversity in agroecosystems // *Agriculture, Ecosystems and Environment*. – 1999. – Vol. 74, № 1–3. – P. 19–31. - DOI: [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(99\)00028-6](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00028-6).
13. Poeplau C., Don A. Carbon sequestration in agricultural soils via cultivation of cover crops: A meta-analysis // *Agriculture, Ecosystems and Environment*. – 2015. – Vol. 200. – P. 33–41. - DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.10.024>.
14. Donisa C., Mocanu R., Steinnes E. Distribution of some major and minor elements between fulvic and humic acid fractions in natural soils // *Geoderma*. – 2003. – Vol. 111, № 1–2. – P. 75–84. - DOI: [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(02\)00254-9](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(02)00254-9).
15. GOST 17.4.4.02–2017. Soils. Methods for Sampling and Preparation of Samples for Chemical Analysis. – M.: Standartinform, 2018.
16. GOST 26213–91. Soils. Methods for Determination of Organic Matter. – Moscow: Publishing House of Standards, 1992.
17. Dospikhov B. A. Methodology of Field Experiment (with the Basics of Statistical Processing of Research Results). – 5th ed. – M.: Agropromizdat, 1985. – 351 p.
18. Balík J., Suran P., Sedlář O., Černý J., Kulhánek M., Procházková S., Asrade D. A., Smatanová M. The effect of long-term farmyard manure and mineral fertilizer application on the increase in soil organic matter quality of Cambisols // *Agronomy*. – 2023. – Vol. 13, № 12. – P. 2960. - DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy13122960>.
19. Kumari M., Sheoran S., Prakash D., Yadav D. B., Yadav P. K., Jat M. K., Ankit, Apurva. Long-term application of organic manures and chemical fertilizers improve the organic carbon and microbiological properties of soil under pearl millet-wheat cropping system in north-western India // *Heliyon*. – 2024. – Vol. 10, № 3. – Art. e25333. - DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e25333>.
20. Xin J., Yan L., Cai H. Response of soil organic carbon to straw return in farmland soil in China: A meta-analysis // *Journal of Environmental Management*. – 2024. – Vol. 366. – P. 121051. - DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.121051>.
21. Sedlář O., Balík J., Černý J., Kulhánek M., Smatanová M. Long-term application of organic fertilizers in relation to soil organic matter quality // *Agronomy*. – 2023. – Vol. 13, № 1. – P. 175. - DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy13010175>.
22. Zhu Y., Zhang M., Han X. et al. Evaluation of the soil aggregate stability under long term manure and chemical fertilizer applications: Insights from organic carbon and humic acid structure in aggregates // *Agriculture, Ecosystems and Environment*. – 2024. – Vol. 376. – P. 109217. - DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2024.109217>.
23. Sedlář O., Balík J., Černý J., Suran P., Kulhánek M., Bihun T. Soil organic matter quality and carbon sequestration potential affected by straw return in 11-year on-farm trials in the Czech Republic // *Agronomy*. – 2025. – Vol. 15, № 6. – P. 1277. - DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy15061277>.
24. Skrylnyk Y., Popirny M., Kutova A., Krylach S. Transformation of the qualitative composition of soil organic matter in podzolic chernozem under the application of composts // *Geoderma Regional*. – 2025. – P. e01043. - DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2025.e01043>.

ТҮЙІН

В.Н. Гусев^{1*}, С.Б. Кененбаев^{1*}, Е.Қ. Жүсіпбеков¹, К.У. Рүстемова¹
ҚАЗАҚСТАННЫҢ ОҢТҮСТІК-ШЫҒЫСЫНДАҒЫ ТӘЛІМІ ЖЕР ТОПЫРАҒЫНДАҒЫ
ГУМУС МӨЛШЕРІ МЕН ТОПТЫҚ ҚҰРАМЫНА АСТЫҚ АУЫСПАЛЫ ЕГІС
ЖАҒДАЙЫНДА ТЫҢАЙТҚЫШТАРДЫҢ ӘСЕРІ

¹«Қазақ егіншілік және өсімдік шаруашылығы ғылыми-зерттеу институты» ЖШС,
040909, Алматы облысы, Қарасай ауданы, Алмалыбақ ауылы, Ерлепесов көшесі, 1,
Қазақстан, *e-mail: agfaagro@mail.ru, serikkenenbayev@mail.ru

Зерттеудің мақсаты Қазақстанның оңтүстік-шығысындағы тәлімі астық ауыспалы егісі жағдайында ашық қара-қоңыр топырақтағы гумус мөлшері мен оның топтық құрамына көңнің, сабанның және минералдық тыңайтқыштардың әсерін бағалау болды. Органикалық тыңайтқыштардың топырақтың гумустық күйіне минералдық тыңайтқыш жүйесіне қарағанда анағұрлым айқын оң әсер ететіні анықталды. Ең жоғары әсер күздік бидайға көң енгізгенде байқалды (1,67–1,70%-дан 1,74%-ға дейін). Сабанды топыраққа сіңіру гумус мөлшеріне неғұрлым бәсең және барлық жағдайда бірдей статистикалық тұрғыдан дәлелденбеген әсер көрсетті (1,68%-дан 1,70%-ға дейін). Бақылаумен салыстырғанда минералдық тыңайтқыштарды қолдану бұл көрсеткіште айтарлықтай өзгеріс туғызған жоқ. Тыңайтқыштардың гумустың топтық құрамына әсері оның жалпы мөлшеріне әсерімен салыстырғанда әлсіздеу болды. Ең айқын өзгерістер көң енгізген нұсқада байқалды, мұнда Сгк/Сфк қатынасы бақылаудағы 0,74-пен салыстырғанда 0,72-ге дейін төмендеді. Тәлімі егіншілік жағдайында көңнің топырақтың гумустық жай-күйін сақтаудың ең тиімді факторы болып табылатыны, ал тыңайтқыштарды қолданудың бастапқы кезеңінде анықталған өзгерістер органикалық материалдарды ұзақ мерзімді қолдану жағдайында органикалық заттардың кейінгі трансформациясының бағытын сипаттайтын индикаторлар ретінде қарастырылуы мүмкін екені көрсетілді.

Түйінді сөздер: гумус, гумустың топтық құрамы, ашық қара-қоңыр топырақ, көң, сабан, тәлімі егіншілік, астық ауыспалы егісі.

SUMMARY

V.N. Gusev^{1*}, S.B. Kenenbayev^{1*}, E.K. Zhushupbekov¹, K.U. Rustemova¹
HUMUS CONTENT AND GROUP COMPOSITION IN RAINFED SOIL OF SOUTHEASTERN
KAZAKHSTAN UNDER THE INFLUENCE OF FERTILIZERS IN A GRAIN CROP ROTATION

¹«Kazakh Research Institute of Agriculture and Plant Growing» LLP,
040909, Almaty, Region, Karasai District, Almalybak, Yerlepesov St., 1, Kazakhstan,
*e-mail: agfaagro@mail.ru, serikkenenbayev@mail.ru

The aim of the study was to assess the effect of manure, straw, and mineral fertilizers on the humus content and fractional composition of humus in light chestnut soil under a rainfed grain crop rotation in southeastern Kazakhstan. It was found that organic fertilizers had a more pronounced positive effect on the humus status of the soil than the mineral fertilizer system. The most distinct effect was observed after manure application under winter wheat, where humus content increased from 1.67–1.70% to 1.74%. Straw incorporation had a more moderate and not always statistically significant effect on humus content, increasing it from 1.68% to 1.70%. The application of mineral fertilizers did not cause significant changes in this indicator compared with the control. The effect of fertilizers on the fractional composition of humus was less pronounced than their effect on total humus content. The most noticeable changes were recorded under manure application, where the Cha/Cfa ratio decreased to 0.72 compared with 0.74 in the control. It was shown that under rainfed farming conditions, manure is the most effective factor for maintaining the humus status of the soil, while the changes identified at the initial stage of fertilizer application may be regarded as indicators of the direction of subsequent organic matter transformation under the long-term application of organic materials.

Keywords: humus, fractional composition of humus, light chestnut soil, manure, straw, rainfed farming, grain crop rotation.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

1. Гусев Виталий Николаевич - ведущий научный сотрудник лаборатории почвоведения и агрохимии, кандидат сельскохозяйственных наук, <https://orcid.org/0000-0001-7309-5790>, e-mail: agfaagro@mail.ru

2. Кененбаев Серик Барменбекович - главный научный сотрудник лаборатории почвоведения и агрохимии, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, <https://orcid.org/0000-0003-1745-8475>, e-mail: serikkenenbayev@mail.ru

3. Жусупбеков Ербол Капарович – старший научный сотрудник лаборатории почвоведения и агрохимии, кандидат сельскохозяйственных наук, <https://orcid.org/0000-0001-9177-8982>, e-mail: erbol.zhusupbekov@mail.ru

4. Рустимова Карлыга Усенгалиевна - младший научный сотрудник лаборатории почвоведения и агрохимии, магистр сельскохозяйственных наук, <https://orcid.org/0000-0001-5086-2790>, e-mail: karligaw_91@bk.ru