

*А.К. Куришбаев¹, Д.Е. Ержан*¹, И.Т.Токгербенов¹, Ж.С. Алманова¹, Г.А. Звягин²,
И.М. Какимбек¹, Г.Н. Айтұхамбет¹*

¹НАО «Казахский национальный аграрный исследовательский университет»,
г. Алматы, Республика Казахстан, Akylbekkk_17@mail.ru, Yerzhan.dilmurat@mail.ru*,
tittsp@mail.ru, Almanova44@mail.ru, I.kakimbek@yandex.kz, guleka1996@mail.ru

²НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет имени
С.Сейфуллина» г. Астана, Республика Казахстан, regor1984@rambler.ru

КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА И ГУМУСОВЫХ КОМПОНЕНТОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ АГРОТЕХНОЛОГИЯХ НА ЧЕРНОЗЕМАХ ОБЫКНОВЕННЫХ КОСТАНАЙСКОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация

В условиях полевых научных опытов на территории черноземов обыкновенных. В статье представлены результаты исследования 2024 года по влиянию различных систем обработки почвы и сельскохозяйственных культур на содержание органического углерода, общего азота, а также фракционный состав гумуса в условиях черноземов обыкновенных Костанайской области. Опыт проводился на посевах яровой пшеницы, гороха и на паровом участке при традиционной и нулевой обработке почвы (No-Till), в период вегетации для определения показателей были отобраны почвенные образцы с глубины 0–20 см., с каждого деляночного участка в 3 периода: июнь, август и октябрь. Проведён корреляционный анализ между содержанием органического углерода и общего азота, а также между гуминовыми (Сгк) и фульвокислотными (Сфк) кислотами. Выявлено, что система No-Till в большинстве случаев способствует накоплению органического вещества. На паровом участке установлена высокая положительная корреляция между Сорг. и Нобщ. ($r = 0.78$), а между Сгк и Сфк — прочная связь ($r = 0.978$). Полученные результаты позволяют глубже понять механизмы накопления органического вещества и оценить влияние агротехнологий на накопление и потерю углерода.

Ключевые слова: органический углерод почвы, общий азот почвы, соотношения Сгк/Сфк, традиционная технология, No-Till.

Введение

Углерод – являясь органическим составляющим почвенной экосистемы представляет собой немаловажным фактором, влияющим на химические, физические и биологические свойства почвы [1]. В современных условиях изменения климата особое значение приобретает изучение процессов секвестрации углерода и азота в почве [2-4]. Уменьшение содержания почвенного органического вещества может привести к снижению продуктивности агроэкосистем, ухудшению водно-воздушного режима почв и усилению процессов эрозии. При этом органический углерод тесно связан с азотным балансом, поскольку гумусовые соединения являются основными носителями запасов азота в почве [5,6]. Оптимизация системы земледелия должна учитывать сохранение и увеличение содержания почвенного углерода, что возможно при использовании сбалансированных агротехнологий, минимизации механических воздействий на почву и рациональном применении удобрений [7,8]. Согласно проведенным опытам на мировой практике, на содержание органического углерода в условиях интенсификации технологии земледелия влияет не только технология обработки почвы, но и внесение органических и минеральных удобрений [9,10]. В условиях изменения климата при выбросах в атмосферу газов, деградации почвенных ареалов и снижения почвенного плодородия, необходимо оценивать содержание таких показателей, как органический углерод (Сорг), общий азот и соотношения Сгк/Сфк.

Важным аспектом исследований является изучение соотношения углерода гуминовых кислот (Сгк) и углерода фульвокислот (Сфк) как индикатора устойчивости органического вещества к разложению. Гуминовые кислоты обладают более высокой молекулярной массой и стабильностью, тогда как фульвокислоты легче разлагаются и мобилизуются в почвенном растворе. Соотношение этих показателей позволяет судить о качестве и устойчивости органического вещества в различных агротехнологиях [11, 12].

На основании вышеизложенного был проведён анализ влияния различных агротехнологий и сельскохозяйственных культур на содержание органического углерода, общего азота и соотношение гумусовых компонентов в почве.

Цель: Провести корреляционный анализ изменения органического углерода и гумусовых компонентов при различных агротехнологиях на черноземах обыкновенных Костанайской области Карабалыкского района в ТОО «Карабалыкская сельскохозяйственная опытная станция».

Задачи:

- Дать оценку содержания Сорг. почвы в период вегетации при традиционной и нулевой (No-Till) технологиях обработки почв.
- Корреляционный анализ между органическим углеродом и общим азотом почвы, а также провести корреляционный анализ взаимосвязи углерода гуминовых кислот и углерода фульвокислот в почве.

Объект и методика исследования

Объектом исследования являлись сельскохозяйственные угодья, расположенные на территории Костанайской области, Карабалыкского района, в пределах ТОО «Карабалыкская сельскохозяйственная опытная станция». Почвы представлены черноземами обыкновенными, сформировавшимися в условиях резко континентального климата степной зоны.

Для определения содержания органического углерода (Сорг), общего азота (N общ.) и общего углерода был заложен полевой опыт с делянками, на которых возделывались яровая пшеница, горох при традиционной и нулевой (No-Till) технологиях, также исследования проводились на паровом поле. Опыт включал три срока отбора почвенных образцов – 2-а раза в период вегетации и после уборки.

Результаты исследования

Почвенное органическое вещество играет ключевую роль в формировании урожайности, поскольку оказывает влияние на питание растений, внутрипочвенные процессы и агрофизические свойства почвы. В случаях, когда содержание органического вещества является лимитирующим фактором, уровень урожайности напрямую зависит от его концентрации.

Согласно проведённым исследованиям, в июле 2024 года содержание органического углерода (Сорг.) оказалось выше на удобренных агрофонах при применении как нулевой (No-Till), так и традиционной системы обработки почвы. Это объясняется увеличением общей биомассы и активной секвестрацией углерода.

В июне 2024 года наблюдалось варьирование показателя Сорг. в зависимости от технологии обработки почвы и культуры. Так, при нулевой обработке на посевах гороха содержание органического углерода варьировало от 2,6% до 2,7% на контрольном фоне и от 2,45% до 2,93% на удобренном. При традиционной обработке значения составляли от 2,3% до 2,73% на контроле и от 2,08% до 2,54% на удобренном фоне. Аналогичные значения содержатся и на посевах пшеницы: при No-Till — от 2,62% до 2,84% на контрольном фоне и от 2,56% до 2,88% на удобренном. При традиционной технологии содержание С орг. варьирует от 2,27% до 2,62% на контроле и от 2,52% до 2,72% на удобренном фоне. На паровом поле содержание органического вещества колебалось от 2,24% до 2,72% (таблица 1).

В августе 2024 года на посевах гороха при нулевой обработке и контрольном фоне содержание Сорг. составляло от 2,81% до 2,88%. На удобренных вариантах с No-Till и традиционной технологией средние значения находились в диапазоне 2,65%–2,7%. На посевах

пшеницы при No-Till и контрольном фоне содержание варьировало от 2,53% до 2,98%, в то время как на паровом поле в среднем содержится около 2,66% органического углерода.

После уборки урожая в вариантах с горохом и традиционной обработкой почвы содержание Сорг. на удобренном фоне составляло 2,35%, а на контроле — 2,58%. Посевы пшеницы показали несколько более высокие значения: 2,68% на контроле при No-Till, 2,66% на контроле при традиционной обработке, и 2,49% — на удобренном фоне при той же обработке. На паровом поле в этот период содержание варьировало в пределах 2,51%–2,89%.

Таблица 1 – Среднее значение почвенных показателей

Период	Культура	Система обработки почвы	Фон	*N общ, %	*Сорг, %	*Сгк, %	*Сфк, %
Июнь	Горох	No Till	Контроль	0.26	2.63	0.42	0.15
			Удобрённый	0.28	2.68	0.49	0.23
		Традиционная	Контроль	0.25	2.56	0.52	0.33
			Удобрённый	0.24	2.35	0.68	0.41
	Пшеница	No Till	Контроль	0.25	2.76	0.33	0.17
			Удобрённый	0.26	2.70	0.30	0.26
		Традиционная	Контроль	0.26	2.42	0.27	0.38
			Удобрённый	0.27	2.61	0.16	0.40
	Пар			0.23	2.64	0.14	0.4
	Август	Горох	No Till	Контроль	0.27	2.84	0.14
Удобрённый				0.24	2.65	0.32	0.16
Традиционная			Контроль	0.26	2.46	0.39	0.19
			Удобрённый	0.27	2.70	0.36	0.23
Пшеница		No Till	Контроль	0.29	2.70	0.40	0.31
			Удобрённый	0.26	2.71	0.40	0.29
		Традиционная	Контроль	0.25	2.49	0.39	0.32
			Удобрённый	0.26	2.66	0.45	0.26
Пар				0.24	2.66	0.41	0.06
Октябрь		Горох	No Till	Контроль	0.27	2.50	0.86
	Удобрённый			0.27	2.62	0.27	0.73
	Традиционная		Контроль	0.25	2.58	0.80	0.32
			Удобрённый	0.26	2.51	1.19	0.29
	Пшеница	No Till	Контроль	0.24	2.68	0.54	0.55
			Удобрённый	0.27	2.60	0.60	0.40
		Традиционная	Контроль	0.25	2.66	0.63	0.35
			Удобрённый	0.24	2.49	0.71	0.40
	Пар			0.26	2.66	0.86	0.37

Нулевая обработка почвы (No-Till) способствует более высокому накоплению органического углерода в почве по сравнению с традиционной технологией. В большинстве наблюдаемых периодов и на разных культурах содержание Сорг. при No-Till превышало аналогичные показатели на фоне традиционной обработки.

Наибольшее содержание органического вещества зафиксировано в июле и августе на посевах гороха и пшеницы при использовании No-Till в сочетании с удобрением. Так, значения Сорг. достигали 2,93% на удобренном фоне в июне и 2,98% в августе при контроле No-Till. Для сравнения, при традиционной обработке на тех же фонах содержание углерода варьировало в более низких пределах — не превышая 2,73%–2,72% (таблица 1).

Уровень общего азота на удобренных участках варьировал в пределах 0,23–0,29%. В июне наибольшее содержание общего азота (0,28%) было зафиксировано на посевах гороха при применении технологии No-Till на удобренном фоне. В то же время минимальные значения (0,24%) отмечались при традиционной обработке почвы в схожих условиях. На паровом участке концентрация общего азота составила 0,23%, что стало самым низким показателем за весь период наблюдений.

В августе 2024 года максимальный уровень общего азота (0,29%) был зарегистрирован на контрольном фоне No-Till в посевах пшеницы, что также является наивысшим значением

среди всех трёх сроков отбора проб. В то же время содержание общего азота на паровом поле, а также на посевах гороха при нулевой обработке на удобренном фоне оставалось на уровне 0,24%.

В октябре 2024 года аналогичное значение (0,24%) наблюдалось в почвах под посевами пшеницы независимо от системы обработки и типа агрофона, что указывает на общее снижение концентрации азота к концу вегетационного периода. Наибольшее содержание в этот период (0,27%) зафиксировано на посевах гороха при системе No-Till как на контрольном, так и на удобренном фоне, а также на участках с пшеницей при традиционной обработке почвы на удобренном фоне.

Результаты корреляционного анализа между содержанием общего азота (N общ, %) и органического углерода (Сорг, %) в почве позволили выявить различную степень взаимосвязи в зависимости от ряда факторов: культуры, технологии обработки почвы, агрофона и временного периода.

Наибольшая корреляционная связь зафиксирована на участках паров ($r = 0.78$; $p < 0.05$), что объясняется отсутствием сельскохозяйственных культур, а также минимальным внешним воздействием на почвенные процессы. Участки без растительности характеризуются стабильным накоплением как органического углерода, так и связанного с ним азота, что способствует формированию тесной положительной зависимости между этими показателями.

В посевах гороха выявлена умеренная положительная корреляция ($r = 0.44$; $p < 0.01$), что, вероятно, связано с особенностями азотфиксации данной культуры. Благодаря симбиотическим отношениям с клубеньковыми бактериями горох способен аккумулировать дополнительный азот, повышая общий уровень содержания N, не нарушая при этом соотношения с органическим веществом.

У пшеницы установлена слабая и статистически незначимая связь между показателями ($r = 0.18$; $p = 0.29$). Такая закономерность может быть обусловлена интенсивным потреблением доступного азота растениями, а также возможным выносом или перераспределением N в более глубокие горизонты, что нарушает баланс между C и N и ослабляет их корреляционную зависимость (рисунок - 1).

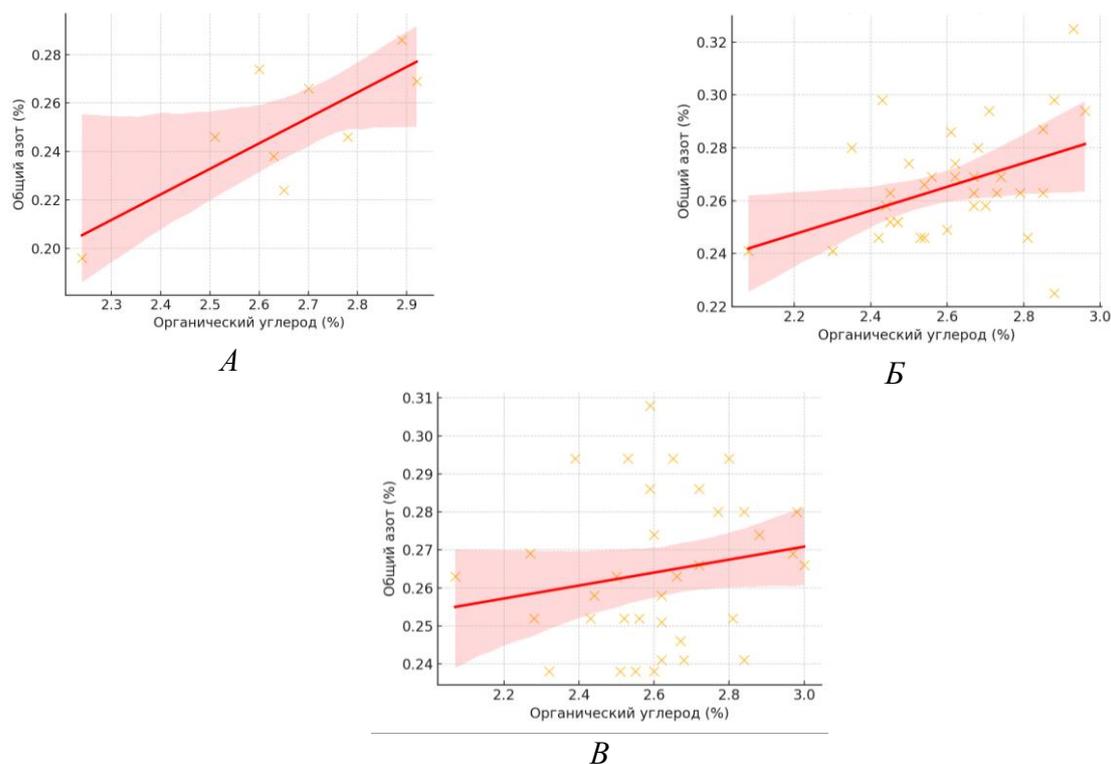


Рисунок 1 - Корреляционная связь между органическим углеродом и общим азотом в паре (А), на горохе (Б), пшенице (В)

Таким образом, взаимосвязь между общим азотом и органическим углеродом в почве не является универсальной и чётко выраженной во всех агроэкосистемах. Она варьирует в зависимости от культуры, технологии обработки, наличия удобрений, сезонных условий, а также природных и биологических факторов.

Проведённый корреляционный анализ между содержанием гуминовых кислот (Сгк) и фульвокислотных кислот (Сфк) выявил высокую положительную связь ($r = 0.978$, $p < 0.001$), что свидетельствует о тесной взаимозависимости этих фракций гумусовых веществ на исследуемых почвах. Несмотря на визуальное впечатление слабой связи на графике (рисунок 2, А), количественный анализ (рисунок 2, Б) подтверждает чёткую тенденцию: при увеличении содержания гуминовых кислот возрастает и содержание фульвокислотных кислот. Вероятное расхождение между графиком и коэффициентом может быть связано с масштабированием осей или наличием выбросов, которые визуально искажают восприятие тренда.

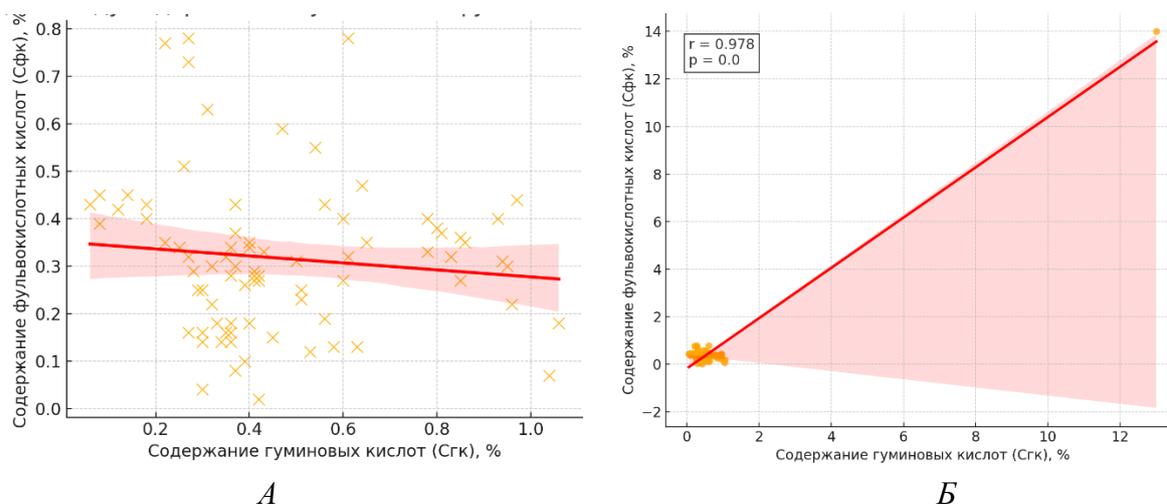


Рисунок 2 - Корреляционная связь между Сгк и Сфк (А - визуальный анализ), (Б - количественный анализ)

Полученные результаты подтверждают данные других научных исследований, в которых также отмечается синхронное накопление Сгк и Сфк в процессе гумусообразования. Так, по данным Винокуровой Л.А. (2017), при применении органических удобрений и минимальной обработке почвы (No-Till) наблюдается устойчивая положительная корреляция между фракциями гумуса ($r > 0.8$), что указывает на сбалансированный характер органического вещества.

Таким образом, выявленная в данной работе высокая корреляция между Сгк и Сфк является ожидаемой и закономерной. Она отражает устойчивость органического вещества почвы при разных технологиях возделывания и культурах.

Заключение

Результаты исследований продемонстрировали, что система минимальной обработки почвы (No-Till) способствует более высокому накоплению органического углерода по сравнению с традиционной технологией. Особенно заметна эта тенденция на посевах гороха и пшеницы в июле и августе: содержание органического углерода на удобренном фоне при No-Till достигало 2,93%–2,98%, в то время как при традиционной обработке значения не превышали 2,72%–2,73%. Уровень общего азота в почве также варьировал в зависимости от технологии и фона. Максимальное содержание общего азота (0,29%) было зафиксировано в августе на контрольном фоне при No-Till в посевах пшеницы.

Корреляционный анализ показал сильную положительную взаимосвязь между содержанием органического углерода и общего азота в пару ($r = 0.78$; $p < 0.05$), умеренную связь — в посевах гороха ($r = 0.44$; $p < 0.01$) и слабую, статистически незначимую — в посевах

пшеницы ($r = 0.18$; $p = 0.29$). Эти различия объясняются особенностями сельскохозяйственных культур, интенсивностью потребления азота и динамикой почвенных процессов.

Кроме того, установлена высокая степень положительной корреляции между содержанием гуминовых кислот (Сгк) и фульвокислотных кислот (Сфк) ($r = 0.978$; $p < 0.001$), что подтверждает синхронность их накопления и указывает на сбалансированное состояние гумусовых веществ в почвах.

Авторами проводятся дальнейшие исследования.

Финансирование. Статья выполнена в рамках ГФ ИРН АР23489663 «Разработка регулирования углеродного баланса почв агроландшафтов при интенсификации земель в условиях Северного Казахстана».

Благодарность. Благодарим руководство и сотрудников Карабалыкской сельскохозяйственной опытной станции за возможность содействия в проведении исследований.

Список литературы

1. Когут Б.М., Милановский Е.Ю., Хаматнуров Ш.А. О методах определения содержания органического углерода в почвах (критический обзор) // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. — 2023. — Вып. 114. — С. 5–28.
2. Когут Б.М., Семенов В.М., Артемьева З.С., Данченко Н.Н. Дегумусирование и почвенная секвестрация углерода // Агрохимия. — 2021. — № 5. — С. 3–13.
3. Шамрикова Е.В., Ванчикова Е.В., Кондратёнок Б.М., Лаптева Е.М., Кострова С.Н. Проблемы и ограничения дихроматометрического метода измерения содержания почвенного органического вещества (обзор) // Почвоведение. — 2022. — № 7. — С. 787–794.
4. Шаповалова Н.Н., Годунова Е.И. Изменение общих запасов углерода и азота в черноземе обыкновенном под влиянием длительного применения и последствия минеральных удобрений // Плодородие. — 2020. — № 5. — С. 29–33.
5. Кёршенс М. Значение содержания гумуса для плодородия почв и круговорота азота : [посвящается 100-летию со дня рождения проф. акад. И.В. Тюрина] // Почвоведение. — 1992. — № 6. — С. 22–30.
6. Базилевич Н.И., Титлянова А.А. Биотический круговорот на пяти континентах. — Новосибирск : СО РАН, 2008. — 376 с.
7. Воронова Л.М., Мазиров М.А., Зинченко С.И. Оптимизация планирования системы земледелия // Агротех. вестн. — 2009. — № 4. — С. 50–53.
8. Гармашов В.М., Турусов В.И., Гаврилова С.А. Изменение свойств чернозема обыкновенного при различных способах основной обработки почвы // Земледелие. — 2014. — № 6. — С. 17–19.
9. Liu X., Wang Y., Zhang H., Chen J. Soil organic carbon sequestration in agricultural long-term field experiments // Geoderma. — 2023. — Vol. 432. — Article ID 116129. — DOI: 10.1016/j.geoderma.2023.116129.
10. Алманова Ж., Куришбаев А., Жакенова А., Ержан Д., Какимбек И., Бодрый К. Интенсивность выделения CO₂ в период вегетации на черноземах обыкновенных Костанайской области // Izdenister Natigeler. — 2024. — № 4 (104). — С. 101–107. — DOI: 10.37884/4-2024/10.
11. Промтов М.А., Рудобашта С.П. Экстрагирование гуминовых и фульвовых кислот из гуматосодержащего сырья в роторном импульсном аппарате : монография. — Тамбов : Изд. центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2022. — 124 с.
12. Орлов Д.С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации. — М. : Изд-во МГУ, 1990. — 325 с.

References

1. Kogut B.M., Milanovskii E.Iu., Khamatnurov Sh.A. O metodakh opredeleniia sodержaniia organicheskogo ugleroda v pochvakh (kriticheskii obzor) // Bjul. Pochv. in-ta im. V.V. Dokuchaeva. — 2023. — Вып. 114. — S. 5–28.
2. Kogut B.M., Semenov V.M., Artem'eva Z.S., Danchenko N.N. Degumusirovanie i pochvennaia sekvestratsiia ugleroda // Agrokhimii. — 2021. — № 5. — S. 3–13.
3. Shamrikova E.V., Vanchikova E.V., Kondratënok B.M., Lapteva E.M., Kostrova S.N. Problemy i ogranicheniia dikhromatometricheskogo metoda izmereniia sodержaniia pochvennogo organicheskogo veshchestva (obzor) // Pochvovedenie. — 2022. — № 7. — S. 787–794.
4. Shapovalova N.N., Godunova E.I. Izmenenie obshchikh zapasov ugleroda i azota v chernozeme obyknovennom pod vliianiem dlitel'nogo primeneniia i posledestviia mineral'nykh udobrenii // Plodorodie. — 2020. — № 5. — S. 29–33.
5. Kërsens M. Znachenie sodержaniia gumusa dlia plodorodiia pochv i krugovorota azota : [posviashchaetsia 100-letiiu so dnia rozhdeniia prof. akad. I.V. Tiurina] // Pochvovedenie. — 1992. — № 6. — S. 22–30.
6. Bazilevich N.I., Tit'ianova A.A. Bioticheskii krugovorot na piati kontinentakh. — Novosibirsk : SO RAN, 2008. — 376 s.
7. Voronova L.M., Mazirov M.A., Zinchenko S.I. Optimizatsiia planirovaniia sistemy zemledeliia // Agrokhim. vestn. — 2009. — № 4. — S. 50–53.
8. Garmashov V.M., Turusov V.I., GavriloVA S.A. Izmenenie svoistv chernozema obyknovennogo pri razlichnykh sposobakh osnovnoi obrabotki pochvy // Zemledelie. — 2014. — № 6. — S. 17–19.
9. Liu X., Wang Y., Zhang H., Chen J. Soil organic carbon sequestration in agricultural long-term field experiments // Geoderma. — 2023. — Vol. 432. — Article ID 116129. — DOI: 10.1016/j.geoderma.2023.116129.
10. Almanova Zh., Kurishbaev A., Zhakenova A., Erzhan D., Kakimbek I., Bodryi K. Intensivnost' vydeleniia CO₂ v period vegetatsii na chernozemakh obyknovennykh Kostanayskoi oblasti // Izdenister Natigeler. — 2024. — № 4 (104). — S. 101–107. — DOI: 10.37884/4-2024/10.
11. Promtov M.A., Rudobashta S.P. Ekstragirovanie guminovykh i ful'vovykh kislot iz gumatokhodiachego syr'ia v rotnom impulsnom apparate : monografiia. — Tambov : Izd. tsentr FGBOU VO «TGTU», 2022. — 124 s.
12. Orlov D.S. Gumusovye kisloty pochv i obshchaia teoriia gumifikatsii. — M. : Izd-vo MGU, 1990. — 325 s.

*A.K. Куришбаев¹, Д.Е. Ержан*¹, И.Т. Токбергенов¹, Ж.С. Алманова¹, Г.А. Звягин²,
И.М. Какимбек¹, Г.Н. Аймұхамбет¹*

¹"Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті" КЕАҚ, Алматы қ., Қазақстан Республикасы, Akylbekkk_17@mail.ru, Yerzhan.dilmurat@mail.ru, titssp@mail.ru, Almanova44@mail.ru, I.kakimbek@yandex.kz, guleka1996@mail.ru*

²"С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті" КЕАҚ Астана қ., Қазақстан Республикасы, regor1984@rambler.ru

ҚОСТАНАЙ ОБЛЫСЫНЫҢ КӘДІМГІ ҚАРА ТОПЫРАҚТАРЫНДА ӘРТҮРЛІ АГРОТЕХНОЛОГИЯЛАР ЖАҒДАЙЫНДА ОРГАНИКАЛЫҚ КӨМІРТЕК ПЕН ГУМУСТЫҚ КОМПОНЕНТТЕРДІҢ ДИНАМИКАСЫН КОРРЕЛЯЦИЯЛЫҚ ТАЛДАУ

Аңдатпа

Қостанай облысының кәдімгі қара топырақтарында жүргізілген ғылыми-тәжірибелік зерттеу барысында әртүрлі топырақ өңдеу жүйелері мен ауыл шаруашылығы дақылдарының органикалық көміртек, жалпы азот мөлшеріне және гумус фракцияларының құрамына әсері зерттелді. Тәжірибе жаздық бидай, бұршақ және пар алқаптарында дәстүрлі және нөлдік (No-Till) топырақ өңдеу технологиялары жағдайында жүргізілді. Органикалық көміртек пен жалпы азоттың, сондай-ақ гумин қышқылдары (Сгк) мен фульвоқышқылдар (Сфк) арасындағы өзара

байланысқа корреляциялық талдау жүргізілді. No-Till жүйесі көп жағдайда органикалық заттардың жиналуына ықпал ететіні анықталды. Пар алқаптарында Сорг. мен Нжалпы арасында жоғары оң корреляция ($r = 0.78$), ал Сгк мен Сфк арасында күшті байланыс ($r = 0.978$) тіркелді. Зерттеу нәтижелері топырақтағы органикалық заттардың жинақталу механизмдерін тереңірек түсінуге және агротехнологиялардың көміртек-азот теңгеріміне әсерін бағалауға мүмкіндік береді.

Кілт сөздер: топырақтың органикалық көміртегі, топырақтағы жалпы азот, Сгк/Сфк арақатынасы, дәстүрлі технология, No-Till, агротехнологиялар, гумус, фракциялық құрамы.

**A.K. Kurishbaev¹, D.Y. Yerzhan*¹, I.T. Tokbergenov¹, Zh. S. Almanova¹, G.A. Zvyagin²
I.M. Kakimbek¹, G.N. Aimukhambet¹**

¹Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Republic of Kazakhstan,
Akylbekkk_17@mail.ru, Yerzhan.dilmurat@mail.ru*, titssp@mail.ru, Almanova44@mail.ru,
I.kakimbek@yandex.kz, guleka1996@mail.ru

²Kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seifullin, Astana, Republic of
Kazakhstan, regor1984@rambler.ru

CORRELATION ANALYSIS OF CHANGES IN ORGANIC CARBON AND HUMUS COMPONENTS UNDER VARIOUS AGRICULTURAL TECHNOLOGIES IN ORDINARY CHERNOZEMS OF KOSTANAY REGION

Abstract

A field experiment conducted on typical chernozem soils of Kostanay Region investigated the effects of different soil tillage systems and crop types on the content of organic carbon, total nitrogen, and the fractional composition of humus. The study was carried out on spring wheat, pea crops, and fallow land under traditional and zero tillage (No-Till) systems. A correlation analysis was performed between the contents of organic carbon and total nitrogen, as well as between humic acid carbon (HAC) and fulvic acid carbon (FAC). It was found that the No-Till system generally promotes the accumulation of soil organic matter. A strong positive correlation between organic carbon and total nitrogen was observed in fallow soils ($r = 0.78$), and a close relationship was found between HAC and FAC ($r = 0.978$). The findings contribute to a deeper understanding of the mechanisms of organic matter accumulation and the influence of agrotechnologies on the carbon-nitrogen balance in soils.

Keywords: soil organic carbon, total soil nitrogen, HAC/FAC ratio, conventional tillage, No-Till, agrotechnologies, humus, fractional composition.

IRSTI 68.35.53

DOI <https://doi.org/10.37884/2-2025/38>

**A.Rakhatkyzy*¹, L.S. Erbolova^{1,2}, K.P. Aubakirova¹,
Zh.N. Bakytzhanova¹, N.N. Galiakparov¹**

¹ CS MSHE RK M.A. Aitkhozhin Institute of Molecular Biology and Biochemistry, Republic of
Kazakhstan, Almaty, akbotarahatkyzy1@gmail.com*, karla_78@mail.ru,
bakytzhanovazhibek@gmail.com, nurbol.gal@gmail.com

² NJSC Kazakh National Medical University named after S.D. Asfendiyarov, Republic of
Kazakhstan, Almaty, yebolova.laura7@gmail.com

OPTIMIZATION OF THE INTRODUCTION OF EXPLANTS OF APPLE TREES OF VARIOUS GENETIC ORIGIN INTO THE INITIAL *IN VITRO* NUTRIENT MEDIUM

Abstract

The research was conducted with the aim of optimizing the introduction of apple clonal rootstocks (M.9, MM.106) and varieties (*Golden Delicious*, *Zarya Alatau*) into the initial *in vitro*