

АЗОТНОЕ СОСТОЯНИЕ И ГУМУС ПОЧВЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РАЗЛИЧНЫХ СИДЕРАЛЬНЫХ СМЕСЕЙ И СПОСОБОВ ИХ ЗАДЕЛКИ

Жлоба Г.П.* , магистр агрохимии и почвоведения
galinka_forever@mail.ru <https://orcid.org/0000-0002-9117-6268>

Зуева Н.Б., магистр химии
kotvic@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8261-2040>

Келлер Э.Н., магистр агрономии
evelino4ka.2011@mail.ru <https://orcid.org/0009-0008-6599-9966>

*ТОО «Научно-производственный центр зернового хозяйства им. А.И. Бараева», п. Научный,
Казахстан*

Аннотация. В статье представлены результаты исследований влияния различных видов сидеральных культур и способов их заделки на азотный режим и гумусное состояние чернозёма южного карбонатного. Актуальность работы обусловлена проблемой снижения содержания органического вещества и доступных форм азота в почвах при интенсивном земледелии и необходимостью поиска экологически устойчивых агротехнических приёмов. Цель исследования - установить влияние различных видов сидеральных культур и способов их заделки на содержание гумуса и азота в почве.

Корреляционный анализ показал изменение взаимосвязи между содержанием гумуса и нитратного азота в течение периода наблюдений: от умеренной отрицательной корреляции в первый год ($r = -0,54$) до сильной положительной во второй год ($r = +0,71$). Выявленная динамика отражает изменение характера азотного режима почвы. Наиболее эффективными способами заделки оказались дискование и сочетание подкашивания с щелеванием, обеспечивающие более равномерное высвобождение азота и накопление органического вещества. Использование сидеральных культур способствует формированию устойчивого почвенного агрофона, улучшению азотного питания растений и повышению общего плодородия почвы.

Ключевые слова, нитратный азот, общий азот, гумус, C:N, сидераты.

Введение. Проблема истощения плодородия почв и снижение содержания гумуса остается одной из ключевых в агрономии и экологии. Неправильная обработка почвы ведет к потере органического вещества и снижению доступного азота, что ограничивает рост сельскохозяйственных культур. В этих условиях использование сидератов, как источника органического вещества и биологически доступного азота, становится эффективным инструментом повышения продуктивности и устойчивости агроценозов. Исследование оптимальных методов заделки сидератов актуально для повышения продуктивности сельскохозяйственных систем и сохранения плодородия почв.

Сидераты способны одновременно увеличивать поступление органического вещества в почву, улучшать ее структурное состояние и активизировать деятельность почвенной микробиоты, участвующей в трансформации углерода и азота. Согласно данным Abbott использование сидеральных культур оказывало комплексное влияние на почвенные процессы и продуктивность зерновых культур, а использование бобовых рассматривается как один из способов повышения обеспеченности агроценозов азотом [1]. В исследованиях Меена отмечается, что бобовые смеси благодаря биологической фиксации атмосферного азота способны увеличивать поступление азота в почву и снижать зависимость сельскохозяйственных систем от минеральных азотных удобрений. Вместе с тем эффект определяется не только количеством поступающей биомассы, но и ее качественным составом, условиями разложения и технологией использования [2].

В своих работах Helfrich показывает, что овёс и озимая рожь как небобовые покровные культуры снижали содержание минерального азота в верхнем слое почвы в осенне-зимний период, тогда как при выращивании яровой вики такого снижения не

наблюдалось. Авторы связывают различия с особенностями азотного питания бобовых и небобовых культур [3]. В то же время злаковые сидераты способствуют накоплению органического вещества и стабилизации структуры почвы. Смешанные посевы бобовых и злаковых культур позволяют добиться баланса между фиксацией азота и поглощением минеральных форм азота из почвы, повышая эффективность использования органической массы и улучшая доступность элементов питания для последующих культур [4,5,6].

Особое значение имеет соотношение углерода и азота (C:N) в биомассе сидератов, так как оно определяет скорость разложения органического вещества и минерализации азота. Растительные остатки бобовых культур с низким C:N быстрее разлагаются и способствуют образованию доступных форм азота, в то время как злаковые культуры с более высоким C:N замедляют минерализацию, обеспечивая постепенное поступление азота и стабилизацию органического вещества в почве [7,8,9].

В условиях средиземноморской полусухой зоны установили (Novara et al.), что использование покровных культур влияло на содержание органического углерода и динамику азота, а также изменяло микробное разнообразие почвы [10]. Работа Liu показала, что применение зеленого удобрения способно изменять химические характеристики и микробиологические свойства почвы [11]. Результаты мета-анализа (Ma et al.) также свидетельствуют о положительном влиянии смешанных бобово-злаковых покровных культур на обеспеченность почвы элементами питания и ее физические свойства [12].

Наряду с видовым составом сидеральной культуры важным фактором, определяющим эффективность сидерального удобрения, является способ заделки растительной массы. Технология размещения сидерата после его скашивания или окончания вегетации определяет степень контакта растительных остатков с почвой, условия их увлажнения и аэрации, интенсивность микробиологического разложения и, как следствие, скорость высвобождения или временного связывания азота.

Сравнение различных способов использования сидеральной массы было проведено Lü [13]. В опытах исследователи сравнивали традиционную обработку без сидерата, полную заделку и No-till с сохранением всей биомассы на поверхности, заделку только корневой массы и удаление надземной части. Установлено, что при поверхностном сохранении всей сидеральной массы поступление азота было выше, чем при вариантах с удалением надземной массы или сохранением только корней. Кроме того, поверхностное мульчирование способствовало минерализации органического азота до цветения кукурузы, увеличивало удержание азота в почве и снижало его потери. Эти результаты показывают, что способ размещения сидеральной массы способен существенно изменять динамику азота в системе «почва–растение». В трехлетнем полевом эксперименте Wang было выявлено, что как поверхностное мульчирование, так и полная заделка повышали урожайность кукурузы по сравнению с контролем. Оба варианта способствовали увеличению запасов почвенной влаги и общего азота, однако поверхностное мульчирование обеспечивало наиболее выраженный эффект [14].

Использование сидератов – является эффективным способом обогащения почвы органическим веществом и азотом. Однако эффективность сидератов сильно зависит от методов их заделки в почву. Исследование влияния различных способов заделки на содержание азота и гумуса позволит оптимизировать агротехнические приемы и повысить экологическую устойчивость почвообрабатывающих систем.

Цель исследования - установить влияние различных видов сидеральных культур и способов их заделки на содержание гумуса и азота в почве.

Материалы и методы исследования.

Исследования проводились в 2024-2025 году на полевых многолетних стационарах лаборатории биологического земледелия, ТОО «НПЦЗХ имени А.И. Бараева», расположенных в зоне южных карбонатных черноземов.

Исследование направлено на оценку влияния различных систем парования и сидерации на формирование и последствие почвенного агрофона в двухлетнем полевом

опыте. Первый год (2024 г.) исследования – год формирования агрофона (создание разных условий за счёт: традиционного пара, нулевого (химического) пара, выращивания и заделки сидеральных культур). Во второй год (2025 г.) на тех же участках была высеяна пшеница, которая использовалась как культура-индикатор для оценки последствий применяемых агротехнических приёмов на состояние почвы. Контролем выступает пар традиционный и нулевой (Таблица 1).

В качестве объектов исследования в системе опытов рассматриваются: бобово-злаковая (горох + овес), бобово-масличная (горох + горчица) и злаково-масличная (овес + горчица) сидеральные смеси, почва – чернозем южный, карбонатный тяжелосуглинистого механического состава.

Посев изучаемых культур, фоновое внесение удобрений в опыте проводится сеялками СКП–2,1 с культиваторными рабочими органами и сеялкой прямого посева ВСКП–2,1, с чизельными рабочими органами. Сроки посева, норма высева и глубина заделки семян – рекомендованные для зоны черноземов южных карбонатных.

Таблица 1 – Схема размещения полевых стационаров на 2024-2025 г.

Технологии подготовки пара	Способы обработки/заделки	Подготовка пара 2024 г.	1КПП 2025 г.
Традиционный (контроль)	3 обработки на 10-12см 1 обработка 25-27 см	Пар традиционный	Пшеница по традиционному пару
Нулевой (химический)	3 хим. обработки	Пар химический	Пшеница по химическому пару
Сидеральный	Дискование	бобово-злаковая смесь (горох-овес)	Пшеница
	Подкашивание +щелевание		Пшеница
	Подкашивание		Пшеница
	Дискование	злаково-масличная смесь (овес-горчица)	Пшеница
	Подкашивание +щелевание		Пшеница
	Подкашивание		Пшеница
	Дискование	бобово-масличная смесь (горох-горчица)	Пшеница
	Подкашивание +щелевание		Пшеница
	Подкашивание		Пшеница

Примечание: дискование — заделка сидератов на глубину 6-8 см; подкашивание — без оборота пласта; щелевание — на глубину 25-27 см.

Для агрохимических исследований, отбор почвенных проб производился согласно стандарту ГОСТ 28168-89, образцы отбирались в слое почвы 0-20 см, в первый год исследования в фазу всходов и после заделки сидератов, во второй год в фазу всходов и полной спелости. Определение нитратного азота выполнялось по ГОСТ 26488-85, содержание гумуса – по модификации метода Тюрина, адаптированной и стандартизированной ГОСТом 26213-91. Общий азот определялся по методике Кьельдаля ГОСТ 26107-84, который основан на переводе органического и аммонийного азота почвы в аммонийную форму при минерализации пробы концентрированной серной кислотой с последующим выделением аммиака и его количественным определением титриметрическим методом. Данные анализировались с помощью статистических методов, включая корреляционный анализ.

Результаты и обсуждения. Азот относится к числу ключевых элементов, определяющих уровень почвенного плодородия и интенсивность роста растений. В почве он представлен совокупностью органических и минеральных форм, общее количество которых отражается показателем общего азота. Основная доля данного элемента (до 95 %) сосредоточена в составе органического вещества почвы и входит в структуру гумусовых соединений, белков, аминокислот и других органических компонентов.

Нитратный азот – это подвижная форма минерального азота в почве, которая образуется в результате микробиологической нитрификации органического азота и аммония. Он

является основным источником доступного азота для большинства сельскохозяйственных культур, участвует в регулировании корневого и надземного роста, а также служит важным индикатором состояния азотного цикла и потенциальных потерь азота из почвы [15].

В 2024 г. содержание нитратного азота варьировало в диапазоне – от низкого содержания в почве значений 3,8 до среднего 9,8 мг/кг (таблица 2). Максимальные значения отмечены по пару при химическом способе обработки (9,8 мг/кг), что обусловлено интенсивной минерализацией органического вещества и отсутствием потребления азота растениями. Минимальные значения зафиксированы по злаково-масличной смеси при подкашивании (3,8-4,2 мг/кг).

Таблица 2 – Среднее содержание нитратного азота и гумуса в почве после пара и сидеральных культур (2024 г.) и при возделывании пшеницы по данным предшественникам (2025 г.)

Предшественник (2024 г.)	Способы заделки	N-NO ₃ ⁻ , мг/кг	Гумус, %	N-NO ₃ ⁻ , мг/кг	Гумус, %
		2024 г.		Пшеница 2025 г.	
Пар	Традиционный	7,4	2,51	3,1	2,51
	Нулевой	9,8	2,62	5,4	2,91
Бобово-масличная смесь	Дискование	7,75	2,85	6,1	3,01
	Подкашивание +щелевание	5,3	2,92	7,4	2,99
	Подкашивание	5,45	2,94	4,2	2,53
Злаково-масличная смесь	Дискование	4,2	3,23	6,6	3,28
	Подкашивание +щелевание	4,8	2,92	4,9	3,04
	Подкашивание	3,8	2,92	4,4	2,83
Бобово-злаковая смесь	Дискование	5,15	2,64	6	2,69
	Подкашивание +щелевание	4,9	2,65	5,9	3,08
	Подкашивание	5,7	3,00	6,1	3,19

Почвенный гумус является главным источником питательных веществ для растений. В нем содержится до 90% всего азота почвы [16]. Содержание гумуса в первый год изменялось от 2,51 до 3,23 мг/кг, что свидетельствует о низком содержании гумуса в почве. Наименьшее содержание отмечено по пару, тогда как максимальные – по злаково-масличной смеси при дисковании (3,23 мг/кг), что указывает на активное накопление органического вещества за счёт заделки растительных остатков. В целом в этот период характерна обратная зависимость между содержанием нитратного азота и гумуса: варианты с высоким N-NO₃ отличались более низким содержанием гумуса и наоборот.

В последующий год исследования количество нитратного азота незначительно изменилось по сравнению с предыдущим годом и находилось в пределах 3,1-7,4 мг/кг. Максимальное количество отмечено при размещении пшеницы по бобово-масличной и злаково-масличной смесям (6,6-7,4 мг/кг), что свидетельствует о среднем содержании нитратного азота в почве, а так же постепенном высвобождении азота из органического вещества.

Содержание гумуса в 2025 г. варьировало от 2,51 до 3,28 мг/кг. Наибольшие значения зафиксированы по пшенице после злаково-масличной и бобово-злаковой смесей (3,08–3,28 мг/кг), что указывает на накопительный эффект сидератов и стабилизацию органического вещества почвы. В отличие от начального года исследований, наблюдалось однонаправленное изменение содержания нитратного азота и гумуса, что, вероятно, связано с завершением разложения растительных остатков и формированием более устойчивого гумусового пула.

В первый год наблюдений выявлена умеренная отрицательная корреляционная связь между содержанием гумуса и нитратного азота ($r = -0,54$), что указывает на обратную зависимость между данными показателями. Вместе с тем выявленная корреляция не

позволяет однозначно установить механизмы, обуславливающие данную взаимосвязь. Она может быть связана с особенностями трансформации азота в почве, включая процессы минерализации и иммобилизации азота, а также денитрификации и миграции нитратов. Во второй год наблюдений установлена сильная положительная корреляция между содержанием гумуса и нитратного азота ($r = +0,71$), что указывает на изменение характера взаимосвязи между органическим веществом почвы и содержанием нитратных форм азота. Изменение направления и силы корреляционной связи по годам свидетельствует о динамичности азотного режима почвы и зависимости содержания нитратного азота от совокупности процессов трансформации и перемещения азотных соединений в почве.

Общий азот почвы представляет собой потенциальный резерв, определяющий её способность к долговременному поддержанию продуктивности. Вместе с тем данный резерв не находится в свободно доступной форме и может быть использован растениями лишь опосредованно – через процессы микробиологической минерализации и трансформации органического вещества.

Обогащенность гумуса азотом оценивают по атомному соотношению C:N. Соотношение C:N характеризует относительное содержание углерода (преимущественно органического) и азота в составе почвенного органического вещества либо растительных остатков. В большинстве типов почв отношение C:N отличается высокой устойчивостью и, как правило, составляет 10,0–11,0, изменяясь в узких пределах в зависимости от почвенно-климатических условий [17].

Представленные данные в Таблице 3 отражают влияние различных предшественников и способов обработки (заделки) растительных остатков на содержание общего азота и обогащенность гумуса азотом (C:N) в почве в вариантах 2024 и 2025 гг.

Таблица 3 – Содержание общего азота и обогащенность гумуса азотом почвы при внесении разных сидеральных смесей и способа обработки (среднее за 2024-2025 гг.)

Предшественник (2024 г.)	Способы заделки	N _{общ} , %	C: N	N _{общ} , %	C: N
		2024 г		Пшеница 2025 г.	
Пар	Традиционный	0,215	8	0,188	9
	Нулевой	0,195	9	0,199	10
Бобово-масличная смесь	Дискование	0,193	9	0,199	11
	Подкашивание +щелевание	0,183	10	0,193	10
	Подкашивание	0,186	9	0,179	9
Злаково-масличная смесь	Дискование	0,191	11	0,202	11
	Подкашивание +щелевание	0,235	9	0,210	11
	Подкашивание	0,189	10	0,199	10
Бобово-злаковая смесь	Дискование	0,195	8	0,199	10
	Подкашивание +щелевание	0,200	9	0,196	10
	Подкашивание	0,203	9	0,196	11

В первый год закладки опыта наибольшие значения общего азота отмечены при размещении культуры по пару, где при традиционной обработке показатель достигал 0,215 %, а при химической – 0,195 %. Обогащенность гумуса азотом в данных вариантах была на среднем уровне (8-9), что свидетельствует о высокой степени минерализации органического вещества и доступности азота для растений.

Во второй год исследования при возделывании пшеницы по различным предшественникам содержание общего азота варьировало в пределах 0,188-0,210 %. Максимальные значения отмечены при размещении культуры по злаково-масличной смеси (0,202-0,210 %),

тогда как минимальные – по чистому пару (0,188-0,199 %). В большинстве вариантов соотношение C:N возрастало до 10-11, что свидетельствует о влиянии остаточного органического вещества, сформированного предшествующими культурами.

При использовании бобово-масличной смеси содержание общего азота варьировало в пределах 0,183–0,193 %. Наиболее эффективным способом обработки в данном варианте оказалось дискование, обеспечившее более высокий уровень азота по сравнению с подкашиванием. Соотношение C:N находилось в пределах 9-10.

В вариантах со злаково-масличной смесью выявлена наибольшая вариабельность показателей. Максимальное значение (0,235 %) было получено при сочетании подкашивания и щелевания, при этом обогащенность гумуса азотом достигало 9-11. Это указывает на высокий потенциал накопления органического вещества при одновременном замедлении процессов минерализации.

Бобово-злаковая смесь характеризовалась более выровненными значениями (0,195-0,203 %) и соотношением C:N (8-9), что свидетельствует о сбалансированном соотношении углерода и азота в растительных остатках.

В 2025 году, при возделывании пшеницы по различным предшественникам, содержание общего азота находилось в диапазоне 0,188–0,210 %. Наиболее высокие показатели были зафиксированы при размещении пшеницы по злаково-масличной смеси (0,202–0,210 %), тогда как минимальные – по пару (0,188–0,199 %). Соотношение C:N в большинстве вариантов увеличивалось до 10-11, что отражает влияние остаточного органического вещества предшественников.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что влияние способов обработки растительных остатков наиболее выражено в год их применения, тогда как в последующий год основную роль играет тип предшественника. Высокие значения общего азота в первый год при интенсивных способах обработки (дискование, подкашивание с щелеванием) объясняются усилением контакта растительных остатков с почвой и активизацией микробиологических процессов, способствующих ускоренному разложению органического вещества. Пар, характеризующийся минимальным количеством пожнивных остатков и низким соотношением C:N, обеспечивал наиболее стабильные условия азотного питания за счёт быстрого перехода азота в доступные формы. В то же время использование злаково-масличных смесей сопровождалось повышением соотношения C:N, что приводило к временной иммобилизации азота микроорганизмами, однако формировало более высокий потенциал его последующего высвобождения.

Анализ корреляционной зависимости между содержанием общего азота и отношением C:N показал годовую изменчивость. В 2024 г. связь была умеренной отрицательной и статистически недостоверной ($r = -0,40$), что указывает на слабую тенденцию снижения C:N при увеличении азота. В 2025 г. выявлена сильная положительная связь ($r = +0,79$), отражающая синхронное накопление углерода и азота в составе органического вещества. Таким образом, характер взаимосвязи C:N с общим азотом зависит от года, что связано с изменением интенсивности процессов минерализации и накопления органического вещества.

В 2024 году использовались разнообразные способы заделки сидеральных смесей (дискование, подкашивание и др.) и различные типы смесей (бобово-масличные, злаково-масличные, бобово-злаковые). Из-за этого наблюдалась значительная вариативность. Увеличение C:N в ряде случаев сопровождалось низким содержанием N. Разные методы обработки по-разному влияли на углерод и азот, что привело к размытой и частично обратной связи. В 2025 году подход к обработке данных был унифицирован, а варианты со смесями агрегированы по типу («пшеница по смеси»), что способствовало снижению случайной вариабельности показателей. В результате более высокие значения соотношения C:N стали соответствовать повышенному содержанию общего азота. Влияние способа обработки приобрело более однородный и предсказуемый характер, что обусловило

формирование выраженной положительной корреляции: увеличение C:N практически прямо пропорционально сопровождалось ростом общего азота.

Заключение. Результаты исследования показывают, что содержание общего азота и отношение C:N в почве в значительной степени зависят от типа предшественника, способа обработки растительных остатков и года наблюдений. В 2024 году наибольшее содержание общего азота отмечено при интенсивных способах обработки (дискование, подкашивание с щелеванием), что связано с активизацией микробиологических процессов и ускоренной минерализацией органического вещества.

Пар, характеризующийся минимальным количеством пожнивных остатков и низким соотношением C:N, обеспечивал наиболее стабильные условия азотного питания за счёт быстрого перехода азота в доступные формы. В то же время использование злаково-масличных смесей сопровождалось повышением соотношения C:N, что приводило к временной иммобилизации азота микроорганизмами, однако формировало более высокий потенциал его последующего высвобождения.

Использование различных сидеральных смесей влияло на углеродно-азотное соотношение: бобово-злаковые смеси формировали сбалансированное соотношение C:N (8–9), а злаково-масличные смеси приводили к временному повышению (9–11), что замедляло минерализацию азота и создавало потенциал его последующего высвобождения. В 2025 году при стандартизированном подходе к обработке и типу предшественника наблюдалось повышение корреляции между обогащённостью гумуса азотом и общим азотом, отражающее согласованное накопление углерода и азота.

Выявленная динамика корреляционных связей между содержанием гумуса и нитратного азота свидетельствует о изменении характера их взаимосвязи в разные годы наблюдений. Это указывает на зависимость азотного режима почвы от совокупности процессов трансформации и перемещения азотных соединений.

Наибольшую эффективность показали дискование и сочетание подкашивания с щелеванием, которые ускоряют контакт растительных остатков с почвой и обеспечивают более равномерное высвобождение азота. Подкашивание подходит для медленного накопления органического вещества, но обеспечивает менее быстрый доступ азота.

Таким образом, влияние методов обработки растительных остатков наиболее выражено в год их применения, тогда как в последующем году решающую роль играет тип предшественника. Использование сидеральных культур способствует накоплению органического вещества, формированию стабильного гумусового пула и регулирует доступность азота для растений, обеспечивая долгосрочное улучшение плодородия почвы.

Благодарность. Работа выполнена в рамках программно-целевого финансирования при финансовой поддержке Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан BR22885719 «Разработать и внедрить устойчивые системы земледелия для рентабельного производства сельскохозяйственной продукции в условиях изменяющегося климата для различных почвенно-климатических зон Казахстана» (годы реализации 2024-2026).

Литература

- [1] **Abbott, L. K.**, Macdonald L. M., Wong M. T. F., Webb M. J., Jenkins S. N., Farrell M., 2018. Potential roles of biological amendments for profitable grain production—A review. *Agricult. Ecosyst. Environment*, 256, 34–50. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.12.021>
- [2] **Meena, B. L.**, Fagodiya R. K., Prajapat K., Dotaniya M. L., Kaledhonkar M. J., Sharma P. C., et al., 2018. Legume green manuring: an option for soil sustainability. *Legumes Soil Health Sustain. Management.*, 387–408. https://doi.org/10.1007/978-981-13-0253-4_12
- [4] **Li, Z. L.**, Tian D. S., Wang B. X., Wang J. S., Wang S., Chen H., et al. (2019). Microbes drive global soil nitrogen mineralization and availability. *Global Change Biology*, 25, 1455–1467. <https://doi.org/10.1111/gcb.14557>

- [5] **Komatsuzaki, M.** (2017). Environmentally harmonised agriculture and land fertility maintenance. In H. Oomura & K. Okumura (Eds.), *Cultivation and Use of Fodder and Green Manure Crops* (pp. 171–182). Tokyo, Japan: Asakura Syoten.
- [6] **Stein, S., Hartung J., Perkons U., Möller K., & Zikeli S.** (2016). Plant and soil nitrogen of different winter cover crops as green manure for subsequent organic white cabbage. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 179(6), 733–744. <https://doi.org/10.1002/jpln.201600103>
- [7] **Wang, J. K., Gao F.S., Zhang K.Y., Li S., & Liu X.W.** (2023). Effects of returning gramineous green manure to cotton field on soil carbon and nitrogen in saline-alkali soil. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 31, 396–404.
- [8] **Kaspar, T.C., & Singer J. W.** (2011). The use of cover crops to manage soil. In J. L. Hatfield & T. J. Sauer (Eds.), *Soil Management: Building a Stable Base for Agriculture* (pp. 321–337). Madison, WI: ASA, CSSA, SSSA.
- [9] **Постников, П.А.**, 2010. Зеленые удобрения – резерв повышения урожаев. *Земледелие*, №7, 15–16;
- [10] **Novara, A., Gristina L., Saladino S. S., Santoro A., & Cerdà A.** (2020). Cover crop impact on soil organic carbon, nitrogen dynamics and microbial diversity in a Mediterranean semiarid vineyard. *Sustainability*, 12(8), 3256. <https://doi.org/10.3390/su12083256>
- [11] **Liu W., Chen X., Zhao Y., Shi H.** Effects of green manuring on chemical characteristics and microecology of tobacco-growing soil in central Henan // *BMC Microbiology*. – 2025. – Vol. 25. – Article 42. – <https://doi.org/10.1186/s12866-025-03742-w>
- [12] **Ma, J., Yin B., Gao T., He, K., Huang X., Jiang T., & Zhen W.** (2025). Legume–Non-Legume Cover Crop Mixtures Enhance Soil Nutrient Availability and Physical Properties: A Meta-Analysis Across Chinese Agroecosystems. *Agronomy*, 15(8), 1756. <https://doi.org/10.3390/agronomy15081756>
- [13] **Lü, H., Yu A., Chai, Q., Wang F., Wang Y., Wang P., Shang Y., Yang X.** (2025). No-tillage with total green manure incorporation: A better strategy to higher maize yield and nitrogen uptake in arid irrigation areas. *Journal of Integrative Agriculture*, 24(9), 3403–3417. <https://doi.org/10.1016/j.jia.2024.07.028>
- [14] **Wang, Y., Yu A., Lü, H., Wang, F., Li, Y., Wang, P., Shang, Y., Yang, X., Chai, Q.** (2024). No-tillage mulch with green manure retention improves maize yield by increasing the net photosynthetic rate. *European Journal of Agronomy*, 159, 127275. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2024.127275>
- [15] **Dechorgnat, J., Patrit, O., Krapp, A., Fagard, M., & Daniel-Vedele, F.** (2011). From the soil to the seeds: The long journey of nitrate in plants. *Journal of Experimental Botany*, 62(4), 1349–1359. <https://doi.org/10.1093/jxb/erq409>
- [16] **Карпенко, А.Ф.** Гумус в почвах сенокосов и пастбищ Юго-Востока Беларуси / А. Ф. Карпенко // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. — 2021. — № 5. — С. 29-36. — ISSN 4444-4494. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система.
- [17] **Семенов, В. М., и др.** (2020). Взаимосвязь размера агрегатов, содержания дисперсного органического вещества и разложения растительных остатков в почве. *Почвоведение*, № 4, 430–443. <https://doi.org/10.1134/S0032180X20040120>

References:

- [1] **Abbott, L. K., Macdonald, L. M., Wong, M. T. F., Webb, M. J., Jenkins, S. N., Farrell, M.,** 2018. Potential roles of biological amendments for profitable grain production—A review. *Agricult. Ecosyst. Environment*, 256, 34–50. doi: 10.1016/j.agee.2017.12.021
- [2] **Meena, B. L., Fagodiya, R. K., Prajapat, K., Dotaniya, M. L., Kaledhonkar, M. J., Sharma, P. C., et al.,** 2018. Legume green manuring: an option for soil sustainability. *Legumes Soil Health Sustain. Management.*, 387–408. doi: 10.1007/978-981-13-0253-4_12
- [4] **Li, Z. L., Tian, D. S., Wang, B. X., Wang, J. S., Wang, S., Chen, H., et al.** (2019). Microbes drive global soil nitrogen mineralization and availability. *Global Change Biology*, 25, 1455–1467. <https://doi.org/10.1111/gcb.14557>
- [5] **Komatsuzaki, M.** (2017). Environmentally harmonised agriculture and land fertility maintenance. In H. Oomura & K. Okumura (Eds.), *Cultivation and Use of Fodder and Green Manure Crops* (pp. 171–182). Tokyo, Japan: Asakura Syoten.
- [6] **Stein, S., Hartung, J., Perkons, U., Möller, K., & Zikeli, S.** (2016). Plant and soil nitrogen of different winter cover crops as green manure for subsequent organic white cabbage. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 179(6), 733–744. <https://doi.org/10.1002/jpln.201600103>

- [7] **Wang, J. K.**, Gao, F. S., Zhang, K. Y., Li, S., & Liu, X. W. (2023). Effects of returning gramineous green manure to cotton field on soil carbon and nitrogen in saline-alkali soil. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 31, 396–404.
- [8] **Kaspar, T. C.**, & Singer, J. W. (2011). The use of cover crops to manage soil. In J. L. Hatfield & T. J. Sauer (Eds.), *Soil Management: Building a Stable Base for Agriculture* (pp. 321–337). Madison, WI: ASA, CSSA, SSSA.
- [9] **Postnikov, P. A.**, 2010. Zelenye udobreniya — rezerv povysheniya urozhaev. *Zemledelie*, №7, 15–16;
- [10] **Novara, A.**, Gristina, L., Saladino, S. S., Santoro, A., & Cerdà, A. (2020). Cover crop impact on soil organic carbon, nitrogen dynamics and microbial diversity in a Mediterranean semiarid vineyard. *Sustainability*, 12(8), 3256. <https://doi.org/10.3390/su12083256>
- [11] **Liu W.**, Chen X., Zhao Y., Shi H. Effects of green manuring on chemical characteristics and microecology of tobacco-growing soil in central Henan // *BMC Microbiology*. — 2025. — Vol. 25. — Article 42. — DOI: 10.1186/s12866-025-03742-w.
- [12] **Ma, J.**, Yin, B., Gao, T., He, K., Huang, X., Jiang, T., & Zhen, W. (2025). Legume–Non-Legume Cover Crop Mixtures Enhance Soil Nutrient Availability and Physical Properties: A Meta-Analysis Across Chinese Agroecosystems. *Agronomy*, 15(8), 1756. <https://doi.org/10.3390/agronomy15081756>.
- [13] **Lü, H.**, Yu, A., Chai, Q., Wang, F., Wang, Y., Wang, P., Shang, Y., Yang, X. (2025). No-tillage with total green manure incorporation: A better strategy to higher maize yield and nitrogen uptake in arid irrigation areas. *Journal of Integrative Agriculture*, 24(9), 3403–3417. DOI: 10.1016/j.jia.2024.07.028.
- [14] **Wang, Y.**, Yu, A., Lü, H., Wang, F., Li, Y., Wang, P., Shang, Y., Yang, X., Chai, Q. (2024). No-tillage mulch with green manure retention improves maize yield by increasing the net photosynthetic rate. *European Journal of Agronomy*, 159, 127275. DOI: 10.1016/j.eja.2024.127275.
- [15] **Dechornat, J.**, Patrit, O., Krapp, A., Fagard, M., & Daniel-Vedele, F. (2011). From the soil to the seeds: The long journey of nitrate in plants. *Journal of Experimental Botany*, 62(4), 1349–1359. <https://doi.org/10.1093/jxb/erq409>
- [16] **Karpenko, A.F.** GUMUS V POChVAH SENOKOSOV I PASTBISHh JuGO-VOSTOKA BELARUSI / A. F. Karpenko // *Vestnik Brjanskoj gosudarstvennoj sel'skhozjajstvennoj akademii*. — 2021. — № 5. — S. 29-36. — ISSN 4444-4494. — Tekst : jelektronnyj // Lan' : jelektronno-bibliotechnaja sistema.
- [17] **Semenov, V. M.**, i dr. (2020). Vzaimosvjaz' razmera agregatov, sodержaniya dispersnogo organicheskogo veshhestva i razlozheniya rastitel'nyh ostatkov v pochve. *Pochvovedenie*, № 4, 430–443. <https://doi.org/10.1134/S0032180X20040120>

ТҮРЛІ ЖАСЫЛ ДАҚЫЛДАР ҚОСПАЛАРЫН ПАЙДАЛАНҒАНДА ТОПЫРАҚТЫҢ АЗОТТЫҚ ЖАЙ-КҮЙІ МЕН ГУМУСЫ ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ЕНГІЗУ ӘДІСТЕРІ

Жлоба Г.П.*, агрохимия және топырақтану магистрі

Зуева Н.Б., химия магистрі

Келлер Э.Н., агрономия магистрі

*«А.И.Бараев атындағы астық шаруашылығы ғылыми-өндірістік орталығы» ЖШС,
Научный ауылы, Қазақстан*

Аңдатпа. Бұл мақалада оңтүстік карбонатты қара топырақтың азот режиміне және гумус күйіне әртүрлі жасыл тыңайтқыш дақылдарының түрлері мен оларды енгізу әдістерінің әсерін зерттейтін зерттеу нәтижелері ұсынылған. Бұл зерттеудің өзектілігі қарқынды егіншілік кезінде топырақта органикалық заттардың және қолжетімді азот мөлшерінің азаю мәселесінен және экологиялық тұрғыдан тұрақты ауыл шаруашылығы тәжірибелерін дамыту қажеттілігінен туындайды. Зерттеудің мақсаты жасыл тыңайтқыш қоспасының түрлері мен енгізу әдістерінің нитрат пен жалпы азот мөлшеріне, гумусқа және C:N қатынасына әсерін анықтау, сондай-ақ топырақ құнарлылығын жақсартудың ең тиімді әдістерін анықтау болды.

Топырақтағы гумус мөлшері мен нитратты азот арасындағы байланыс сипатының өзгеруі — бірінші жылы теріс ($r = -0,54$) болса, екінші жылы айқын оң ($r = +0,71$) мәнге ие болуы — топырақтағы азот режимінің динамикалық сипатын көрсетеді. Ең тиімді енгізу әдістері дискілеу және шабу мен кесудің үйлесімі болды, бұл органикалық заттардың біркелкі бөлінуін және жиналуын қамтамасыз етеді. Жасыл тыңайтқыш дақылдарын пайдалану тұрақты топырақ ортасын дамытуға,

өсімдіктердің азотпен қоректенуін жақсартуға және жалпы топырақ құнарлылығын арттыруға ықпал етеді.

Тірек сөздер: нитратты азот, жалпы азот, гумус, C:N, сидераттар.

NITROGEN STATE AND HUMUS OF SOILS WHEN USING VARIOUS GREEN CROPS MIXTURES AND METHODS OF THEIR INCORPORATION

Zhloba G.P.*, Master of Agrochemistry and Soil Science

Zueva N.B., Master of Chemistry

Келлер Э.Н., Master of Agronomy

*LLP "Research and Production Center for Grain Farming named after. A.I. Baraeva",
Nauchny village, Republic of Kazakhstan*

Abstract. This article presents the results of a study examining the impact of various green manure crop types and their incorporation methods on the nitrogen regime and humus status of southern carbonate chernozem. The relevance of this study stems from the problem of declining organic matter and available nitrogen content in soils under intensive farming and the need to develop environmentally sustainable agricultural practices. The objective of the study was to determine the impact of green manure mixture types and incorporation methods on the nitrate and total nitrogen content, humus, and the C:N ratio, as well as to identify the most effective methods for improving soil fertility.

A shift was observed in the nature of the relationship between humus content and nitrate nitrogen—from negative ($r = -0.54$) in the first year to strongly positive ($r = +0.71$) in the second—reflecting the dynamic nature of the soil nitrogen regime. Disking and a combination of mowing and slotting proved to be the most effective incorporation methods, ensuring more uniform nitrogen release and organic matter accumulation. The use of green manure crops fosters a stable soil agro-background, improves plant nitrogen nutrition, and enhances overall soil fertility.

Keywords: nitrate nitrogen, total nitrogen, humus, C:N, green manure.