

**БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОКУЛЬТУРЕННОСТИ
ТЕМНО-СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ ПРИ ВНЕСЕНИИ МИНЕРАЛЬНЫХ
УДОБРЕНИЙ И ИЗВЕСТИ**

**О.В. Гладышева, к.с.-х.н., В.А. Свирина, В.Г. Черногаев,
Институт семеноводства и агротехнологий – филиал Федерального государственного
бюджетного научного учреждения «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»
(ИСА – ФГБНУ ФНАЦ ВИМ)
Россия, 390502, Рязанская область, с. Подвязье, ул. Парковая, д. 1
E-mail: svirina-vera@mail.ru**

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках Госзадания № 0582-2019-0027

Выявлена разная степень влияния систематического внесения минеральных удобрений и повторного внесения извести на содержание органического вещества, минеральных форм азота и биологическую активность почвы. Во все годы исследований известкование обеспечивало достоверное увеличение в почве содержания нитратного азота. Выявлено, что внесение в почву минеральных удобрений и доломитовой муки обусловило содержание нитратного и аммонийного азота в темно-серой лесной почве. Определение биологической активности почвы за четыре года при использовании (NPK)₉₀ и CaCO₃ показало, что разложение целлюлозы характеризуется, как среднее по интенсивности и способствует благоприятным условиям сохранения плодородия почвы и в большей степени стимулирует развитие микроорганизмов, использующих минеральные формы азота.

Наибольшая продуктивность в среднем четырех культур получена при внесении минеральных удобрений и извести. Урожайность культур повысилась на 7,2 т/га в сравнении с фоном без удобрений и без извести.

Ключевые слова: доломитовая мука, минеральные удобрения, азот почвы, биологическая активность, темно-серая лесная почва.

Для цитирования: Гладышева О.В., Свирина В.А., Черногаев В.Г. Биологические показатели окультуренности темно-серой лесной почвы при внесении минеральных удобрений и извести// Плодородие. – 2023. – №5. – С. 80-83. DOI: 10.25680/S19948603.2023.134.20.

Образование органического вещества (гумус) напрямую зависит от разложения органических остатков в почве, а процессы разложения – от активности почвенной микрофлоры [1].

Изучение специфики микробиологических процессов в трансформации органического вещества, его участия в формировании гумуса и плодородия – актуальные задачи интенсивного земледелия [2].

Активность целлюлозоразлагающей микрофлоры в значительной степени определяет интенсивность дальнейших гумификации и минерализации органического вещества, изменение многих свойств и процессов, происходящих в почве. При использовании пахотных земель без соответствующих мероприятий по поддержанию плодородия (сохранению гумуса, проведения известкования, севооборотов) происходит снижение урожайности [3, 4].

Принципиальное решение проблемы сохранения плодородия почвы требует детального изучения и направленного воздействия человека на биологические факторы, в первую очередь, через приемы биологизации земледелия [5]. Микробное сообщество чутко реагирует на все положительные и отрицательные изменения в почвенной среде и является индикатором экологического состояния почвы [6, 7].

Цель исследований – оценить влияние систематического применения минеральных удобрений и извести на динамику биологических показателей окультуренности темно-серой лесной почвы.

Методика. Изучение проводили в 2018-2021 г. в условиях Института семеноводства и агротехнологий – филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» на темно-серой лесной тяжело-суглинистой почве.

Схема полевого опыта предусматривала изучение следующих вариантов в шестипольном зернотравяно-пропашном севообороте: фактор А – удобрения (NPK)₀ и (NPK)₉₀; фактор В – известкование. В качестве мелиоранта применяли доломитовую муку с содержанием CaCO₃.

В годы исследований из минеральных удобрений использовали азофоску, в которой было равное количество по действующему веществу азота, фосфора, калия, и доломитовую муку в дозе 6,9 т/га на фоне (NPK)₀ и 8,8 т/га на фоне (NPK)₉₀. Повторность опыта – четырехкратная. Учетная площадь 90 м². Агротехника общепринятая для культур в звене севооборота.

Перед закладкой опыта почва имела следующие агрохимические показатели. Содержание гумуса (ГОСТ 26213-91) в варианте без удобрений – 3,05% (по Тюрину), на фоне (NPK)₉₀ – 3,104 %, подвижного фосфора (ГОСТ Р 54650-2011) – 106 и 190 мг/кг почвы соответственно, подвижного калия (ГОСТ Р 54650-2011) – 92 и 123 мг/кг почвы, реакция почвенного раствора pH_{сол} 5,04-4,78 ед., Нг – гидролитическая кислотность – 4,69-5,86 мг-экв/100 г почвы, Са – 16,9-17,5, Mg 2,2-2,4 мг-экв/100 г почвы.

Исследования проводили в звене севооборота: ячмень + клевер, клевер первого года пользования, озимая пшеница, соя.

Оценку изменения биологических параметров и агрохимических свойств почвы в опыте проводили под действием минеральных удобрений с известью и без нее.

Биологическую активность исследовали по методике Д.Г. Звягинцева – определяли интенсивность разложения целлюлозы [8]. Закладку льняного полотна осуществляли в июне, срок экспозиции – 30 сут, содержание общего гумуса – по Тюрину, определение нитратного азота – ионометрическим методом (ГОСТ 26951-86), аммонийного азота – колориметрированием с реактивом Несслера (ГОСТ 26107-84).

При проведении полевого опыта и статистической обработке экспериментальных данных использовали методики Б.А. Доспехова [9].

Учет урожая зерновых культур проводили комбайном «Сампо 130» с последующей очисткой зерна и доведением до 14 %-ной стандартной влажности и 100 %-ной засоренности.

Для характеристики погодных условий, рассчитывали гидротермический коэффициент (ГТК) по Селянинову.

За годы проведения полевого опыта гидротермические коэффициенты существенно различались.

Вегетационный период 2018 г. в целом был неблагоприятным для развития ячменя. За вегетацию осадков выпало 53,1 % от среднееголетних значений, ГТК был ниже среднееголетнего и составил 0,59. Июнь отмечен критическим дефицитом влаги, ГТК этого месяца равен 0,17. Сумма эффективных температур выше 10° С составила 2395° С при климатической норме 2000-2200° С.

Метеорологические условия вегетационного периода 2019 г. в целом можно характеризовать, как благоприят-

ные для роста и развития клевера 1-го года пользования. Сумма активных температур составила 2187° С, ГТК – 0,73, наблюдалась слабая засуха.

Погодные условия вегетационного периода 2020 г. благоприятно повлияли на рост и развитие озимой пшеницы. Осадков выпало 112,2 % от нормы. Сумма активных температур была несколько ниже климатической нормы и равна 1912° С, ГТК – 1,37 (влажный).

Метеорологические условия 2021 г. были очень засушливыми и характеризовались от всходов до фазы цветения сои резкими колебаниями температурного режима и неравномерным выпадением осадков, что плохо сказывалось на процессах роста и развития культуры. Также наблюдались колебания температурного режима и превышение среднееголетних показателей в мае на 4,5° С, июне на 6,2, июле на 7,1° С. В мае и июне осадки превысили среднееголетнюю норму на 2,5 мм и 17,3 мм соответственно. ГТК в июне составил 1,07 – влажный. В июле количество осадков было ниже нормы на 22,9 мм и не соответствовало необходимому биологическому оптимуму. В целом осадков было меньше среднееголетних на 33,3 мм. ГТК в июле составил 0,51 – засушливый, в августе – 0,34 – сухой. ГТК 2021 г. за вегетационный период составил 0,85.

Результаты и их обсуждение. Изучение влияния минеральных удобрений и доломитовой муки под культурами звена севооборота в обогащении почвы органическим веществом, элементами минерального питания актуально.

Установлено положительное влияние удобрений на изменение органического вещества под действием ежегодного внесения минеральных удобрений NPK₉₀ под культуры звена севооборота и однократно повторного внесения извести в дозе 1,5 г.к. (табл. 1).

1. Изменение содержания гумуса при ежегодном внесении минеральных удобрений и однократно внесенной известью, %

Вариант опыта	Исх. 2017 г.	2018 г. 1-й год: ячмень+ клевер 1-го г.п.	2019 г. 2-й год: клевер 1-го г. п.	2020 г. 3-й год: озимая пшеница	2021 г. 4-й год: соя	Среднее за 4 года	± к исходному
N ₀ P ₀ K ₀ (б/у)	3,05	2,95	2,980	2,960	2,99	2,97	-0,08
N ₀ P ₀ K ₀ + CaCO ₃	3,125	3,153	3,139	3,160	3,33	3,195	+0,07
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	3,147	3,173	3,179	3,190	3,35	3,223	+0,07
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ + CaCO ₃	3,231	3,273	3,281	3,420	3,46	3,358	+0,127
HCP _{0,5} Д.	-	0,19	0,12	0,37	0,09	-	-
HCP _{0,5} ИЗВ.	-	0,14	3,139	0,10	0,08	-	-

В данных исследованиях установлено, что содержание гумуса подвержено определенным колебаниям за счет как минерализации в процессе возделывания сельскохозяйственных культур, так и восстановления от применения минеральных удобрений и извести.

На неудобренном фоне содержание гумуса по сравнению с исходным уровнем снизилось в слое 0-30 см на 0,08%.

Результаты исследований показали, что в среднем по культурам севооборота содержание гумуса в почве имело тенденцию к увеличению в варианте ежегодного внесения минеральных удобрений (NPK)₉₀ и однократно повторного внесения извести в дозе 1,5 г.к.

Потери гумуса в этом варианте были значительно ниже, чем на контроле (без удобрений и извести), они составили 3,358%, т.е. увеличились по сравнению с исходными на 0,127%.

Применение только минеральных удобрений незначительно увеличивает накопление гумуса – до 3,223%, прибавка составляет 0,07%.

Большая часть минерального азота находится в виде водорастворимых солей, их содержание подвержено

значительным колебаниям и характеризует обеспеченность почвы лишь на момент определения.

Наблюдения за режимом нитратного азота в почве (основного источника азотного питания растений) показали, что наибольшее значение приобретает величина запасов нитратного азота (табл. 2).

2. Влияние минеральных удобрений и извести на ежегодные запасы N – NO₃ в пахотном слое почвы 0-30 см, в среднем по срокам отбора, мг/кг

Вариант опыта	2018 г. 1-й год: ячмень+ клевер 1-го г.п.	2019 г. 2-й год: клевер 1-го г.п.	2020 г. 3-й год: озимая пшеница	2021 г. 4-й год: соя	Среднее за 4 года
N ₀ P ₀ K ₀ (б/у)	14,77	8,99	7,13	6,5	9,34
N ₀ P ₀ K ₀ + CaCO ₃	15,48	9,68	9,23	6,43	10,20
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	16,98	9,72	7,25	9,25	10,80
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ +CaCO ₃	17,83	13,44	11,3	9,92	13,10
HCP _{0,5} Д.	1,39	0,60	0,26	0,48	-
HCP _{0,5} ИЗВ.	0,32	0,25	0,17	0,48	-

Внесение CaCO_3 в варианте как без удобрений, так и с минеральными удобрениями увеличивало содержание нитратного азота в почве в течение всего вегетационного периода.

В среднем за годы исследований внесение извести обеспечивало достоверное увеличение содержания нитратного азота в почве в варианте без удобрений до 10,20 мг/кг, что на 0,86 мг/кг больше по отношению к неизвесткованному фону.

Использование кальцийсодержащего материала (доломитовая мука) в удобренном варианте мобилизует нитратный азот (N-NO_3) до 13,1 мг/кг. Достоверное увеличение нитратного азота в этом варианте составило 2,3 мг/кг, или 21,3% по отношению к варианту без извести, что обеспечивает потребности культур в азоте в сжатые критические периоды.

В вариантах без удобрений (контроль) запасы N-NO_3 были недостаточными для формирования надлежащей

продуктивности культур звена севооборота и составили 9,34 мг/кг почвы (см. табл. 2).

В процессе трансформации органических веществ в почве, содержащих азот до конечных продуктов высвобождается аммонийный азот.

Результаты исследований показали, что накопление аммонийного азота в почве было низким. Снижение запасов обменного аммония связано с увеличением интенсивности его поглощения культурами звена севооборота и сорными растениями, выносом азота растениями, и за счет снижения влагообеспеченности почвы.

Наибольшее изменение величины аммонийного азота отмечено в результате известкования на фоне применения минеральных удобрений. Количество аммонийного азота изменялось до 2,60 мг/кг почвы в варианте с минеральными удобрениями и CaCO_3 , что способствовало повышению его содержания в почве на 0,80 мг/кг, или на 22,6 % (табл. 3).

3. Влияние минеральных удобрений и извести на содержание $\text{N} - \text{NH}_4$ в пахотном слое 0-30 см почвы, в среднем по срокам отбора, мг/кг

Вариант опыта	2018 г. 1-й год: ячмень+ клевер 1-го г.п.	2019 г. 2-й год: клевер 1-го г.п.	2020 г. 3-й год: озимая пшеница	2021 г. 4-й год: соя	Среднее за 4 года	Разница: фактор А-удобрения
$\text{N}_0\text{P}_0\text{K}_0$	2,07	2,16	1,28	1,7	1,80	-
$\text{N}_0\text{P}_0\text{K}_0 + \text{CaCO}_3$	2,10	2,64	1,94	1,8	2,12	0,32
$\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$	2,19	2,01	1,69	1,85	1,94	0,14
$\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{90} + \text{CaCO}_3$	2,24	2,78	2,22	3,17	2,60	0,80
$\text{HCP}_{0,5\text{уд}}$	0,12	0,26	0,03	0,18	-	-
$\text{HCP}_{0,5\text{изв}}$	0,31	0,17	0,03	0,18	-	-

Дополнительно к вышерассмотренным параметрам, определяли интенсивность распада клетчатки в почве под культурами звена севооборота.

Наиболее многочисленными и активными представителями процессов превращения азота в почве являются микроорганизмы.

Один из основных показателей биологической активности почвы – количество разложившейся клетчатки за период вегетации сельскохозяйственных культур (табл. 4).

4. Интенсивность разложения полотна под разными культурами в зависимости от минеральных удобрений и извести в слое 0-30 см, %

Вариант опыта	2018 г. 1-й год: ячмень+ клевер 1-го г.п.	2019 г. 2-й год: клевер 1-го г.п.	2020 г. 3-й год: озимая пшеница	2021 г. 4-й год: соя	Среднее за 4 года
$\text{N}_0\text{P}_0\text{K}_0$ (б/у)	15,0	5,5	13,1	8,38	10,5
$\text{N}_0\text{P}_0\text{K}_0 + \text{CaCO}_3$	15,9	9,4	18,0	18,5	15,3
$\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$	16,3	6,5	14,0	11,74	14,6
$\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{90} + \text{CaCO}_3$	17,8	14,5	31,1	25,3	23,3
$\text{HCP}_{0,5\text{уд}}$	0,32	3,25	3,83	0,48	-
$\text{HCP}_{0,5\text{изв}}$	0,32	1,72	3,55	0,48	-

Проведенные исследования по интенсивности распада клетчатки на темно-серой лесной почве под разными культурами в слое 0-30 см были крайне вариabельны и существенно изменялись.

Исследования 2018-2021 г. под различными культурами показывают зависимость влияния минеральных удобрений и извести на биологическую активность, что свидетельствует о заметном эффекте совместного применения минеральных удобрений и CaCO_3 .

Процесс разложения клетчатки интенсивнее всего протекал в почве при применении минеральных удобрений и CaCO_3 при возделывании озимой пшеницы в 2020

г. За 30 дней в этом варианте разложилось 35,1 % льняной ткани, тогда как на неудобренной почве – 13,1 %, что меньше на 22,0 %.

Степень разложения льняной ткани под соей в 2021 г., предшественником которой была озимая пшеница, в севообороте оказалась слабее на 30 % (см. табл. 4).

На интенсивность разложения льняного полотна негативно влияли погодные условия: жара и дефицит влаги в 2021 г. Год отличался малым количеством осадков, за вегетацию их выпало 53,1 % от среднемноголетних значений. ГТК был ниже среднемноголетнего и составил 0,59, что снизило степень разрушения клетчатки в варианте с удобрениями и известкованием до 14,5 %. Замедление микробиологических процессов связано, возможно, со снижением влажности почвы и высокой температурой воздуха.

В среднем за 4 года наблюдений наибольшая степень разложения при повторном внесении доломитовой муки и минеральных удобрений достигала 23,3 % в варианте с $(\text{NPK})_{90}$ и известью.

Использование CaCO_3 в варианте без удобрений приводит к увеличению разложения льняного полотна до 15,3 %.

Разложение льняной ткани за период экспликации сроком в один месяц было достаточно высоким и составило в среднем за четыре года 10,5% в контрольном варианте и 23,3% в варианте с удобрениями, что превышает контроль на 12,8%.

Рост численности микроорганизмов на удобренных делянках с известью связан с обогащением почвы элементами питания, поступлением в почву большего количества корневого, листового опада растений, а также растительных остатков после уборки сельскохозяйственных культур.

Продуктивность звена севооборота дает наиболее полную и объективную картину эффективности минеральных удобрений и извести (табл. 5).

При определении среднегодовой продуктивности культур полевого севооборота урожайность всех культур была выражена в кормовых единицах.

5. Продуктивность культур звена севооборота, ц к.е.

Вариант опыта	2018 г. 1-й год: ячмень+ клевер 1-го г.п.	2019 г. 2-й год: клевер 1-го г.п.	2020 г. 3-й год: озимая пшеница	2021 г. 4-й год: соя	Среднее за 4 года	%
N ₀ P ₀ K ₀ (б/у)	33,32	54,33	64,9	14,8	41,83	-
N ₀ P ₀ K ₀ +CaCO ₃	36,05	58,0	70,1	17,42	45,39	8,5
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	42,91	61,0	74,5	19,83	49,56	18,5
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ +CaCO ₃	48,09	69,3	89,9	23,0	57,57	37,6
HCP _{0,5вд}	0,45	6,86	2,60	0,26	-	-
HCP _{0,5изв}	0,45	3,30	0,70	0,99	-	-

Исследования показали, что за четырехлетний период проведения опыта продуктивность звена полевого севооборота определялась сложившимися погодными условиями, уровнем применения удобрений (NPK)₉₀ + CaCO₃. Рост продуктивности в этом варианте значительно превосходил контроль и составил в среднем за год 57,57 ц к.е., или 37,6 % к контролю.

На неудобряемом контроле и без извести все культуры отличаются относительно пониженной урожайностью. В среднем за год продуктивность составила 41,83 ц.к.е., на фоне известкования, прослеживается увеличение продуктивности культур на 8,5 %.

Выводы. Проведенные исследования во все годы показали преимущество ежегодного применения удобрений и известкования в дозе 1,5 г.к. в условиях темно-серой лесной почвы, где наблюдалась более стабильная биологическая активность почвы в сравнении с вариантом без удобрений.

В результате в почве накапливается азот в доступных для растений формах: нитратный, аммонийный в количествах, превышающих контроль.

В среднем, известкование на фоне систематического применения минеральных удобрений способствовало повышению содержания N-NO₃ в почве на 2,3 мг/кг, на фоне без удобрений – на 0,89 мг/кг.

Систематическое применение удобрений и извести в звене севооборота способствует повышению урожайности и продуктивности.

На темно-серой лесной тяжелосуглинистой почве земледелие может быть устойчивым только при систематическом восстановлении почвенного плодородия.

Литература

1. Золкина Е.И. Влияние длительного применения удобрений на плодородие дерново-подзолистей почвы и продуктивность культур // Плодородие. – 2019. – № 5. – С. 20-21.
2. Щанова Л.Н. Микробиологические аспекты формирования плодородия почв // Плодородие. – 2009 г. – №4. – С. 31-32.
3. Гладышева О.В., Пестряков А.М., Свирина В.А., Красников Н.Г. Известкование для улучшения плодородия темно-серой лесной почвы // Вестник РАСХН. – 2014. – №6. – С. 26 – 27.
4. Егорова Г.С., Шиянов К.В., Несмиянова Е.А. Микробиологическая активность почвы в посевах озимой тритикале в зависимости от предшественников и способов основной обработки почвы // Плодородие. – 2015. – №2. – С. 39-40.
5. Турусов В.И., Богатых О.И., Дронова Н.В., Балюнова Е.А. // Вестник Мичуринского государственного университета. – 2019. – №3. – С.6-7.
6. Матюк Н.С., Шевченко В.А., Соловьев А.М., Полин В.Д. Активность микроорганизмов дерново – подзолистей почвы в различных агроэкосистемах // Плодородие. – 2020. – №2. – С.61-62.
7. Черепухина И.В., Безлер Н.В., Чистотин М.В., Хатунцева Ю.Ю. Зависимость содержания доступных форм азота в почве от скорости разложения соломы зерновых культур // Плодородие. – 2019. – №5. – С. 37-38.
8. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Под ред. Д.Г. Звягинцева. – М.: МГУ, 1991. – 290 с.
9. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований / Б.А.Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351с.

BIOLOGICAL INDICATORS OF CULTURALITY OF DARK GRAY FOREST SOIL IN THE APPLICATION OF MINERAL FERTILIZERS AND LIME

*O.V. Gladysheva, candidate of agricultural sciences, V.A. Svirina, V.G. Chernogaev
Institute of Seed Production and Agrotechnologies – branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution
«Federal Scientific Agroengineering Center VIM»
Russian Federation, 390502, Ryazan region, Podvyaze, Parkovaya str., 1, E-mail: svirina-vera@mail.ru*

A different degree of influence of the systematic application of mineral fertilizers and the repeated application of lime on the content of organic matter, mineral forms of nitrogen and the biological activity of the soil was revealed. In all years of research, liming provided a significant increase in the content of nitrate nitrogen in the soil. It was revealed that the introduction of mineral fertilizers and dolomite flour into the soil determined the content of nitrate and ammonium nitrogen in the dark gray forest soil. Determination of the biological activity of the soil for four years using NRK90 and CaCO₃ showed that the decomposition of cellulose is characterized as medium in intensity and contributes to favorable conditions for maintaining soil fertility and to a greater extent stimulates the development of microorganisms that use mineral forms of nitrogen.

The highest productivity on average for four crops was obtained when mineral fertilizers and lime were applied. The yield of crops increased by 7.2 t/ha compared to the background without fertilizers and without lime.

Key words: dolomite flour, mineral fertilizers, soil nitrogen, biological activity, dark gray forest soil.