

Краснодарского края в зависимости от систем основной обработки почвы // Плодородие. – 2018. – №3. – С. 17-19.

4. Вольтерс, И.А. Власова О.И., Трубаева Л.В., Передериева В.М., Дорошко Г.Р. Влияние традиционной технологии возделывания и прямого посева полевых культур на агрофизические факторы почвенного плодородия чернозема обыкновенного в зоне неустойчивого увлажнения // Агрофизика. – 2018. – №4. – С. 24-30.

5. Власенко А.Н., Власенко Н.Г., Кудашкин П.И. Изменение показателей плодородия чернозема выщелоченного лесостепи Приобья при использовании технологии No-till // Агрохимия. – 2019. – №12. – С. 16-21.

6. Гребенников А.М., Фрид А.С., Сапрыкин С.В., Чевердин Ю.И. Влияние приемов основной обработки почв, фаз вегетации озимой пшеницы и глубины слоя почвы на уплотнение агрочернозема // Агрохимия. – 2019. – №10. – С. 58-63.

7. Дорошко Г.Р., Власова О.И., Шабалда О.Г., Зеленская Т.Г. Влияние длительного применения прямого посева на основные агрофизические факторы плодородия почвы и урожайность озимой пшеницы в условиях засушливой зоны // Земледелие. – 2017. – №7. – С. 7-10.

8. Дриггер В.К. Особенности проведения научных исследований по минимизации обработки почвы и прямому посеву: методические рекомендации. – Ставрополь: Сервисшкола, 2020. – 69 с.

9. Чевердин Ю.И., Сапрыкин С.В., Чевердин А.Ю., Рябцев А.Н. Трансформация физических показателей черноземов в результате агрогенного воздействия // Достижения науки и техники АПК. – 2017. – №3. – С. 5-11.

10. Шейн Е.В. Курс физики почв. – М.: Изд-во МГУ, 2005. – 432 с.

11. Palmer M.A., Liu J., Matthews J.H., Mumba M., D'Odorico P. Water security: Gray or green? // Science. – 2015. – V. 349. – № 6248. – P. 584-585.

12. Van Agtmaal M., Straathof A.L., Termorshuizen A., Lievens B., Hoffland E., de Boer W. Volatile-mediated suppression of plant pathogens is related to soil properties and microbial community composition // Soil Biol. Biochem. – 2018. – V.117. – P. 164-174.

## EFFECT OF PRIMARY TILLAGE METHODS ON AGROPHYSICAL PROPERTIES OF TYPICAL CHERNOZEM IN SOYBEAN CULTIVATION

*Federal Agricultural Kursk Research Center, Kursk, Russia  
E.V. Dubovik, D.V. Dubovik, A.V. Shumakov*

*The changes in agrophysical properties of typical chernozem (Haplic Chernozems) with various methods of primary tillage (plowing, combined tillage, surface tillage, No-till) in Central Chernozem Region (Kursk Region) during soybean cultivation are presented. A significant soil compaction and a decrease in porosity in the 10-20 cm layer were revealed while minimizing tillage. With various methods of tillage, a significant decrease in the number of aggregates of agronomically valuable range (10-0.25 mm) was found, but at the same time an increase in the weighted average diameter of air-dry aggregates across soil layers was noted. The water stability of typical chernozem, regardless of the method of primary tillage and the depth of the studied layer, was excellent. Minimized tillage contributed to an increase in the weighted average diameter of water-stable aggregates 1.3-2.3 times on the average.*

*Keywords: plowing, combined tillage, surface tillage, No-till, density, porosity, structural and aggregate composition.*

УДК 631.415.2:633.72(213.1:470.62)

DOI: 10.25680/S19948603.2022.126.15

## ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ ГУМУСА В ПОЧВАХ ЧАЙНЫХ ПЛАНТАЦИЙ СУБТРОПИКОВ РОССИИ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ПРИМЕНЕНИИ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И БЕЗ НИХ

*Н.В. Козлова, к.б.н., Л.С. Малюкова, д.б.н.,  
ФГБУН ФИЦ «Субтропический научный центр Российской академии наук»  
354002, Россия, г. Сочи, ул. Я.Фабрициуса, 2/28, e-mail: agro-pochva@vniisubtrop.ru*

*Публикация подготовлена в рамках реализации ГЗ ФИЦ СЦ РАН № 0492-2021-0010*

*Исследования проведены в длительном полевом 16-вариантном опыте на культуре чая в условиях Сочинского Черноморского побережья, на бурой лесной кислой почве. Внесение NPK-удобрений в различных дозах и сочетаниях осуществляли ежегодно с 1986 по 2011 г., с 2012 г. применение удобрений полностью прекращено. В период применения удобрений содержание гумуса постепенно увеличилось в зависимости от доз азотных удобрений, определявших продуктивность плантаций и количество растительных остатков, а также условия гумусообразования. Основной рост показателей отмечен в первые 12-15 лет с последующей стабилизацией на достигнутом уровне. На фоне одинарных доз азота (70-200 кг д.в./га в зависимости от возраста растений, в сочетании с РК) он составил в среднем 1,5/1,0 %; двойных и тройных доз (140-400 и 210-600 кг д.в./га) – 2,0/1,3 % по сравнению с исходным уровнем (3,2/2,5 % в слоях 0-20 и 20-40 см). Некоторое накопление гумуса (до уровня 4,0/3,0 %) отмечено и в вариантах без внесения азотных удобрений. На 8-10-й год отмены удобрений содержание гумуса в почве всех ранее удобрявшихся азотом плантаций снизилось до уровня неудобренных. Это связано с падением продуктивности плантаций, а также с особенностями качественного состава новообразованного органического вещества (высокая доля лигнина, слабая степень гумификации, высокая мобильность).*

*Ключевые слова: гумус, мониторинг, бурые лесные кислые почвы, чайные плантации, субтропики России, накопление, истощение.*

Для цитирования: Козлова Н.В., Малюкова Л.С. Динамика содержания гумуса в почвах чайных плантаций субтропиков России при длительном применении минеральных удобрений и без них // Плодородие. – 2022. – №3. – С. 52-57. DOI: 10.25680/S19948603.2022.126.15.

Исследования в разных чаепроизводящих регионах мира: Китае, Индии, Грузии, на Черноморском побережье России свидетельствуют о значительном

увеличении запасов органического вещества в почве чайных плантаций, как о характерной для этих агроэкосистем особенности [3, 5, 6, 13, 14, 17]. Этому

способствует специфика возделывания культуры чая: формирование плотно сомкнутых шпалер из растений, густо высаженных рядами поперек склонов; ежегодная подрезка шпалер, материалы которой остаются в междурядьях, образуя толстый слой подстилки; отсутствие механической обработки почвы на взрослых плантациях. Все это определяет ослабление эрозионных процессов, что особенно важно в горных условиях, а также снижение минерализационных потерь.

Важнейший фактор, способствующий накоплению гумуса в почвах чайных плантаций – минеральные удобрения, в первую очередь азотные, которые стимулируют продуктивность плантаций. В результате происходит увеличение биомассы растительных остатков. В зависимости от продуктивности шпалер она может составлять по нашим данным 17-25 т/га в год, а по другим данным и до 150 т/га в год [7]. В то же время применение удобрений, особенно в высоких дозах, приводит к изменению условий гумусообразования (изменение физико-химических и биохимических свойств почв, биологической активности), что во многом связано с подкислением почв, развивающемся по мере увеличения доз и длительности применения азотных удобрений [3, 5, 9, 18, 19]. Это ведет к существенному изменению качественного состава новообразованного гумуса в агроценозах чая в отличие от естественных эценозов [3, 5, 14]. Кроме того, по данным [10, 13, 17], большая доля (до 60 %) азота удобрений, включается в различные органоминеральные соединения и фракции органического вещества почвы.

Чаеводство влажно-субтропического региона России в современных условиях все больше отходит от интенсивного типа возделывания культуры, существенно ограничивая применение минеральных удобрений или полностью отказываясь от них. Это уже привело к снижению продуктивности производственных чайных плантаций, падению ранее достигнутого уровня плодородия почв. Так в специальном опыте установлено [15], что для ранее высокообеспеченных почв уже за первые 2-3 года после отмены удобрений обеспеченность азотом снизилась до уровня никогда не удобрявшихся почв. За 7-8 лет произошло выраженное снижение содержания подвижного фосфора (на 450-500 мг/кг в слое 0-20 см) и обменного калия (до уровня истощенных по калию почв при моноазотном питании); урожайность чая везде оказалась низкой. В то же время выявлены достоверное снижение кислотности ранее существенно агрогенно-подкисленных почв и повышение их угнетенной дыхательной активности.

**Цель данной работы** – проанализировать динамику содержания гумуса в почве при длительной эксплуатации чайных плантаций с применением различных доз минеральных удобрений и без них.

**Методика.** Исследования проведены на базе длительного 16-вариантного опыта с NPK-удобрениями (в грациях 0, 1, 2, 3 одинарные дозы): 000, 022, 002, 020, 111, 133, 113, 131, 200, 220, 202, 222, 331, 313, 311, 333 (№ 023 в реестре Географической сети опытов РФ). Опыт заложен в 1986 г. на плантации чая сорта Колхида. Год ее посадки 1983, затем растения проходят все этапы развития, начиная с самого молодого возраста.

Повторность в опыте 2-кратная, размер опытных делянок 50 м<sup>2</sup>, плотность посадки растений в ряду шпалеры через 0,3 м и между рядами 1,5 м. Опытный участок расположен на территории ЗАО «Дагомысчай» (пос. Уч-Дере, Лазаревский район г. Сочи). Почва – бурая лесная кислая на элювии-делювии аргиллитов [8]. Это основная, пригодная для чая, почва Российских влажных субтропиков (сочинское Черноморское побережье).

Внесение удобрений по схеме опыта осуществляли ежегодно в течение 1986-2011 г. При этом одинарную дозу азотных удобрений увеличивали по мере роста растений с шагом 70-90-120-200 кг д.в./га в 1986-1989-1993-2000 г.; для фосфорных и калийных удобрений одинарные дозы не изменялись – 60 и 50 кг д.в./га, соответственно. В целом диапазон изучаемых доз в опыте составил от 0 до N<sub>600</sub>, P<sub>180</sub>, K<sub>150</sub> кг д.в./га. За этот период (более 25 лет) в пределах опыта были сформированы модельные мини-плантации (варианты опыта) с различными уровнями урожайности, плодородия почв и степенью их агрогенной трансформации.

В 2012 г. опыт законсервировали, внесение удобрений полностью прекратили, мониторинг состояния почв продолжили в отсутствии нагрузки удобрениями. Как и в активной фазе опыта с применением удобрений, показатели ежегодно контролировали по вариантам (согласно ранее принятой схеме опыта) в слоях почвы 0-20 и 20-40 см. Образцы почв отбирали в ранневесенний период в 3-5 точках каждого варианта. Содержание гумуса определяли по Тюрину в модификации Орлова и Гриндель колориметрически [1].

Многолетние данные анализировали по группам вариантов с различными дозами азотных удобрений (N<sub>0</sub>, N<sub>1</sub>, N<sub>2</sub>, N<sub>3</sub>, в сочетании с PK) и по 3-4-летним периодам наблюдения. Динамику показателей оценивали в сравнении с исходным содержанием гумуса на момент закладки опыта, а также с фоновым уровнем (почва буково-грабового леса, сопряженного с плантацией). Обработку данных вели в программе Microsoft Excel (при P = 0,95). В диаграммах представлено среднее стандартное отклонение. Для обозначения вариантов или групп вариантов использовали код – количество одинарных доз соответствующих элементов (NPK) в период внесения удобрений по схеме.

**Результаты и их обсуждение.** Опытный участок в течение ряда лет был занят плодовыми насаждениями. Перед закладкой плантации провели раскорчевку и плантажную вспашку почвы на глубину 40-45 см. В первые годы после посадки растений чая регулярно рыхлили верхний слой. В результате усиленной на этом фоне минерализации содержание гумуса существенно снизилось в сравнении с нативной почвой фонового участка леса (рис. 1). Среднее содержание гумуса в почве опытного участка при закладке опыта в 1986 г. (3,2/2,5 % в слое 0-20/20-40 см) принято в качестве исходного уровня – отправной точки для последующего мониторинга. В дальнейшем механическую обработку почвы не проводили, вся масса растительных остатков оставалась в междурядьях шпалер.

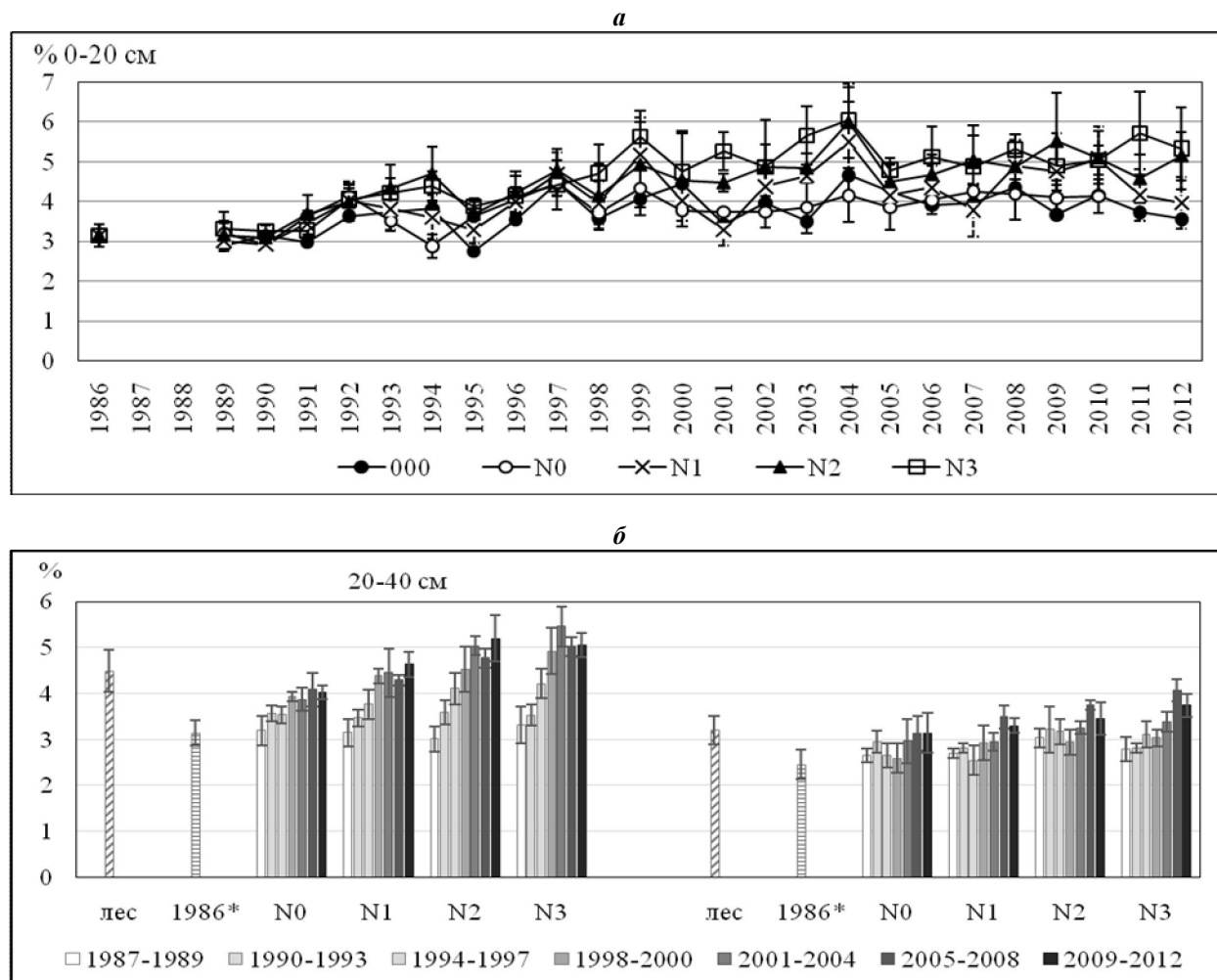


Рис. 1. Динамика накопления гумуса в почве модельных чайных плантаций в зависимости от доз азотных удобрений (усредненные данные по группам вариантов с 0-1-2-3 дозами N в сочетании с РК): *a* – в многолетнем ряду, *б* – по 3-4-летним периодам изучения

Мониторинг в период активной фазы опыта с применением удобрений показал, что содержание гумуса в почве постепенно росло по мере наращивания продуктивности модельных мини-плантаций в зависимости от доз азотных удобрений (в сочетании с различными дозами РК) (см. рис. 1).

Низкопродуктивные плантации вариантов группы  $N_0$  – без азотных удобрений (000-контроль, 020, 002, 022) показали за 1986-2011 г., что средняя многолетняя урожайность составила 20-28 ц/га. Поступление опада и подрезочной массы (хотя и в небольшом объеме), а также снижение минерализационных потерь в отсутствие механической обработки почвы способствовали некоторому накоплению гумуса – около 1,0 % в слое 0-20 см, не достигнув однако уровня фона (лес).

Ежегодное внесение одинарных доз азотных удобрений (70-90 и 120-200 кг д.в./га на молодых и разновозрастных плантациях в сочетании с РК) определило в 2 раза более высокую среднемноголетнюю урожайность модельных плантаций – 40-47 ц/га. Содержания гумуса в почвах этой группы вариантов ( $N_1$  – 111, 133, 113, 131) по сравнению с исходным выросло в среднем на 1,5/1,0 % (в слое 0-20/20-40 см), его уровень достиг фонового (см. рис. 1).

При применении двойных и тройных доз азотных удобрений в сочетании с разными дозами РК (группы вариантов  $N_2$  – 200, 220, 202, 222 и  $N_3$  – 331, 313, 311, 333) средняя многолетняя урожайность чая достигла 58 ц/га. Содержание гумуса в почвах таких модельных

агросистем возросло в среднем на 2,0/1-1,3 % (часто более) по сравнению с исходным, что соответствовало накоплению около 40/22-28 т/га, или росту относительно прежних запасов на 60/40-50 % (в слое 0-20/20-40 см). Это достоверно превысило уровень содержания гумуса в почвах чайных плантаций без внесения азотных удобрений ( $N_0$ ), а также леса (фона).

Следует отметить, что основной рост показателей, вне зависимости от рассматриваемой группы вариантов опыта, наблюдался в первые 12-15 лет эксплуатации плантации. В последующем отмечалась стабилизация процессов минерализации и гумификации органического вещества при данных условиях. Исследования китайских ученых [14, 17] также показали, что выращивание чая именно на ранней стадии (в первые 23-25 лет) способствовало увеличению запасов органического углерода и общего азота в почве; на более возрастных плантациях (33-50 лет) поглощение углерода почвой существенно снижалось.

Ранее было установлено [5], что рост общего содержания органического углерода в почвах высокопродуктивных плантаций с интенсивным азотным питанием происходил в первую очередь за счет углерода негидролизующего остатка (гумина) и в некоторой степени гумусовых кислот (в первую очередь фульвокислот). Значительное увеличение количества гумина, гуминовых и фульвокислот в почве при возделывании чайных плантаций отмечено и китайскими исследователями [14].

Мониторинг состояния почв в период консервации опыта показал, что за 8-10 лет прекращения применения удобрений на ранее удобрявшихся модельных плантациях (группы вариантов  $N_1$ ,  $N_2$ ,  $N_3$ ) произошло достоверное снижение содержания гумуса до уровня вариантов  $N_0$ , особенно выраженное в верхнем слое, с полным нивелированием ранее существовавших различий. При этом, часть плантации, не входившая в схему опыта, использовалась в качестве технологического контроля, где продолжали внесение

минеральных удобрений в оптимальных дозах ( $N_{240}P_{70}K_{90}$ ). По количеству азота это сопоставимо с одинарной дозой в опыте до его консервации. Содержание гумуса в почве на этой части плантации по-прежнему находилось на уровне, характерном для вариантов группы  $N_1$  при применении удобрений (рис. 2). Истощение запасов органического вещества почвы в результате 9-летнего отсутствия удобрений выявлено и на чайных плантациях Индии [16].

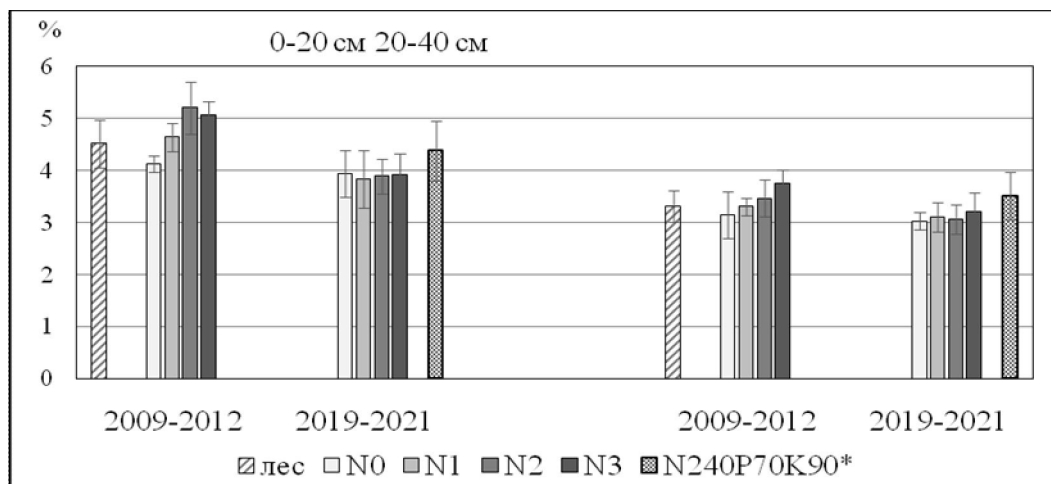


Рис. 2. Изменение уровня содержания гумуса в почве модельных чайных плантаций в результате 8-10-летней консервации опыта и отсутствия удобрений ( $N_{240}P_{70}K_{90}^*$  – технологический контроль)

Снижение содержания гумуса может быть связано с изменением условий гумусообразования в отсутствии непосредственного влияния минеральных удобрений, снижением объемов поступления растительных остатков, нарушением достигнутого в период стабилизации баланса минерализации и гумификации, а также с особенностями качественного состава органического вещества, ранее пополнившего его запасы в исследованных почвах.

Повышенная доля гумина в составе гумуса почв чайных плантаций, полагаем, являлась следствием накопления свежего, не полностью гумифицированного, материала в процессе постоянного новообразования гумуса. Судя по разным источникам, в состав гумина (негидролиземый остаток) могут входить не только гуминовые и фульвокислоты, прочносвязанные с минеральной частью почвы, а также продукты дальнейшей их трансформации, но и продукты ранней трансформации свежих растительных остатков. Это не утратившие анатомического строения остатки, целлюлоза, лигнин, воска, смолы, часть гетероциклических соединений азота, которые адсорбируются минеральной частью почвы, а также углистые вещества, детрит, фульвокислоты и гуминовые кислоты упрощенного состава [2, 11, 12,]. Показано [4, 11, 12], что как накопление, так и уменьшение содержания гумуса в почвах, как правило, происходит в основном за счет углерода негидролиземого остатка (гумина). Можно предположить, что и в случае изученных почв чайных плантаций потеря гумуса могла произойти в результате преимущественной минерализации (а не гумификации) слабо гумифицированного материала в составе гумина.

По нашим данным [5], для почв чайных плантаций характерны более слабая (в сравнении с почвой леса)

степень гумификации, более низкая оптическая плотность гуминовых кислот, что является свидетельством незрелости, преимущественного формирования мобильных и упрощенных по структуре гумусовых веществ. Это может быть результатом не только их новообразования, но и снижения устойчивости вследствие гидролиза в условиях сильноокислой реакции и декарбонирования почв [5]. При снижении темпов новообразования гумуса после отмены применения удобрений повышенная мобильность гумусовых веществ также, по-видимому, была одной из причин их преимущественной потери верхними слоями почвы при промывном водном режиме.

Важным фактором нивелирования уровня содержания гумуса в почвах за 8-10-летний период консервации опыта являлся, очевидно, одинаково низкий уровень продуктивности модельных плантаций чая (и, следовательно, поступавших в почву растительных остатков). Известно, что при прекращении внесения азотных удобрений уже в первый год урожайность плантаций снижается наполовину [6, 13]. Средняя урожайность модельных плантаций законсервированного опыта для групп вариантов  $N_1$ ,  $N_2$ ,  $N_3$  оказалась сопоставима с контрольной группой  $N_0$  (рис. 3). При этом она была в 2 раза ниже, чем на удобряемой части плантации ( $N_{240}P_{70}K_{90}$  – технологический контроль) и в 2,5-3,3 раза ниже, чем на заключительном этапе опыта с применением удобрений. Урожайность удобряемой  $N_{240}P_{70}K_{90}$  плантации была на 20 % ниже средней урожайности вариантов группы  $N_1$  до консервации опыта (сопоставимой по дозе азота) в связи с менее благоприятными для растений чая погодными условиями 2019-2021 г.

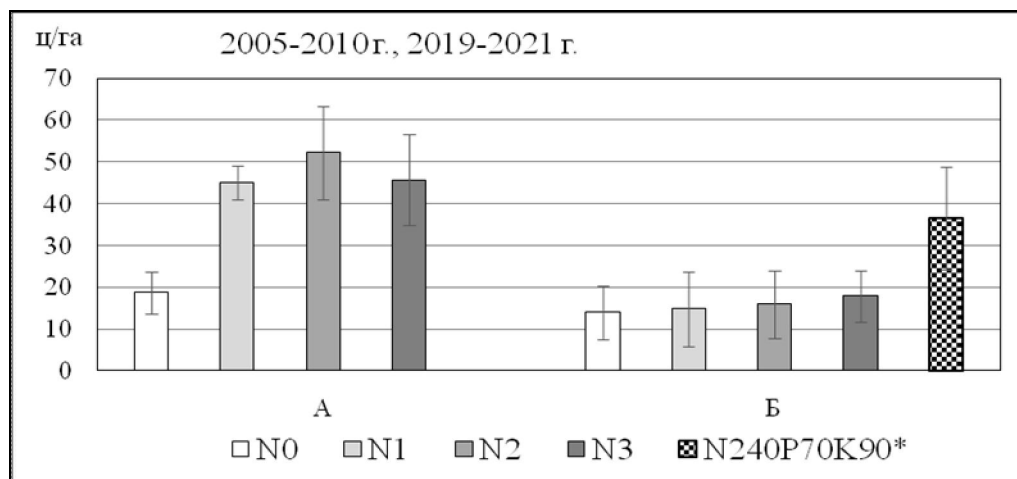


Рис. 3. Урожайность модельных плантаций чая на заключительном этапе опыта с применением удобрений (А) и после отмены удобрений при консервации опыта (Б, где N<sub>240</sub>P<sub>70</sub>K<sub>90</sub>\* – технологический контроль)

**Закключение.** Таким образом, в полевом опыте на культуре чая, в условиях влажно-субтропической зоны России была изучена многолетняя динамика содержания органического вещества бурых лесных кислых почв при длительном (26 лет) применении различных доз NPK-удобрений, а затем в их отсутствии (в течение 10 лет). Установлено постепенное увеличение содержания гумуса в зависимости от применявшихся доз азотных удобрений (в сочетании с РК), что связано с повышением продуктивности плантаций и количества растительных остатков, а также с изменением условий гумусообразования. Основной рост показателей происходил в первые 12-15 лет эксплуатации плантации с последующей стабилизацией на достигнутом уровне. Итоговый рост содержания гумуса на фоне одинарных доз азота (70-200 кг д.в./га в зависимости от возраста растений, в сочетании с РК) составил в среднем 1,5/1,0 % по сравнению с исходным (3,2/2,5 %); при применении двойных и тройных доз (140-400 и 210-600 кг д.в./га) превысил его на 2,0/1,3 % (или на 40/28 т/га), а часто и более. Некоторое накопление гумуса (до уровня 4,0/3,0 %) отмечено и в вариантах без внесения азотных удобрений.

Спустя 8-10 лет после отмены применения удобрений содержание гумуса во всех ранее удобряемых азотом почвах снизилось до уровня неудобренных, различия между вариантами оказались нивелированы. Это может быть связано с несколькими факторами: снижением объемов поступления растительных остатков в связи с падением продуктивности; изменением условий гумусообразования в отсутствии непосредственного влияния минеральных удобрений, а также нарушением ранее достигнутого баланса минерализации и гумификации; особенностями качественного состава новообразованного органического вещества почвы. Последние заключаются в следующем: наличие в составе гумуса большой доли гумина, состоявшего, по-видимому, преимущественно из слабо гумифицированного материала, с последующей его минерализацией (а не гумификацией); незрелость и повышенная мобильность гумусовых веществ, что при снижении темпов их новообразования вело к преимущественной потере за счет выноса при промывном водном режиме.

#### Литература

1. *Агрохимические методы исследования почв.* – М.: Наука, 1975. – 656 с.
2. *Александрова Л.Н.* Органическое вещество почвы и процессы его трансформации. – Л.: Наука, 1980. – 286 с.
3. *Беседина Т.Д.* Агрогенная трансформация почв влажных субтропиков России под культурой чая. – Краснодар: Изд-во КубГАУ, 2004. – 169 с.
4. *Бокарев В.Г.* Влияние различных систем удобрения и агроценозов на запасы гумуса в темно-каштановой почве Поволжья // *Агрохимия.* – 2004. – №5. – С. 5-13.
5. *Владыченский А.С., Малоюкова Л.С., Козлова Н.В.* Гумусное состояние буроземов и его изменение при интенсивном возделывании чая в условиях субтропической зоны РФ // *Вестник Моск. ун-та. Серия 17: Почвоведение.* – 2007. – № 4. – С. 10-17.
6. *Голетиани Г.И.* Основы удобрений чайной плантации. – Сухуми, 1976. – 191 с.
7. *Дараселия М.К., Воронцов В.В., Гвасалия В.П., Цанава В.П.* Культура чая в СССР. – Тбилиси: Мецниереба, 1989. – 558 с.
8. *Классификация и диагностика почв СССР.* – М.: Колос, 1997. – 224 с.
9. *Козлова Н.В., Малоюкова Л.С.* Влияние длительного применения минеральных удобрений на кислотно-основное состояние бурых лесных кислых почв чайных плантаций субтропиков России // *Агрохимия.* – 2007. – № 9. – С. 1-7.
10. *Кудеяров В.Н.* Цикл азота в почве и эффективность удобрений. – М.: Наука, 1989. – 216 с.
11. *Орлов Д.С., Бирюкова О.Н., Суханова Н.И.* Органическое вещество почв Российской Федерации. – М.: Наука, 1996. – 256 с.
12. *Придворев Н.И., Дедов А.В., Верзилин В.В., Королев Н.Н.* О негидролизуемом остатке гумуса черноземов // *Почвоведение.* – 2006. – № 4. – С. 450-457.
13. *Цанава В.П.* Агрохимические основы азотного питания чайного растения. – Тбилиси: Мецниереба, 1985. – 186 с.
14. *He S., Zheng Z., Zhu R.* Long-term tea plantation effects on composition and stabilization of soil organic matter in Southwest China // *Catena.* – 2021. – Vol. 199. – 105132.
15. *Kozlova N.V., Malukova L.S.* Change in the soils' fertility level of tea agroecosystems in the transition to cultivation without mineral fertilizers in the humid subtropical zone of Russia // *E3S Web of Conferences.* – 2021. – 254. – 05009.
16. *Venkatesan S., Murugesan S., NK Ganapathy M., P Verma D.* Long-term impact of nitrogen and potassium fertilizers on yield, soil nutrients and biochemical parameters of tea // *J. of the Science of Food and Agriculture.* – 2004. – Vol. 84(14). – P. 1939-1944.
17. *Wang S., Li T., Zheng Z.* Effects of tea plantation age on soil aggregate-associated C- and N-cycling enzyme activities in the hilly areas of Western Sichuan, China // *Catena.* – 2018. – Vol. 171. – P. 145-153.
18. *Wang H., Xu R.-K., Wang N., Li X.-H.* Soil Acidification of Alfisols as Influenced by Tea Cultivation in Eastern China // *Pedosphere.* – 2010. – Vol. 20 (6). – P. 799-806.
19. *Yang X., Ni K., Shi Y., Yi X., Zhang Q., Fang L., Ma L., Ruan J.* Effects of long-term nitrogen application on soil acidification and solution chemistry of a tea plantation in China // *Agriculture, Ecosystems & Environment.* – 2018. – Vol. 252. – P. 74-82.

## DYNAMICS OF HUMUS AMOUNT IN SOILS OF TEA PLANTATIONS IN RUSSIAN SUBTROPICS DURING PROLONG APPLICATION OF MINERAL FERTILIZERS AND AFTER THEIR CANCELLATION

N.V. Kozlova – Candidate of Biological Sciences, L.S. Malyukova – Doctor of Biological Sciences, Professor of the Russian Academy of Sciences

Federal Research Centre the Subtropical Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, 354002, Russia, Sochi, st. J.Fabricius, 2/28, e-mail: agro-pochva@vniisubtrop.ru

Research was carried out in a long-term field 16-variant experiment on tea crop (*Camellia sinensis* (L.) Kuntze) in the conditions of the Sochi Black Sea coast, on brown forest acid soil. NPK fertilizers added in different doses and combinations was carried out annually from 1986 to 2011. Since 2012, the use of fertilizers has been completely canceled. During fertilizers use, the humus content gradually increased depending on the doses of nitrogen fertilizers, which determined the productivity of plantations and the amount of plant residues, as well as the conditions of humus formation. The main growth of indicators was noted in the first 12-15 years, followed by stabilization at the achieved level. On the background of single doses of nitrogen ( $70-200 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ , depending on the age of plants, in combination with PK), it averaged 1,5/1,0 %; double and triple doses ( $140-400$  and  $210-600 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ ) – 2,0/1,3% compared with the baseline level (3,2/2,5 % in layers 0-20/20-40 cm). Some accumulation of humus (up to the level of 4,0/3,0 %) was also noted on variants without nitrogen fertilizers. In the 8-10-th year of the abolition of fertilizers, the humus content in the soil of all previously nitrogen-fertilized plantations decreased to the level of non-fertilized ones. This is due to a decrease in the productivity of plantations, as well as to the peculiarities of the qualitative composition of the newly formed organic matter (a high proportion of lignin, a weak degree of humification, high mobility).

Keywords: humus, monitoring, brown forest acidic soils, tea plantations, subtropics of Russia, accumulation, depletion

УДК 633.854.54: 631.53.048:631.543.2

DOI: 10.25680/S19948603.2022.126.16

## УРОЖАЙНОСТЬ ЛЬНА МАСЛИЧНОГО В ЗАВИСИМОСТИ ОТ АГРОТЕХНИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ В ЦЕНТРАЛЬНОМ РАЙОНЕ НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ

Т.П. Сухопалова, к.с.-х.н., ФГБНУ Федеральный научный центр лубяных культур  
г. Тверь, Комсомольский проспект, 17/56, Российская Федерация, 170041, E-mail: info.trk@fncl.ru

Работа выполнена в рамках Государственного задания (№ FGSS-2019-0017)  
по программе Федерального научного центра лубяных культур на 2019-2023 гг.  
при поддержке Минобрнауки России

Представлены результаты научных исследований по повышению урожайности льносемян и льносоломы льна масличного сорта Уральский с учетом использования оптимальной площади питания. Показано изменение урожайности льнопродукции льна масличного в Центральном районе Нечерноземной зоны (Тверская обл.) в зависимости от сочетания нормы высева с различным расстоянием между рядками и влияния этих приемов на густоту стояния растений и морфологические показатели. Исследования проводили в двухфакторном полевом опыте. Почва участков – дерново-подзолистая среднесуглинистая со слабокислой и среднекислой реакцией почвенного раствора. Содержание фосфора в ней очень высокое и повышенное, калия – среднее, высокое и очень высокое. Содержание гумуса в почве 1,42-1,60 %. Схема опыта включала варианты с двумя способами посева: с расстоянием между рядками 10 и 15 см (фактор А) и тремя нормами высева семян: 7; 8 и 9 млн всхожих семян на 1 га (фактор В).

Урожайность льносемян и льносоломы повышалась при посеве льна масличного сорта Уральский с расстоянием между рядками 15 см и норме высева 8 млн всхожих семян на 1 га (взаимодействие факторов АВ) в сравнении с посевом с расстоянием между рядками 10 см и такой же нормой высева. При этом способе посева и норме высева урожайность льносемян повышалась на 0,25 т/га (52 %), льносоломы – на 0,32 т/га (17 %). Увеличились высота растений на 3,3 см, густота стояния – на 30 шт/м<sup>2</sup>, число коробочек на растении льна масличного повышалось на 4,1 (57 %), льносемян в коробочке – на 0,8 (12,9 %), масса их в коробочке – на 0,006 г (15,4 %).

Ключевые слова: лен масличный, сорт Уральский, норма высева семян, расстояние между рядками, урожайность, льносемена, льносолома.

Для цитирования: Сухопалова Т.П. Урожайность льна масличного в зависимости от агротехнических приемов в Центральном районе Нечерноземной зоны// Плодородие. – 2022. – №3. – С. 57-61. DOI: 10.25680/S19948603.2022.126.16.

Лен масличный – экологически и экономически выгодная культура, рентабельность его возделывания 100-125 % [12]. Интерес к этой ценной технической культуре возрастает, что обусловлено увеличением спроса на семена [1].

Наряду с содержанием в семенах льна масличного ценных кислот, биологически активных веществ некоторые его сорта могут использоваться для получения

льноволокна. Они обладают повышенной длиной элементарных волокон, лен масличный может рассматриваться и как источник целлюлозы, в которой нуждаются различные отрасли промышленности. Основным сдерживающим фактором использования льна масличного на волокно является высокое содержание костры в стеблях. Но волокно льна масличного можно применять в высокотехнологичных отраслях (производство нитро-