

УДК 631.4:633.72:631.8(470.62)

МОНИТОРИНГ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ И УРОЖАЙНОСТИ ЧАЙНЫХ ПЛАНТАЦИЙ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ВОЗДЕЛЫВАНИИ В СУБТРОПИКАХ РОССИИ БЕЗ ПРИМЕНЕНИЯ ОДНОГО ИЛИ НЕСКОЛЬКИХ ВИДОВ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

© 2020 г. Н. В. Козлова^{1,*}, Л. С. Малюкова¹

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт цветоводства и субтропических культур
354002 Сочи, Краснодарский край, ул. Яна Фабрициуса, 2/28, Россия

*E-mail: agro-pochva@vniisubtrop.ru

Поступила в редакцию 23.09.2019 г.

После доработки 02.11.2019 г.

Принята к публикации 13.01.2020 г.

В полевом многофакторном опыте с удобрениями (в составе Геосети) изучена многолетняя (1986–2012 гг.) динамика показателей плодородия бурых лесных кислых почв и урожайности модельных чайных плантаций при полном отсутствии минеральных удобрений или одного из видов (азотных, фосфорных, калийных). При возделывании чая (*Camellia sinensis* (L.) Kuntze) интенсивного сорта Колхида без азотных удобрений средняя урожайность была невысокой (19–28 ц/га) и составила 20–30% от потенциально возможной для этого сорта. В основном корнеобитаемом слое почвы (0–40 см) содержание гумуса стабилизировалось на исходном уровне с тенденцией к накоплению; содержание легкогидролизуемого азота находилось на уровне в 1.5–2.0 раза меньше исходного (после быстрого снижения в первые годы); обеспеченность подвижным калием была относительно постоянной при снижении количества его кислоторастворимых и необменных форм; содержание подвижных фосфатов уменьшилось в среднем в 1.5 раза. Длительное отсутствие калийных и фосфорных удобрений на фоне применения азотных удобрений и высокой урожайности плантаций (средняя многолетняя была равна 52–67 ц/га) привело к увеличению выноса калия в 3.0–3.5 раза и к истощению калийного запаса (уменьшению содержания различных форм калия на 25–50%). Содержание подвижных фосфатов поддерживалось на исходном уровне за счет биогенной аккумуляции элемента.

Ключевые слова: бурые лесные кислые почвы, чайная плантация, урожайность, динамика плодородия, легкогидролизуемый азот, гумус, подвижный фосфор, калийный статус, хозяйственный баланс элементов.

DOI: 10.31857/S0002188120040067

ВВЕДЕНИЕ

Уникальные почвенно-климатические условия влажных субтропиков России определили возможность промышленного возделывания чая (*Camellia sinensis* (L.) Kuntze) в нашей стране. Начиная с 50-х годов XX века чаеводство являлось и до сих пор остается важной отраслью региона. Почвы чайных плантаций, как многолетней монокультуры, сохраняющей высокую продуктивность до 50 лет и жизнеспособность до 100 лет (и более) при правильном агротехническом уходе, требуют особенно внимательного и грамотного подхода к управлению их плодородием. Высокая потребность в элементах питания, связанная с формированием и отчуждением большого объема биомассы в течение всего периода вегетации, на фоне исходно невысокого уровня плодородия

субтропических почв определяет необходимость и эффективность применения минеральных удобрений при возделывании чая. В связи с этим на различных этапах развития отрасли чаеводства большое внимание уделяли разработке и постоянному совершенствованию зональной системы удобрения [1–3], почвенно-растительной диагностике минерального питания чая [4, 5], развитию подходов и принципов оптимизации применения удобрений [6–8]. Результаты научно-исследовательской работы с успехом реализовывали в производственных условиях.

Особую ценность представляют исследования на базе длительного полевого многофакторного опыта с удобрениями на культуре чая (включенного в состав Всероссийской Географической сети опытов), которые проводит коллектив ученых

и специалистов ВНИИЦиСК, начиная с 80-х годов XX века. Они позволили охватить многолетний цикл выращивания культуры чая от момента закладки плантации и изучить длительную динамику урожайности чайных плантаций и комплекса свойств почв при самых различных схемах применения удобрений в условиях зоны. Результатом исследований явилась целая серия диссертационных работ, научно-методических и практических разработок, посвященных оптимизации плодородия почв и применения минеральных удобрений при выращивании чая [3, 5, 9], оценке состояния почв и их агрогенной трансформации при длительном применении различных доз NPK [10–13], поведению микроэлементов в системе почва–чайное растение [14], экологической безопасности агротехнологий по показателям биологической активности почв и структурно-функционального состояния микробных комплексов [15, 16].

К сожалению, в течение уже более 20-ти лет в чаеводческих хозяйствах региона все чаще встречается нерегулярное, недостаточное применение удобрений в малых дозах, их длительное полное отсутствие или внесение только азотных удобрений, и даже полный отказ от применения минеральных удобрений. Это не может не вызывать опасения с точки зрения угрозы деградации агросистем чайных плантаций (уменьшения плодородия почв, урожайности и адаптивности растений).

В связи с этим цель работы – изучение и демонстрация многолетней динамики плодородия почв чайных плантаций при длительном полном отсутствии минеральных удобрений или какого-либо вида удобрений (азотных, фосфорных, калийных) на основе анализа мониторинговых исследований в рамках полевого многофакторного опыта с удобрениями.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Опыт был заложен в 1986 г. на молодой плантации чая районированного интенсивного сорта Колхида (1983 г. посадки) в наиболее высоко бонитетной (согласно [17]) по почвенно-климатическим условиям подзоне чаеводства Черноморского побережья Краснодарского края (г. Сочи, п. Уч-Дере, ЗАО “Дагомысчай”). Почва опытного участка – бурая лесная кислая легкоглинистая на элюво-делювии аргиллитов (согласно [18]) – одна из лучших чаепригодных почв влажно-субтропической зоны России, на которой заложено более половины чайных плантаций.

Перед посадкой плантации было проведено окультуривание почв участка (плантажная

вспашка на глубину до 40–50 см и внесение высоких доз NPK) в результате чего обеспеченность почвы основными питательными элементами в плантажированном горизонте (0–40 см) достигла среднего и высокого уровней: легкогидролизующий азот – 90–110 мг/кг, подвижный фосфор и калий – 320–380 и 225–280 мг/кг соответственно. Содержание гумуса составляло 2.5–3.2%.

В методическом плане опыт проводили по схеме, разработанной ВИУА им. Д.Н. Прянишникова для Географической сети опытов с удобрениями и другими агрохимическими средствами. Схема опыта – 1/4 (4 × 4 × 4), содержит 16 вариантов различных сочетаний доз NPK (в градациях 0, 1, 2, 3 единичные дозы): 000, 022, 002, 020, 111, 133, 113, 131, 200, 220, 202, 222, 331, 313, 311, 333. Повторность двукратная, размер опытных делянок 50 м². Единичные дозы азотных удобрений росли по мере развития плантаций с шагом 70–90–120–200 кг д.в./га в 1986–1989–1993–2000 гг.; для фосфорных и калийных удобрений не изменялись – 60 и 50 кг д.в./га соответственно. Удобрения вносили ежегодно, согласно зональной технологии возделывания чая [2]: 60% азотных и 100% фосфорных и калийных удобрений в марте–апреле, 40% азотных – в июне в виде подкормки. Формы удобрений: N_а, N_{аа}, P_{сд}, K_х, а также сложные удобрения – НАФК, АФ (с 2006 г.).

Для решения поставленной задачи в пределах многофакторного опыта были выбраны модельные плантации (варианты), которые характеризуют тип агроценозов с экстенсивной системой возделывания без минеральных удобрений (вариант 000 – контроль) или без азотных удобрений (варианты группы N0: 020, 002), а также агроценозов с интенсивным азотным питанием в отсутствии фосфорных и (или) калийных удобрений (варианты 200, 202, 220).

Динамику изменения показателей плодородия почв в вариантах опыта отслеживали в течение 27 лет (1986–2012 гг.) по результатам ежегодных мониторинговых исследований основного корнеобитаемого слоя почв (по слоям 0–20 и 20–40 см) в ранневесенний период. Изменения оценивали в сравнении с исходными показателями перед закладкой опыта и контролем (вариант 000 без удобрений).

Лабораторные исследования вели по общепринятым методикам [19]. Легкогидролизующий азот определяли по Тюрину и Кононовой, гумус – по Тюрину в модификации Орлова и Гриндель, подвижный фосфор – по Ониани с колориметрическим окончанием на спектрофотометрах КФК-3 или УСФ-01 в разные годы; кислотораствори-

Таблица 1. Урожайность и хозяйственный баланс основных элементов питания в модельных агросистемах чайных плантаций при длительном отсутствии соответствующего вида удобрений (1986–2010 гг.)

Вариант, код NPK	Урожайность, кг/га		Вынос		Поступление		Баланс	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Без азотных удобрений			Баланс азота, кг/га					
000	52100	1960	587	26	0	0	-587	-26
002	61400	2220	693	27	0	0	-693	-27
020	74200	2820	859	35	0	0	-859	-35
Без фосфорных удобрений			Баланс фосфора, кг/га					
000	52100	1960	141	5	0	0	-141	-5
200	148000	5240	463	17	0	0	-463	-17
202	180000	6700	568	23	0	0	-568	-23
Без калийных удобрений			Баланс калия, кг/га					
000	52100	1960	295	11	0	0	-295	-11
200	148000	5240	808	29	0	0	-808	-29
220	176000	6520	981	37	0	0	-981	-37

Примечание. В графе 1 – общий, 2 – среднегодовой баланс.

мый калий – по Пчёлкину, обменный – по Масловой, подвижный – по Ониани, легкодоступный – в 0.005 н. CaCl₂-вытяжке на пламенном фотометре ПФМ У4.2 и атомно-абсорбционном спектрометре КВАНТ АФА-А в разные годы.

Обработка данных проведена методами описательной статистики в программе Microsoft Excel (при P = 0.95). В диаграммах представлены средние + стандартное отклонение. Для обозначения вариантов использованы коды по количеству единичных доз NPK; в случае представления усредненных показателей по группам вариантов использованы следующие коды (их сочетания): варианты без азотных удобрений – N0, без фосфорных – P0, без калийных – K0, с двойными дозами азота – N2.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Длительное отсутствие азотных удобрений. Азот, как элемент-регулятор активности внутренних стимуляторов роста растений, играет особую роль для листосборной культуры чая. Без применения азотных удобрений, являющихся источником легкодоступных минеральных форм азота, урожайность модельных чайных плантаций в опыте по средним многолетним данным (20–28 ц/га) была в 2.0–3.5 раза меньше, чем регулярно удобряемых азотом (табл. 1). В контрольном варианте (000 – без удобрений) она варьировала в зависимости от возраста и метеорологических условий года от 4.0 до 30 ц/га, при средней вариабельности 58%; при применении фосфор-

ных или калийных удобрений (варианты 002, 020) она была несколько больше, достигая при благоприятных погодных условиях >40 ц/га в наиболее продуктивном возрасте (10–18 лет) (рис. 1). При этом урожайность чая сорта Колхида (интенсивного сорта) при оптимальном минеральном питании и благоприятных погодных условиях в отдельные годы достигала в опыте 100–120 ц/га.

Отсутствие компенсации выноса азота урожаем определило его отрицательный хозяйственный баланс в модельных агроэкосистемах с экстенсивным типом землепользования без азотных удобрений. В почве контрольного варианта (000 – без удобрений) и вариантов без внесения азотных удобрений (группа N0) уже в первые годы проведения эксперимента было отмечено довольно быстрое снижение содержания легкогидролизуемого азота, которое в дальнейшем находилось на уровне в 1.5–2.0 раза меньше исходного (рис. 2) и оценивалось как низкое, согласно разработанным градациям [5].

Следует отметить, что снижение содержания легкогидролизуемого азота на этапе развития молодой чайной плантации отмечено и в вариантах с внесением азотных удобрений. Оно было выражено, хотя и в меньшей степени, даже в вариантах с тройными дозами азота, которые лишь частично компенсировали высокую потребность чайных растений в азоте на этапе наращивания ими биомассы (в том числе формирования скелетных частей шпалеры). Однако в дальнейшем обеспеченность почв азотом в удобренных вариантах постепенно достигла высокого уровня [20].

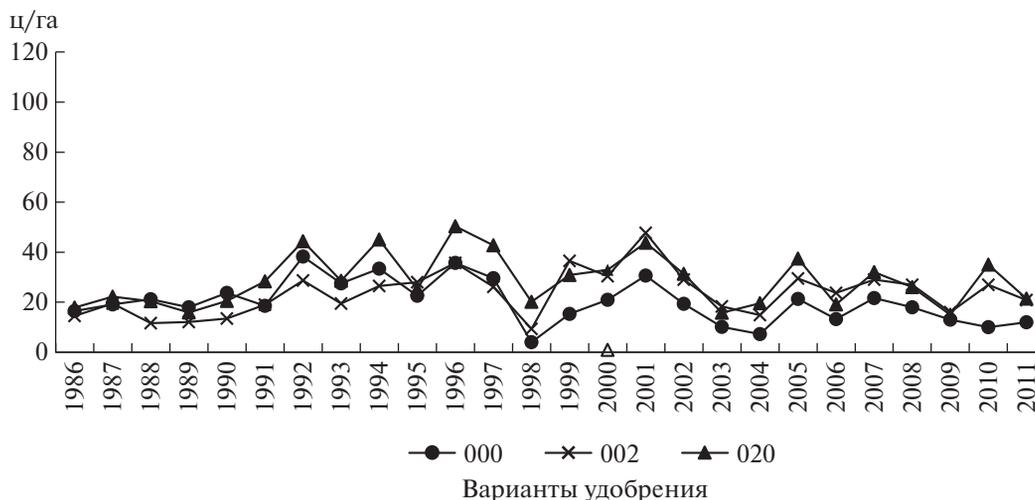


Рис. 1. Урожайность модельных чайных плантаций с экстенсивным типом возделывания (без азотных удобрений) в многолетней динамике.

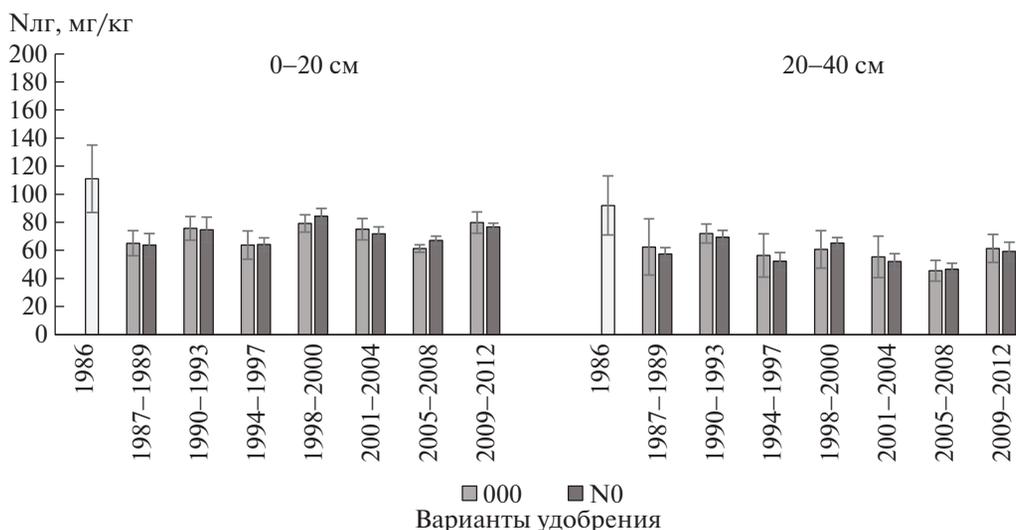


Рис. 2. Динамика обеспеченности почв чайных плантаций легкогидролизующим азотом в отсутствие азотных удобрений.

Несмотря на невысокую продуктивность плантаций в отсутствие азотных удобрений, в результате ежегодной подрезки чайных шпалер и естественного опада происходило регулярное поступление определенного объема растительной биомассы, которую оставляли в междурядьях. Это, а также снижение минерализационных потерь в отсутствие механической обработки почвы в течение многих лет (этот агротехнический прием на полновозрастных плантациях не применяют), привело к некоторому накоплению гумуса. За 27-летний период рост общего содержания гумуса в контрольном варианте (000) и вариантах группы N0 (без азотных удобрений) составил в среднем ≈ 1.0 и 0.5% (в слоях 0–20 и 20–40 см соответственно) по сравнению с исходным (рис. 3).

В пересчете это соответствовало росту запаса гумуса на 13–19 т/га в основном корнеобитаемом слое (0–40 см).

В то же время на высокопродуктивных плантациях с применением азотных удобрений был установлен рост содержания гумуса более чем на 2%, который, однако сопровождался существенной трансформацией всего гумусового комплекса [21, 22].

Длительное отсутствие фосфорных удобрений. В отсутствие фосфорных удобрений в почве контрольного варианта (000 – без удобрений) прослежено постепенное снижение уровня обеспеченности почв фосфором. В итоге повышенное содержание подвижных фосфатов в плантажиро-

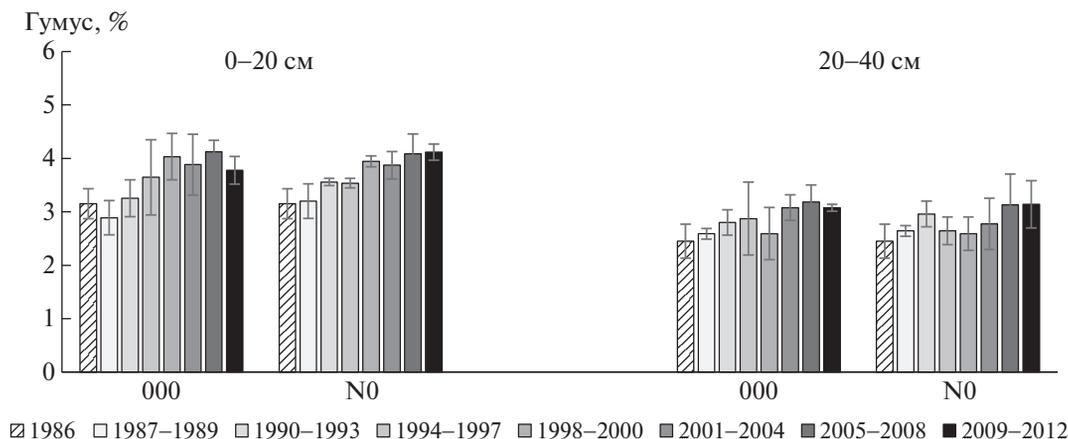


Рис. 3. Динамика содержания гумуса в почве при длительном экстенсивном ведении культуры чая.

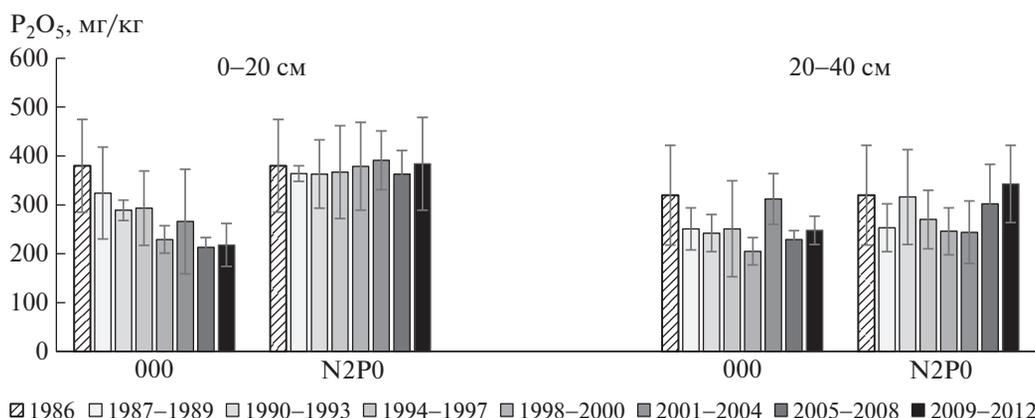


Рис. 4. Динамика содержания подвижных фосфатов в почве при длительном возделывании чая без фосфорных удобрений.

ванном горизонте почвы (0–40 см), достигнутое перед закладкой опыта в результате окультуривания, сократилось за 27-летний период исследования в 1.5 раза (рис. 4). Обеднение верхнего слоя 0–20 см почвы происходило со средней скоростью 65–70 мг P_2O_5 /кг за 10 лет [23]. Разница между исходным (380 мг/кг) и конечным (210 мг/кг) содержанием подвижного фосфора составила 170 мг/кг при отрицательном балансе фосфора за это период –140 кг/га. Следовательно, величина выноса, снижающего содержание P_2O_5 на 10 мг/кг, составила ≈ 8 кг/га.

При длительном интенсивном азотном (азотно-калийном) питании, но без внесения фосфорных удобрений, в агроценозах высокопродуктивных чайных плантаций вынос фосфора урожаем (табл. 1, варианты 200 и 202), был больше в 3–4 раза в сравнении с низкопродуктивным необудряемым контрольным вариантом (000). Однако в основном корнеобитаемом слое 0–40 см почвы в

среднем поддерживался исходный уровень содержания подвижных фосфатов (рис. 4, для группы вариантов N2P0) за счет его биогенной аккумуляции и других почвенных трансформационных изменений при минерализации биомассы шпалерной обрезки. Вопросы эффективности применения фосфорных удобрений при выращивании чая в условиях Черноморского побережья России, формирования фосфатного режима почв при эксплуатации с различной нагрузкой удобрениями рассмотрены в отдельных публикациях [9, 23, 24].

Длительное отсутствие калийных удобрений. В отсутствии калийных удобрений в вариантах с экстенсивным типом эксплуатации плантаций (000 – контроль, 020) в течение всего 27-летнего периода наблюдений поддерживался довольно стабильный уровень обеспеченности почв подвижным калием. Его содержание менялось в диапазоне 280–350 и 240–300 мг/кг в слоях 0–20 и 20–40 см соответственно без выраженных тен-

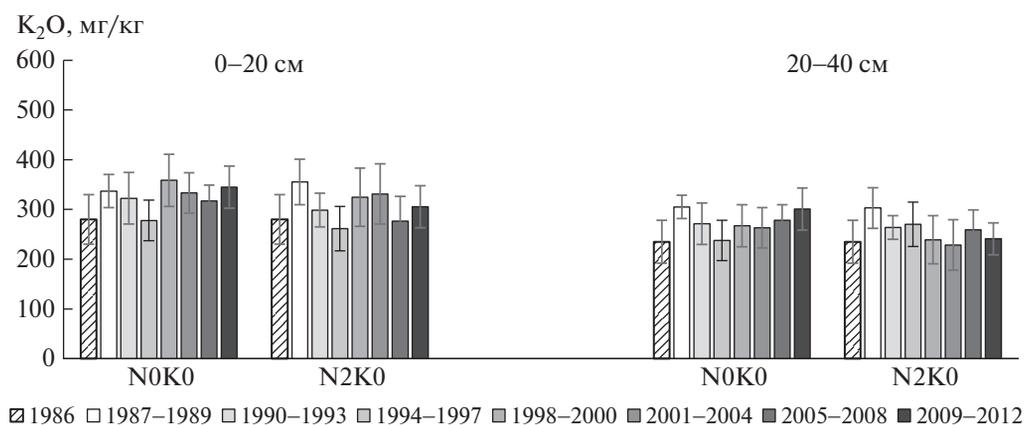


Рис. 5. Динамика содержания подвижного калия в почве при длительном возделывании чая без калийных удобрений.

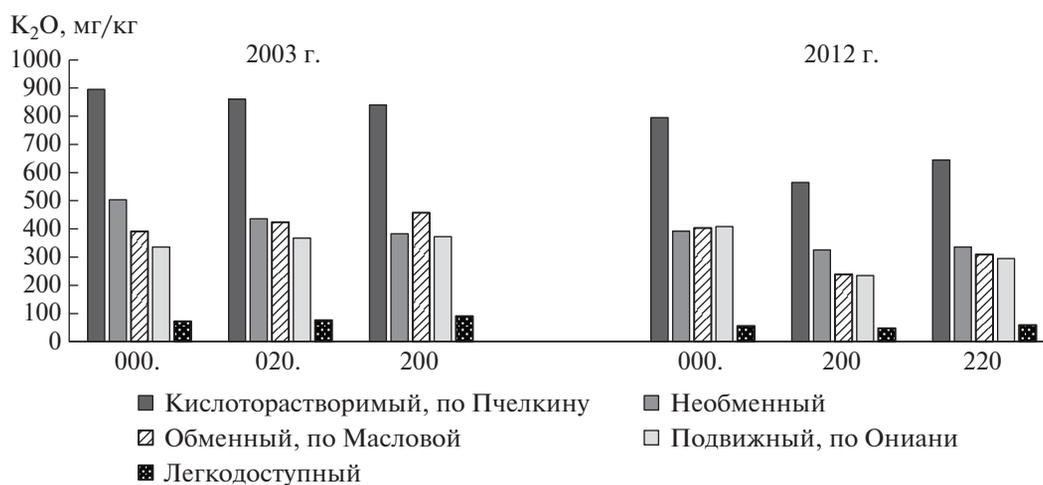


Рис. 6. Изменение калийного статуса почв чайных плантаций при их длительной эксплуатации без калийных удобрений (по комплексу форм калия в слое 0–20 см почвы).

денций к изменениям (рис. 5, N0K0). При высокой урожайности плантаций и небольшом дефиците баланса калия в таких модельных агросистемах (табл. 1) некомпенсируемое расходование почвенного калия камуфлировалось за счет подвижного динамического равновесия между различными его формами. Однако при сравнении калийного статуса почвы по комплексу форм на промежуточном (2003 г.) и заключительном (2012 г.) этапах опыта была выявлена тенденция к истощению запасов почвенного калия по снижению количества кислоторастворимых и необменных форм на 10–20% (рис. 6, на примере варианта 000).

При возделывании чая без калийных удобрений, но с применением высоких доз азотных или азотно-фосфорных удобрений высокая урожайность и соответственно повышенный вынос пи-

тательных элементов увеличили размеры выноса калия в 3.0–3.5 раза по сравнению с контролем (табл. 1, варианты 200 и 220). При этом следует отметить, что содержание обменного, подвижного и легкодоступного калия в почве длительное время поддерживалось на относительно постоянном уровне за счет расходования необменного калия, что затрудняло диагностику дефицита элемента [25]. Например, диапазон содержания подвижного калия в почве этой группы вариантов (N2K0) в период исследования в целом был сопоставим с контролем (N0K0), тенденция к снижению относительно него проявилась лишь на заключительных этапах опыта (рис. 5). Явное истощение калийного запаса было выявлено в результате комплексного анализа калийного статуса исследованных почв в конце эксперимента (в 2012 г.). Было установлено существенное снижение содержания всех форм почвенного калия

как по сравнению с контролем, так и по сравнению с их содержанием 10-ю годами ранее: потенциально доступного кислоторастворимого, обменного — на 25%, подвижного и легкодоступного — почти на 50% в слое 0–20 см (рис. 6, варианты 200 и 220).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в условиях длительного (27 лет) многофакторного полевого опыта с удобрениями был смоделирован тип землепользования с полным отсутствием минеральных удобрений или отсутствием какого-либо вида удобрений (азотных, фосфорных, калийных) при возделывании многолетней монокультуры чая во влажных субтропиках России.

В результате мониторинга основных показателей плодородия почв (в слое 0–40 см — плантажи-рованном, основном корнеобитаемом) и урожайности модельных мини-плантаций для соответствующей выборки вариантов опыта было установлено следующее:

1 — длительное полное отсутствие минеральных удобрений, как и отсутствие азотных удобрений, определило низкую урожайность плантаций (средняя многолетняя урожайность в опыте — 19.6–28.2 ц/га), отрицательный баланс азота в агроценозе и низкий уровень содержания легкогидролизуемого азота (в 1.5–2.0 раза меньше исходного). Содержание гумуса стабилизировалось на исходном уровне с некоторой тенденцией к накоплению (рост на 0.5–1.0%). Обеспеченность подвижным калием в отсутствии удобрений поддерживалась на относительно постоянном уровне за счет динамического равновесия между различными формами калия, однако было выявлено истощение резервов кислоторастворимого обменного калия (на 10–20% за последние 10 лет эксперимента). Происходило расходование фосфатного фонда почв, созданного при окультуривании, о чем свидетельствовало снижение содержания подвижных фосфатов в 1.5 раза относительно исходного;

2 — при применении азотных удобрений, обеспечивших высокую урожайность модельных чайных плантаций (52–67 ц/га — средняя многолетняя урожайность в опыте), длительная эксплуатация почв без калийных удобрений привела к истощению калийного запаса. В конце эксперимента оно проявилось в снижении содержания потенциально доступного кислоторастворимого, обменного калия на 25%, а подвижного и легкодоступного калия — почти на 50% в слое 0–20 см, как по сравнению с контро-

лем, так и по сравнению с содержанием тех же форм элемента 10-ю годами ранее. Содержание подвижных фосфатов, несмотря на длительное отсутствие фосфорных удобрений, поддерживалось на исходном уровне за счет биогенной аккумуляции.

Полученные результаты описывают модель прогноза изменения (по ряду показателей — деградации) плодородия почв при аналогичных производственных условиях возделывания чая в России.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Галактионов И.И.* Почва и удобрение в субтропическом хозяйстве. Сочи, 1947. 142 с.
2. Методические указания по технологии возделывания чая в субтропической зоне Краснодарского края. Сочи: НИИ горного садоводства и цветоводства, 1977. 47 с.
3. *Малюкова Л.С., Козлова Н.В., Притула З.В.* Система удобрения плантаций чая в субтропиках России. Сочи: ВНИИЦиСК, 2010. 45 с.
4. Методические указания по диагностике питания чая / Под ред. Церлинг В.В. Москва: Колос, 1982. 15 с.
5. *Малюкова Л.С., Козлова Н.В.* Методические рекомендации по комплексной почвенно-растительной диагностике минерального питания чая. Сочи: ВНИИЦиСК, 2010. 37 с.
6. *Аргунова В.А., Бушин П.М., Малюкова Л.С.* Принципы оптимального программирования урожая чая и получения качественной продукции при разработке экологически безопасных систем питания // Сб. научн. тр. ВНИИЦиСК “Цветоводство, субтропические и плодовые культуры на Юге России”. Сочи, 1994. Вып. 38. С. 182–189.
7. *Малюкова Л.С.* Агрохимические аспекты сохранения и воспроизводства плодородия почв чайных плантаций Черноморского побережья России // Субтроп. и декор. садоводство. 2014. Вып. 50. С. 261–269.
8. *Малюкова Л.С., Козлова Н.В.* Принцип подбора дифференцированных доз минеральных удобрений на чайных плантациях // Субтроп. и декор. садоводство. 2012. Вып. 46. Т. 1. С. 260–268.
9. *Малюкова Л.С.* Оптимизация плодородия бурых лесных почв и применения минеральных удобрений при выращивании чая в условиях Черноморского побережья России: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М., 2013. 41 с.
10. *Козлова Н.В.* Состояние бурых лесных кислых почв чайных плантаций при длительном применении минеральных удобрений в субтропиках России: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2008. 24 с.
11. *Малюкова Л.С., Рындин А.В., Козлова Н.В.* Особенности агрогенной трансформации бурых лесных кислых почв чайных плантаций // Вестн. РАСХН. 2008. № 4. 26–27.

12. Козлова Н.В., Малюкова Л.С., Струкова Д.В., Рогожина Е.В., Керимзаде В.В. Методика оценки бурых лесных кислых почв чайных плантаций Черноморского побережья России по степени агрогенных изменений // Инновационные разработки в области возделывания субтропических и южных плодовых культур. Сочи: ВНИИЦиСК, 2016. С. 165–189.
13. Козлова Н.В., Малюкова Л.С., Керимзаде В.В. Концептуальная модель эволюции плодородия бурых лесных кислых почв чайных плантаций влажных субтропиков России при агрогенном воздействии. Сочи: ВНИИЦиСК, 2019. 66 с.
14. Малюкова Л.С. Состояние микроэлементов (Mn, Cu, Zn) в бурых лесных кислых почвах Черноморского побережья Краснодарского края: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 1997. 24 с.
15. Струкова Д.В. Биологическая активность бурых лесных почв агроценозов чая, персика, фундука при длительном применении минеральных удобрений в условиях Черноморского побережья России: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2014. 24 с.
16. Рогожина Е.В. Структурно-функциональное состояние микробного комплекса бурых лесных кислых почв влажно-субтропической зоны России при длительном агрогенном воздействии: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Петропавловск-Камчатский, 2019. 24 с.
17. Рындин А.В., Козин В.К., Беседина Т.Д. Принципы оптимизации размещения культуры чая на территории Черноморского побережья России // Субтроп. и декор. садоводство. 2009. № 42 (2). С. 145–148.
18. Классификация и диагностика почв СССР. М.: Колос, 1977. 224 с.
19. Агрохимические методы исследования почв. М.: Наука, 1975. 656 с.
20. Козлова Н.В., Керимзаде В.В. Динамика азотного фонда бурых лесных почв влажных субтропиков России в многофакторном полевом опыте с удобрениями на культуре чая // Плодоводство и ягодоводство России. 2018. Т. 53. С. 138–146.
21. Владыченский А.С., Малюкова Л.С., Козлова Н.В. Гумусное состояние буроземов и его изменение при интенсивном возделывании культуры чая в условиях субтропической зоны РФ // Вестн. МГУ. Сер. 17. Почвоведение. 2007. № 4. С. 10–16.
22. Козлова Н.В., Керимзаде В.В. Динамика накопления гумуса в бурых лесных кислых почвах при длительном возделывании чая во влажных субтропиках России // Пробл. агрохим. и экол. 2019. № 3. С. 73–78.
23. Козлова Н.В., Керимзаде В.В. Фосфатный режим бурых лесных кислых почв субтропиков РФ при эксплуатации чайных плантаций с различной нагрузкой удобрениями // Плодоводство и ягодоводство России. 2018. Т. 54. С. 246–253.
24. Малюкова Л.С., Козлова Н.В. Эффективность применения фосфорных удобрений при выращивании чая в условиях Черноморского побережья России // Субтроп. и декорат. садоводство. 2013. Вып. 49. С. 332–340.
25. Козлова Н.В., Малюкова Л.С., Керимзаде В.В. Калейный статус почв в зависимости от схем и длительности применения удобрений при возделывании чая в субтропиках России [Электр. ресурс] // Электр. научн.-производ. журн. "АгроЭкоИнфо". 2018. № 3. URL: http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2018/3/st_357.doc

Monitoring of Soil Fertility and Yield of Tea Plantations during Long-Term Cultivation in the Subtropics of Russia without the Use of One or More Types of Mineral Fertilizers

N. V. Kozlova^{a,*} and L. S. Maljukova^a

^a Russian Research Institute of Floriculture and Subtropical Crops
ul. Jana Fabritiusa 2/28, Krasnodar region, Sochi 354002, Russia

^{*}E-mail: agro-pochva@vniisubtrop.ru

Under the conditions of a multi-factorial field experiment with fertilizers (as part of the Geo-network), the long-term (1986–2012) dynamics of the indicators of fertility of brown forest acid soils and productivity of model tea plantations with a long complete absence of mineral fertilizers or one of the species (nitrogen, phosphoric, potash) was studied. In the cultivation of tea (*Camellia sinensis* (L.) Kuntze) of intensive cultivar Kolkhida without nitrogen fertilizers average long-term productivity was low (1900–2800 kg/ha) and amounted to 20–30% of the potential for this cultivar. In the main root-inhabited soil layer (0–40 cm) the humus content stabilized at the initial level with a tendency to accumulate; the content of easily hydrolyzable nitrogen fluctuated at a level of 1.5–2.0 times lower than the original (after a rapid decrease in the first years); the availability of mobile potassium was relatively constant, but a decrease in the number of acid-soluble, non-exchangeable forms was detected; the content of mobile phosphates decreased on average 1.5 times. A prolonged absence of potash and phosphorus fertilizers due to the use of nitrogen fertilizers and high plantation yields (average perennial 52–67 kg/ha) led to an increase of 3.0–3.5 times the removal of potassium and to the depletion of potash stock – reducing the content of various forms of potassium by 25–50%; the content of mobile phosphates was maintained at the initial level due to the biogenic accumulation of the element.

Key words: brown forest acid soils, tea plantation, productivity, fertility dynamics, easily hydrolyzable nitrogen, humus, mobile phosphorus, potassium status, balance of elements.