

*Раздел 8.*

**АГРОХИМИЯ И ПОЧВОВЕДЕНИЕ**

УДК 633.72:631.8+631.559(262.5+470)      doi: 10.31360/2225-3068-2022-82-193-206

**ВЛИЯНИЕ СУЛЬФАТА МАГНИЯ  
НА УРОЖАЙНОСТЬ ЧАЯ СОРТА «КОЛХИДА»  
НА ЧЕРНОМОРСКОМ ПОБЕРЕЖЬЕ РОССИИ**

**Великий А.В.**

*Федеральный исследовательский центр  
«Субтропический научный центр Российской академии наук»,  
г. Сочи, Россия, e-mail: kriptoorxon@mail.ru*

Выращивание чая во влажных субтропиках России при длительном применении высоких доз макроудобрений значительно обедняет чаепригодные почвы региона (бурозёмы) обменным магнием, в результате роста его подвижности на фоне повышения почвенной кислотности. При этом потребность в Mg у растений чая достаточна высока, а магниевые удобрения в системе минерального питания культуры недостаточно изучены. В полевом опыте исследовано влияние корневого применения сульфата магния (из расчёта Mg60) на фоне оптимальных доз макроудобрений (N240P70K90 – контроль) на урожайность чая интенсивного сорта 'Колхида'. Установлено, что на фоне дефицита магния в почве (0,4–0,6 мг-экв/100 г) ежегодное внесение MgSO<sub>4</sub> в течение первых 9 лет (2003–2011 гг.) оказывало положительное влияние. Урожай чайного листа был в среднем выше контроля на 25 % (6,2 и 4,9 т/га, соответственно). В последующие годы, на фоне роста обеспеченности почвы магнием (до 2,5–3,0 мг-экв/100 г), положительный эффект от внесения перестал проявляться. Средняя урожайность плантации при внесении магния в период 2012–2015 гг. (5,0 т/га) оказалась даже несколько ниже контроля (5,3 т/га). Применение сульфата магния было прекращено. На фоне его последствия в течение следующих 5 лет (2016–2021 гг.) урожайность оставалась на уровне близком к контролю (3,7 и 3,9 т/га, соответственно). В целом в период 2012–2021 гг. урожайность чайной плантации на изучаемом варианте существенно варьировала (2,1–8,6 т/га) в зависимости от метеорологических условий. В благоприятные годы она в среднем достигла 6,2 т/га и не отличалась от контроля. В более сложных метеорологических условиях (весенние заморозки и летняя засуха) урожайность составила в среднем 2,8 т/га, что было ниже контроля на 12,5 %. Снижение урожайности связано с ухудшением общего функционального состояния растений, в т. ч. с более существенным нарушением водного режима растений на варианте с MgSO<sub>4</sub> в летний период. При наступлении водного дефицита и почвенной засухи концентрация клеточного сока флешей повышалась здесь до 9,4–15,0 % (в отдельные годы до 20 %), что было в среднем 1,3 раза выше показателей контроля.

**Ключевые слова:** чай, сульфат магния, урожайность, кислые почвы, метеорологические условия, влагообеспеченность, стрессовый период.

**Введение.** Чай является международным напитком и одним из незамеченных пищевкусных продуктов. Возделывание его в России ограничено почвенно-климатическими условиями, к которым растения чая предъявляют особые требования (гидротермический режим, кислотность почв и минеральное питание) [6, 11, 15]. На сегодняшний день влажные субтропики Черноморского побережья Краснодарского края (агломерация г. Сочи) являются основным чаепроизводящим регионом России. Выращиваемые для получения вегетативной массы – листовых побегов (флешей), растения чая требуют значительного количества питательных элементов. Согласно существующим агроправилам под культуру чая в мире ежегодно вносятся минеральные удобрения порядка: N – 200–400, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 150–180, K<sub>2</sub>O – 100–120 кг/га [6, 11, 19]. Однако длительное применение минеральных удобрений при возделывании этой культуры привело (на фоне увеличения почвенной кислотности) к росту подвижности ряда важнейших биогенных элементов (Ca, Mg, Mn, Fe, Cu, Zn), изменению их соотношения в почвенно-поглощающем комплексе [2, 9, 11, 24].

Одним из важных элементов для жизни растений является магний – основной компонент хлорофилла (около 10 % от его общего количества в зелёных органах растений) [7, 17, 20]. Также он участвует в образовании в листьях ксантофилла, каротина и присутствует в составе запасного вещества фитина, находящегося в семенах растений и пектиновых веществах. Около 70–75 % магния содержится в растениях в минеральной форме, в основном в виде катионов [7, 20]. Магний усиливает деятельность многих ферментов, принимающих участие в образовании и превращении углеводов, белков, органических кислот, жиров; влияет на передвижение и превращение фосфорных соединений, плодообразование и качество семян; ускоряет созревание семян зерновых культур; способствует улучшению качества урожая, увеличению содержания в растениях жира и углеводов, морозоустойчивости цитрусовых, плодовых и озимых культур [20, 22]. Необходимой формой для питания растений является обменный магний, содержание которого составляет до 5–10 % от общего количества этого элемента в почве [1].

Применению магния на чайных плантациях посвящена серия работ зарубежных исследователей, в которых показана положительная роль этого элемента в формировании урожая, устойчивости к стрессам и качества продукции [16, 18, 19, 21–24]. В условиях выщелоченных краснозёмов и подзолистых почв Грузии на фоне очень низкого содержания Mg в почвах (1–2 мг-экв/100 г) показана [5, 6] высокая эффективность применения этого элемента в качестве удобрения, за счёт активизации процессов фотосинтеза в зрелых листьях в период вегетации. В нашей

зоне вопросам изучения эффективности внесения магния, восполнению его потерь почвой также уделялось определенное внимание [3, 11, 12, 13]. Установлено, что ежегодный вынос с урожаем составляет – 3–11 кг/га при урожайности 4 000–14 000 кг/га [6], а уровень содержания в почве при длительной интенсивной эксплуатации снижается до 0,4–0,6 мг-экв/100 г.

**Целью исследования** было изучение эффективности влияния корневого применения сульфата магния ( $MgSO_4$ ) на урожайность чайных плантаций в условиях влажных субтропиков России.

**Объекты и методы исследования.** Полевой мелкоделяночный опыт заложен в 2003 г. на чайной плантации районированного сорта 'Колхида' (1983 г. посадки). Место расположения ЗАО «Дагомысчай» (пос. Уч-Дере, Лазаревский район, г. Сочи, Краснодарский край, 43°69'N, 39°64'E). Почвы классифицировались как бурые лесные кислые окультуренные (согласно [8]). Схема опыта (в кг д.в./га):

- 1) контроль – N240P70K90;
- 2) Mg – N240P70K90 + сульфат магния ( $MgSO_4$ , из расчёта Mg60), с 2015 г. Mg изучается в последствии. Площадь опытной делянки – 10 м<sup>2</sup>, повторность 3-кратная.

Анализ метеорологических условий проведён по данным Сочинской гидрометеостанции. Исходные параметры (среднесуточная температура и количество осадков) были сгруппированы по категориям, привязанным к вегетации растений чая.

Урожайность учитывали по вариантам опыта в периоды подхода чайного листа к сбору, согласно агроправилам [10]. Побегообразовательную способность растений чая оценивали по среднему количеству побегов на 6 учётных делянках (площадью 0,25 м<sup>2</sup> каждая) по вариантам опыта.

Содержание фотосинтетических пигментов (хлорофилла *a* ( $Chl_a$ ), *b* ( $Chl_b$ ) и каротиноидов ( $Car$ )) определяли в зрелых листьях (1–2-й физиологически зрелый лист, расположенный на ростовом побеге текущего прироста, после недоразвитого «рыбьего» листа) после экстрагирования 100%-ным ацетоном – спектрофотометрически (фотометр Spekol 11, Германия, длина волны – 662, 644 и 440,5 нм, соответственно) с использованием расчётных формул Циглера и Эгле [14]. Ежегодно в течение листосборного периода проводили определение концентрации клеточного сока (ККС) в 3-листных флешах – на полевом рефрактометре R-1.

**Результаты и их обсуждение.** Установлено, что в течение первых 9 лет после закладки опыта (с 2003 по 2011 гг.) на фоне дефицита подвижного магния в почве (0,4–0,6 мг-экв/100 г) прослеживался положительный

эффект от ежегодного внесения сульфата магния (табл. 1). Урожайность чайного листа увеличилась в среднем на 25 % относительно контроля [11], максимум прибавки в 40 % относительно контроля был получен в 2011 г.

В последующие годы (2012–2015 гг.) на фоне роста обеспеченности почвы магнием (до 2,5–3,0 мг-экв/100 г) отмечено снижение урожайности чайного листа на варианте с внесением  $MgSO_4$ , которая оказалась в среднем даже ниже, чем на контрольном варианте (табл. 1). Выявленный в эти годы отрицательный эффект от длительного применения магния определил переход к изучению последствий этого вида удобрений (с 2015 г.).

В период 2016–2021 гг. отмечено в целом существенное снижение урожайности опытной плантации по сравнению с предыдущим периодом (на 25 %). При этом на фоне последствий от применения магния урожайность чая по-прежнему находилась в среднем на более низком уровне, чем на контрольном варианте (табл. 1).

Следует сказать, что в начале этого периода, в феврале 2016 г. была проведена омолаживающая подрезка чайных шпалер на двухлетнюю древесину, что сдвинуло начало флешеобразования и сбора чайного листа почти на месяц и привело к потере самых продуктивных первых майско-июньских сборов, составляющих как правило 44–65 % в годовом урожае. Однако низкая урожайность (3,4–3,7 т/га) 2016 г. на фоне подрезки лишь в некоторой степени снизила средние показатели урожайности за 6-летний период (2016–2021 гг.), поскольку листосборная поверхность шпалер уже к следующему сезону полностью восстанавливается.

Таблица 1

**Урожайность чая  
на фоне применения сульфата магния (2003–2015 гг.)  
и его последствий (2016–2021 гг.)**

Варианты	Среднее за 2003–2011 гг.	Среднее за 2012–2015 гг.	Среднее за 2016–2021 гг.
	Диапазон урожайности, т/га		
Контроль	4,2–5,9	2,6–9,1	2,5–4,9
Mg	4,4–8,2	2,1–8,6	2,2–5,1
	Средняя урожайность, т/га/вариабельность, %		
Контроль	4,9 ±0,9/18	5,3 ±3,1/58	3,9 ±0,9/23
Mg	6,2 ±1,9/30	5,0 ±3,2/64	3,7 ±1,1/28

В целом урожайность чайной плантации на варианте «Mg» в период 2012–2021 гг., характеризовавшийся отрицательным эффектом от применения данного элемента, существенно варьировала (2,1–8,6 т/га) в зависимости от метеорологических условий.

Погодные условия Черноморского побережья России по средним многолетним данным можно охарактеризовать следующим образом: в зимний период среднемесячная температура воздуха составляет +5,8–8,2 °С, возможны непродолжительные периоды отрицательных температур (до –5–9 °С, очень редко до –11–14 °С) [4, 11, 15]; в весенний период среднемесячная температура увеличивается от +8 °С в марте до +16 °С в мае, периодически наблюдаются кратковременные возвратные холода и заморозки в марте-апреле; в июньско-сентябрьский период среднемесячная температура воздуха варьирует от +20 до +23 °С, при этом довольно часто отмечаются дневные температуры выше +30 °С, сумма осадков составляет около 300 мм, однако засушливые периоды могут продолжаться до одного месяца и более [4, 11, 15].

Период 2012–2021 гг. по усреднённым показателям среднемесячной температуры и сумме выпавших осадков был близок к средним многолетним показателям. Однако отдельные годы существенно различались между собой по метеоусловиям основных периодов вегетации чая, а в результате этого и по длительности листосборного периода. Его продолжительность варьировала от 86 до 147 дней, а в среднем составила 117 дней; самый ранний сбор проведен 18 апреля, а самый поздний – 29 сентября. Вариабельность гидротермических условий, с указанием средних, максимальных и минимальных показателей для каждого месяца в обсуждаемый период представлена на рисунке 1.

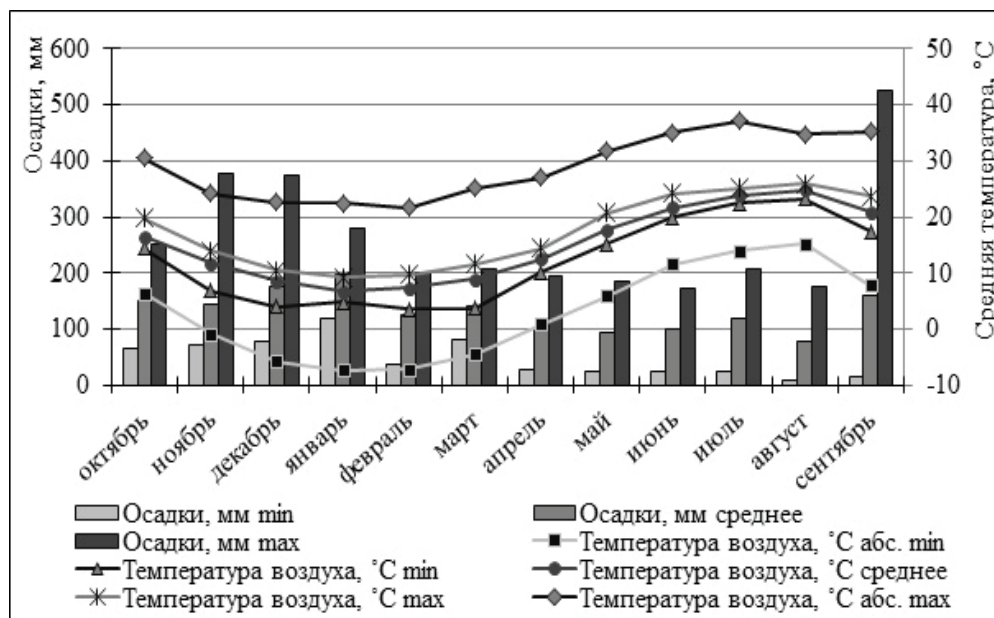


Рис. 1. Распределение и вариабельность осадков и температуры в период 2012–2021 гг.

В результате сопряжённого анализа метеорологических условий и урожайности зелёного чайного листа годы (в период 2012–2021 гг.) были разделены на относительно благоприятные и неблагоприятные для культуры чая; количество сборов чайного листа составляло 7–12 и 4–5, соответственно.

Так, 2013, 2014, 2018 и 2019 годы характеризовались относительно благоприятными для чая условиями: более тёплый весенний период, способствующий раннему и активному началу вегетации растений чая; хорошая водообеспеченность растений чая. Сумма осадков в разные периоды была в среднем в 1,5 раза, а в критический период водопотребления (июль-август) в 2,5 раза выше, чем в неблагоприятные годы. Концентрация клеточного сока (ККС) флешей колебалась в диапазоне 6,3–10,3 %, отмечались лишь небольшие нарушения водного режима в июле-августе с кратковременным повышением ККС до 14 %. Урожайность чая на варианте «Mg» в эти годы в среднем находилась на уровне контроля (табл. 2).

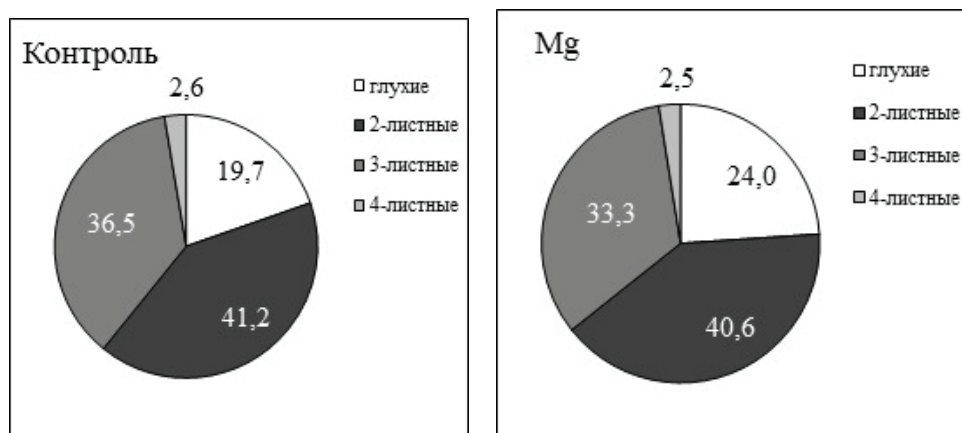
Таблица 2

**Урожайность чайной плантации  
на фоне применения сульфата магния при различных  
метеорологических условиях в период 2012–2021 гг.**

Варианты	Благоприятные условия	Неблагоприятные условия
	Диапазон урожайности, т/га	
Контроль	4,6–9,1	2,5–4,5
Mg	4,5–8,6	2,1–4,1
	Средняя урожайность, т/га/вариабельность, %	
Контроль	6,3 ±2,1/33	3,2 ±0,8/26
Mg	6,2 ±1,9/30	2,8 ±0,8/29

*Примечание:* благоприятные метеоусловия отмечены в 2013, 2014, 2018 и 2019 гг., неблагоприятные метеоусловия – в 2012, 2015, 2017, 2020, 2021 гг.

Анализ побегообразовательной активности растений чая, проведённый в отдельные годы, показал её снижение на варианте «Mg» – 1 060 побегов на 1 м<sup>2</sup> за весь листосборный период, что составило 81,7 % от количества побегов, собранных на контрольном варианте [3]. По структуре урожая (соотношение различных типов побегов флешей) можно выделить также увеличение числа глухих побегов для варианта с магнием даже в относительно благоприятные по метеоусловиям годы (рис. 2). При этом масса флешей достоверно не различалась по вариантам опыта в течение всего листосборного периода [3].

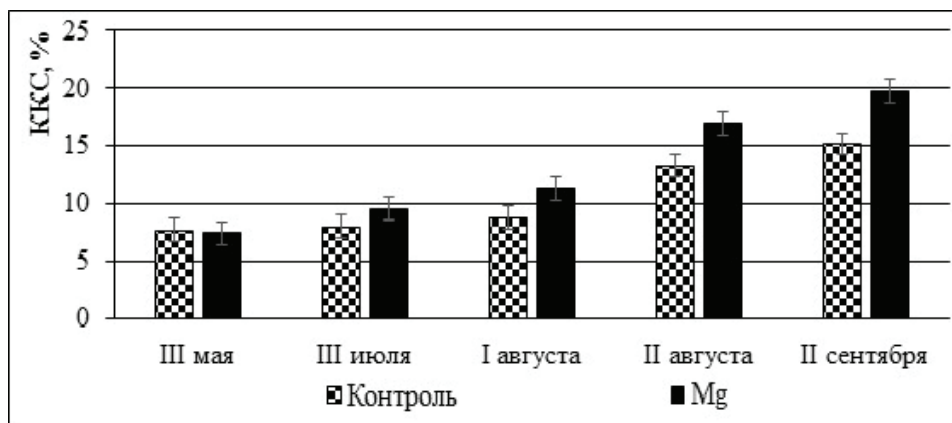


**Рис. 2.** Соотношение разнокачественных побегов чайных растений в структуре урожая 2013 года, %

Неблагоприятными по метеоусловиям для культуры чая были 2012, 2015, 2017, 2020 и 2021 годы, т. е. 5 лет за 10-летний период. В эти годы были отмечены зимние холода, отрицательные или низкие положительные температуры воздуха в марте и апреле, что сдвигало период вегетации чайных растений, а также жаркий летний период, с недостаточным и неравномерным выпадением осадков. 2020 год характеризовался экстремально засушливыми условиями. Установлено, что при сумме осадков за вегетационный период (март – сентябрь) меньше 650 мм, растения чая начинали испытывать стресс, обусловленный недостаточной водообеспеченностью. В летние месяцы при наступлении водного дефицита ККС флешей на варианте «Mg» колебалась в диапазоне 9,4–15,0 %, что было в среднем 1,3 раза выше показателей контроля (рис. 3), а в отдельные годы (2015, 2020) повышалась до 20 %, что и свидетельствовало о серьезных нарушениях водного режима растений и наступлении почвенной засухи. Это приводило к морфологическим изменениям мезоструктуры листьев растений, что визуально проявлялось в их необратимом завядании. В таких условиях наблюдалось замедление ростовых процессов уже в начале августа, массовое появление глухих побегов у растений чая и прекращение сбора урожая.

В сложных метеорологических условиях урожайность опытной чайной плантации в среднем была более чем в 2 раза ниже, чем при благоприятных условиях (табл. 2), а по сравнению со средними показателями за период 2012–2021 гг. снижение урожая чайного листа составило 35 % (табл. 1). Относительно потенциальной урожайности полновозрастных плантаций сорта 'Колхида' (10–11 т/га) такие показатели урожайности ниже в 3–3,5 раза. Вариант «Mg» в неблагоприятные по погодным условиям

годы характеризовался в среднем на 12,5 % более низкой урожайностью в сравнении с контролем (оптимальными дозами NPK-удобрений). В целом следует отметить, что даже в неблагоприятных метеорологических условиях урожайность чая опытного участка районированного сорта 'Колхида' на высоком агротехническом фоне (применение удобрений) сохранялась на уровне средней многолетней по зоне Черноморского побережья Краснодарского края (около 3–5 т/га).



**Рис. 3.** Динамика концентрации клеточного сока 3-листной флешки чайного растения при внесении сульфата магния, на примере 2015 г.

Анализ по периодам сбора чайного листа детализировал особенности формирования урожая и роль в этом вносимого сульфата магния (табл. 3). Основная доля урожая в благоприятных условиях формировалась достаточно равномерно, главным образом в период мая – начала августа, с некоторым преимуществом майских сборов (до 30 %). В годы с неблагоприятными метеоусловиями низкая урожайность связана с ухудшением общего функционального состояния растений под воздействием различных абиотических стрессов.

Сравнение характера активности работы фотосинтетического аппарата растений чая двух вариантов по содержанию суммы хлорофиллов объясняет более низкую урожайность на варианте с внесением магния. Так в июле-августе жаркого и засушливого 2012 г. отмечено существенно более низкое содержания хлорофиллов в зрелом листе на варианте «Mg» по сравнению с контролем, что говорит о менее стабильном функциональном состоянии растений, меньшей их устойчивости к стрессу (рис. 4). При этом выявленные различия проявились и в начале вегетационного периода следующего 2013 г. (в целом характеризовавшегося относительно благоприятными метеоусловиями), что говорит о более медленном выходе растений варианта с магнием из стрессового состояния.

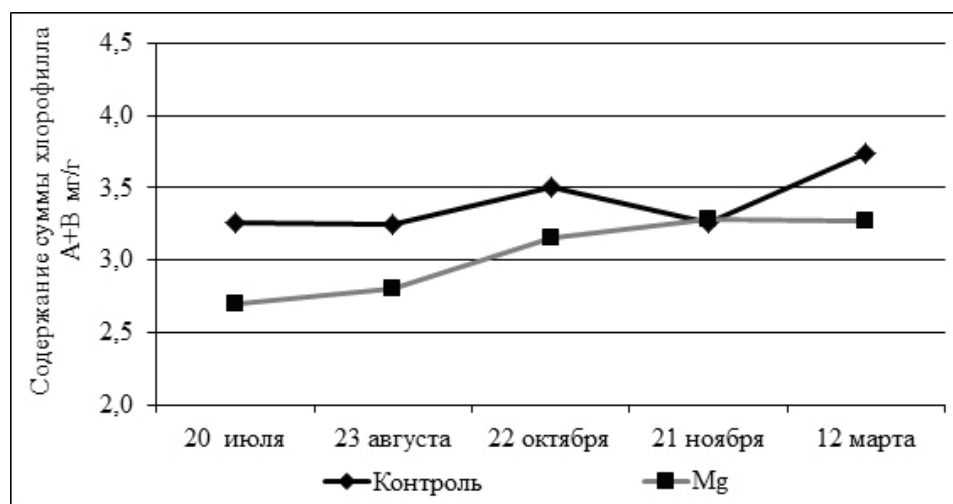


Таблица 3

**Урожайность чая сорта 'Колхида'  
по периодам сборов, т/га**

Месяцы сбора	2011 <sup>Б</sup>		2013 <sup>Б</sup>		2015 <sup>НБ</sup>		2017 <sup>НБ</sup>		2019 <sup>Б</sup>	
	кон-троль	Mg	кон-троль	Mg	кон-троль	Mg*	кон-троль	Mg*	кон-троль	Mg*
Май	2,31	3,22	2,64	2,47	0,47	0,41	1,94	2,16	2,22	2,07
Июнь	0,45	0,69	2,20	1,71	1,04	1,06	0,68	0,48	1,02	0,41
Июль	1,79	2,82	1,80	1,91	0,42	0,42	1,34	1,14	0,47	0,47
Август	0,71	1,19	2,01	1,42	0,96	0,39	0,52	0,34	0,83	1,07
Сентябрь	0,59	0,31	0,50	1,12	0,0	0,0	0,0	0,0	0,39	0,43
<b>Итого</b>	<b>5,86</b>	<b>8,23</b>	<b>9,15</b>	<b>8,63</b>	<b>2,90</b>	<b>2,29</b>	<b>4,47</b>	<b>4,12</b>	<b>4,93</b>	<b>4,45</b>

Примечания: <sup>Б</sup> – годы с благоприятными условиями;  
<sup>НБ</sup> – годы с неблагоприятными условиями;  
\* – последствие магния



**Рис. 4.** Динамика содержания хлорофиллов в зрелых листьях чая 2012–2013 гг.

**Выводы.** Таким образом, в условиях длительного полевого эксперимента установлено, что внесение сульфата магния только в первые годы (2003–2011 гг.), на фоне дефицита магния в почве, обеспечивало стабильную прибавку урожая полновозрастной плантации чая интенсивного сорта 'Колхида'. Урожай чайного листа был в среднем на 25 % выше, чем при применении оптимальной дозы макроудобрений

(N240P70K90 – контроль) (6,2 и 4,9 т/га, соответственно). В последующие годы (2012–2015 гг.) на фоне роста обеспеченности почвы магнием, эффект от его внесения не проявлялся, урожайность была сопоставима или чуть ниже контроля (5,0 и 5,3 т/га). В период 2016–2021 гг. оценивалось последствие от длительного применения магния, при этом урожайность чая оставалась несколько более низкой, чем на контрольном варианте. В целом в период 2012–2021 гг. урожайность чайной плантации на варианте «Mg» существенно варьировала (2,1–8,6 т/га) в зависимости от метеорологических условий. В благоприятные годы она в среднем достигла 6,2 т/га и не отличалась от контроля. В более сложных метеорологических условиях (весенние заморозки и летняя засуха) урожайность варианта с магнием составила в среднем 2,8 т/га, что было ниже контроля на 12,5 %. Снижение урожайности на фоне длительного применения сульфата магния и его последствие связана с ухудшением общего функционального состояния растений, особенно явно проявляющегося в годы с неблагоприятными метеороусловиями, под воздействием различных абиотических стрессов.

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

#### Список литературы

1. Барбер С.А. Биологическая доступность питательных веществ в почве. М.: Агропромиздат, 1988, 314 с.
2. Беседина Т.Д. Агрогенная трансформация почв влажных субтропиков России под культурой чая. Краснодар: Изд-во КубГАУ, 2004, 169 с.
3. Великий А.В. Влияние мезо- и микроудобрений (S, Mg, Ca, B, Zn) на побегообразовательную способность растений чая в условиях Черноморского побережья России: Актуальные вопросы плодоводства и декоративного садоводства XXI века: мат-лы международ. науч.-практ. конф., Сочи: ВНИИЦиСК, 2014. 402-408.
4. Великий А.В. Влияние метеорологических условий на продуктивность чайного растения на фоне внесения макро- и микроудобрений, Плодоводство и ягодоводство России, 2016; 47 : 62-69. ISSN: 2073-4948.
5. Годзиашвили Б.А., Чеботарева М.В. Влияние корректировки почвенной кислотности краснозема на рост и развитие чайных саженцев, Субтропическое и декоративное садоводство. 2009; II(42) : 78-86. ISSN: 2225-3068.
6. Дараселия М.К., Воронцов В.В., Гвасалия В.П., Цанава В.П. Культура чая в СССР. Тбилиси: Мецниереба, 1989, 558 с. ISBN: 5-520-00355-6.
7. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М.: Изд-во Мир, 1989, 430 с.
8. Классификация и диагностика почв СССР. М.: Колос, 1977, 223 с.
9. Козлова Н.В. Состояние бурых лесных кислых почв чайных плантаций при длительном применении минеральных удобрений в субтропиках России. Канд. дис. М.: МГУ, 2008.

10. Методические указания по технологии возделывания чая в субтропической зоне Краснодарского края, М-во сельск. хоз-ва; НИИ горн. садоводства и цветоводства; Фирма «Краснодарский чай», Сочи, 1977. 80 с.
11. Малюкова Л.С. Оптимизация плодородия бурых лесных почв и применения минеральных удобрений при выращивании чая в России. Сочи: ВНИИЦиСК, 2014, 416 с. ISBN: 978-5-904533-22-9.
12. Малюкова Л.С., Притула З.В. Влияние биогенных элементов (Ca, Mg) на активность каталазы в молодых побегах и листьях чая (*Camellia sinensis* (L.) Kuntze), Плодоводство и виноградарство Юга России. 2019; 60(6) : 114-123. DOI: 10.30679/2219-5335-2019-6-60-114-123.
13. Притула З.В., Бехтерев В.Н., Малюкова Л.С. Влияние мезоудобрений (Ca, Mg) на содержание кофеина в чайном растении в условиях влажных субтропиков России, Субтропическое и декоративное садоводство. 2015; 54 : 185-192. ISSN: 2225-3068.
14. Шлык А.А. Определение хлорофилла и каротиноидов зеленых листьев, Биологические методы в физиологии растений. 1971. 154-170.
15. Рынди́н А.В. Агроэкологические аспекты садоводства влажных субтропиков России. Сочи. 2016. 260 с.
16. Fathi A., Tari D.B. Effect of drought stress and its mechanism in plant, International Journal of Life Sciences. 2016; 10(1) : 1-6. DOI: 10.3126/ijls.v10i1.14509.
17. Gransee A., Führs H. Magnesium mobility in soils as a challenge for soil and plant analysis, magnesium fertilization and root uptake under adverse growth conditions, Plant Soil. 2013; 368 : 5-21. DOI: 10.1007/s11104-012-1567-y.
18. Grice W.J., Clowes Mst. J., Malenga N.E.A, Mkwaila B. Update on fertiliser and foliar nutrient recommendations for tea grown in Malawi, TRFCA Quarterly Newsletter. 1988; 89 : 4-6.
19. Li Jie M.Sc. Agron. The effect of plant mineral nutrition on yield and quality of green tea (*Camellia sinensis* L.) under field conditions. dissertation zur Erlangung des Doktorgrades Kiel, 2005.
20. Marschner P. Marschner's mineral nutrition of higher plants. 3rd ed., Academic Press. 2012. 178-189.
21. Pan Zhu-Cai. Effect of boron and magnesium fertilization on tea yield, Quality and Soil Fertility of Red-soil Tea Plantations, Fujian Journal of Agricultural Sciences. 2015; 30(9) : 877-883.
22. Ruan J.Y., Ma L.F., Yang Y.J. Magnesium nutrition on accumulation and transport of amino acids in tea plants, J. Sci. Food Agric. 2012; 92 : 1375-1383. DOI: 10.1002/jsfa.4709.
23. Wang Z., Hassan M.U., Nadeem F., Wu L., Zhang F., Li, X. Magnesium fertilization improves crop yield in most production systems: ameta-analysis, Front. Plant Sci. 2020; 10 : 1727. DOI: 10.3389/fpls.2019.01727.
24. Zhang Q., Tang D., Yang X., Geng S., He Y., Chen Y., Yi X., Ni K., Liu M., Ruan J. Plant availability of magnesium in typical tea plantation soils, Front. Plant Sci. 2021; 12 : 641501. DOI: 10.3389/fpls.2021.641501.

### References

1. Barber S.A. Biological availability of nutrients in the soil. M.: Agropromizdat, 1988, 314 p.
2. Besedina T.D. Agroгенic transformation of soils of humid subtropics of Russia under the tea culture. Krasnodar: Publishing house of KubGAU, 2004, 169 p.
3. Velikiy A.V. The influence of meso- and micro fertilizers (S, Mg, Ca, B, Zn) on the shoot-forming ability of tea plants in the conditions of the Black Sea coast of Russia: Topical issues of fruit growing and ornamental gardening of the XXI century: Internat. scient. and pract. conf., Sochi: VNIITSISK, 2014 : 402-408.

4. Velikiy A.V. The influence of meteorological conditions on the productivity of a tea plant against the background of macro- and micro-fertilizers, *Fruit and berry growing in Russia*, 2016; 47 : 62-69. ISSN: 2073-4948.
5. Godziashvili B.A., Chebotareva M.V. The influence of soil acidity adjustment of red soil on the growth and development of tea seedlings, *Subtropical and ornamental horticulture*. 2009; II(42) : 78-86. ISSN: 2225-3068.
6. Daraselia M.K., Vorontsov V.V., Gvasalia V.P., Tsanova V.P. Tea culture in the USSR. Tbilisi: Metsniereba. 1989, 558 p. ISBN: 5-520-00355-6.
7. Kabata-Pendias A., Pendias H. Trace elements in soils and plants. Moscow: Mir Publishing House, 1989, 430 p.
8. Classification and diagnostics of soils of the USSR. M.: Kolos, 1977, 223 p.
9. Kozlova N.V. The state of brown forest acidic soils of tea plantations with prolonged use of mineral fertilizers in the subtropics of Russia. PhD. dis. M.: Moscow State University, 2008.
10. Methodological guidelines on the technology of tea cultivation in the subtropical zone of the Krasnodar Territory, M-vo selsk. household; Research Institute of horn. horticulture and floriculture; Firm "Krasnodar tea". Sochi, 1977, 80 p.
11. Malyukova L.S. Optimization of the fertility of brown forest soils and the use of mineral fertilizers in tea cultivation in Russia. Sochi: VNIITSISK, 2014, 416 p. ISBN: 978-5-904533-22-9.
12. Malyukova L.S., Pritula Z.V. Influence of biogenic elements (Ca, Mg) on catalase activity in young shoots and leaves of tea (*Camellia sinensis* (L.) Kuntze), *Fruit growing and viticulture of Southern Russia*. 2019; 60(6) : 114-123. DOI: 10.30679/2219-5335-2019-6-60-114-123.
13. Pritula Z.V., Bekhterev V.N., Malyukova L.S. The influence of meso-fertilizers (Ca, Mg) on the caffeine content in a tea plant in the humid subtropics of Russia, *Subtropical and ornamental horticulture*. 2015; 54 : 185-192. ISSN: 2225-3068.
14. Shlyk A.A. Determination of chlorophyll and carotenoids of green leaves, *Biological methods in plant physiology*. 1971 : 154-170.
15. Ryndin A.V. Agroecological aspects of gardening in humid subtropics of Russia. Sochi, 2016, 260 p.
16. Fathi A., Tari D.B. Effect of drought stress and its mechanism in plant, *International Journal of Life Sciences*. 2016; 10(1) : 1-6. DOI: 10.3126/ijls.v10i1.14509.
17. Gransee A., and Fühns H. Magnesium mobility in soils as a challenge for soil and plant analysis, magnesium fertilization and root uptake under adverse growth conditions, *Plant Soil*. 2013; 368 : 5-21. DOI: 10.1007/s11104-012-1567-y.
18. Grice W.J., Clowes Mst. J, Malenga N.E.A, Mkwaila B. Update on fertiliser and foliar nutrient recommendations for tea grown in Malawi, *TRFCA Quarterly Newsletter*. 1988; 89 : 4-6.
19. Li Jie M.Sc. Agron. The effect of plant mineral nutrition on yield and quality of green tea (*Camellia sinensis* L.) under field conditions. dissertation zur Erlangung des Doktorgrades Kiel, 2005.
20. Marschner P. Marschner's mineral nutrition of higher plants. 3rd ed., Academic Press. 2012 : 178-189.
21. Pan Zhu-Cai Effect of boron and magnesium fertilization on tea yield, Quality and Soil Fertility of Red-soil Tea Plantations, *Fujian Journal of Agricultural Sciences*. 2015; 30(9) : 877-883.
22. Ruan J.Y., Ma L.F., Yang Y.J. Magnesium nutrition on accumulation and transport of amino acids in tea plants, *J. Sci. Food Agric*. 2012; 92 : 1375-1383. DOI: 10.1002/jsfa.4709.
23. Wang Z., Hassan M.U., Nadeem F., Wu L., Zhang F., Li, X. Magnesium fertilization improves crop yield in most production systems: ameta-analysis, *Front. Plant Sci*. 2020; 10

: 1727. DOI: 10.3389/fpls.2019.01727.

24. Zhang Q., Tang D., Yang X., Geng S., He Y., Chen Y., Yi X., Ni K., Liu M., Ruan J. Plant availability of magnesium in typical tea plantation soils, *Front. Plant Sci.* 2021; 12 : 641501. DOI: 10.3389/fpls.2021.641501.

## THE EFFECT OF MAGNESIUM SULFATE ON THE YIELD OF "COLKHIDA" TEA CULTIVARS ON THE BLACK SEA COAST OF RUSSIA

Velikij A.V.

*Federal Research Centre  
the Subtropical Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences,  
Sochi, Russia, e-mail: kriptozoorxon@mail.ru*

Growing tea in the humid subtropics of Russia with prolonged use of macro fertilizers in high doses significantly impoverishes the tea-suitable soils in the region (brown soils) with exchangeable magnesium, which is the result of its increased mobility against the background of high soil acidity. At the same time, the need for Mg in tea plants is sufficiently high, and magnesium fertilizers in the system of mineral nutrition for the crop are insufficiently studied. In the field experiment, the effect of root application of magnesium sulfate (based on Mg60) with macro fertilizers in optimal doses (N240P70K90 – control) on the yield of the intensive 'Colkhida' tea cultivar was studied. It was found that against the background of magnesium deficiency in the soil (0.4–0.6 mg-eq/100 g), the annual introduction of MgSO<sub>4</sub> during the first 9 years (2003–2011) had a positive effect. The yield of tea leaves was on average 25 % higher than the control (6.2 and 4.9 t/ha, respectively). In subsequent years, against the background of an increased availability of magnesium in the soil (up to 2.5–3.0 mg-eq/100 g), the positive effect of the application ceased to manifest itself. In the period 2012–2015, the average yield with the introduction of magnesium (5.0 t/ha) was even slightly lower than the control (5.3 t/ha). The use of magnesium sulfate was discontinued. With its aftereffect, over the next 5 years (2016–2021), the yield remained at a level close to the control (3.7 and 3.9 t/ha, respectively). In general, for the period 2012–2021, tea yield on the studied variant varied significantly (2.1–8.6 t/ha) depending on meteorological conditions. In favorable years, it reached on average 6.2 t/ha and did not differ from the control. In more difficult meteorological conditions (spring frosts and summer drought), the yield averaged 2.8 t/ha, which was 12.5 % lower than the control. The decrease in yield is associated with deterioration in the overall functional state of plants, including a more significant violation of the water regime for plants on the variant with MgSO<sub>4</sub> in the summer period. With water deficiency and soil drought, the concentration of cell juice in flushes increased here to 9.4–15.0 % (in some years up to 20 %), which was on average 1.3 times higher than the control indicators.

**Key words:** tea, magnesium sulfate, yield, acidic soils, meteorological conditions, moisture availability, stress period.