З. В. Притула, ВНС, К.С.-Х.Н.

Л. С. Малюкова, ГНС, Д.Б.Н.

В. Н. Бехтерев, ВНС, Д.Х.Н.

ФГБНУ ВНИИЦиСК, Россия, Краснодарский край, г. Сочи

agro-pochva@vniisubtrop.ru

УДК 633.72:581.19(470+213.1)

DOI 10.31676/2073-4948-2019-59-92-98

ДИАПАЗОНЫ ВАРЬИРОВАНИЯ И КОРРЕЛЯЦИОННАЯ СВЯЗЬ МЕЖДУ ОСНОВНЫМИ БИОХИМИЧЕСКИМИ И МИНЕРАЛЬНЫМИ КОМПОНЕНТАМИ 3-ЛИСТНОЙ ФЛЕШИ ЧАЯ СОРТА КОЛХИДА ВО ВЛАЖНО-СУБТРОПИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РОССИИ

Реферат. Изучено содержание в 3-листной флешки чая сорта Колхида, произрастающего во влажно-субтропической зоне России, основных органических компонентов, определяющих его качество (экстрактивные вещества, танин, кофеин), и макроэлементов. На фоне достаточно контрастных экологических условий (почвенных и метеорологических) установлена незначительная вариабельность содержания в чае экстрактивных веществ (3 %); средняя — для танина (11 %) и кофеина (21 %). Молодые побеги (флешки) характеризовались достаточно стабильной концентрацией калия и магния, средней вариабельностью содержания азота, фосфора и кальция. Содержание танина коррелировало с концентрацией азота во флешки ($r = -0,47$); экстрактивных веществ с азотом ($r = -0,48$) и фосфором ($r = -0,40$). Кофеин имел прямую корреляцию с содержанием азота ($r = 0,39$), фосфора ($r = 0,51$), калия ($r = 0,52$) и обратную с содержанием магния ($r = -0,40$).

Ключевые слова: чай, танин, экстрактивные вещества, кофеин, азот, фосфор, калий, кальций, магний

Summary. The main biochemical components of tea, determining its quality (extractive substances, tannin, caffeine), and macronutrients in a 3-leaf flush of Kolkhida variety grown in the humid-subtropical zone of Russia has been studied. In rather contrasting soil and meteorological conditions, there was an insignificant variability in the content of extractive substances in tea (3 %); medium variability — for tannin (11 %) and caffeine (21 %). Young shoots (flushes) were characterized by a fairly stable concentrations of potassium and magnesium, and medium variability of nitrogen, phosphorus and calcium. The tannin content correlated with the nitrogen concentration ($r = -0.47$); extractive substances was correlated with nitrogen ($r = -0.48$) and phosphorus ($r = -0.40$) content. Caffeine was in direct correlation with the content of nitrogen ($r = 0.39$), phosphorus ($r = 0.51$), potassium ($r = 0.52$) and in the reverse correlation with the content of magnesium ($r = -0.40$).

Keywords: tea, tannin, extractive substances, caffeine, nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium

Введение

Чай считается самым известным напитком на планете, и секрет его популярности в сложном комплексе веществ, содержащихся в листьях чайного растения: фенольные соединения, алкалоиды, эфирные масла, незаменимые аминокислоты, углеводы, минеральные соли, витамины, пектиновые вещества, пигменты,

ферменты и др. При оценке потребительского качества сырья основное внимание уделяется содержанию дубильных (танина) и экстрактивных веществ, кофеина — именно с этими веществами связаны особенности напитка, его вкус, аромат, цвет настоя, а также целебные свойства [1-4]. Из сухих веществ чая почти 50 % — экстрактивные, из них более половины — танины, обуславливающие не только вяжущий вкус, но цвет и некоторые другие свойства чайного настоя. Танины, по мнению В. Е. Воронцова [1] «являются, своего рода, основной вкусовой базой, на фоне которой выявляются дополнительные ароматические и вкусовые качества чая». Высокое содержание фенольных соединений в чае — важнейшее условие его вкусовых и биологических свойств. Содержание кофеина — также один из важнейших показателей качества, поскольку он участвует в формировании компонентного состава чайного настоя, в частности, терпкости [1].

Содержание этих компонентов чая существенно варьирует, поскольку зависит от многих факторов, среди которых географические [5] и сезонные изменения [6, 7], генетические вариации [8, 9], обработка во время производства [1, 4], а также элементный состав [6, 10-12].

В этом ряду факторов, регулирующих уровень содержания различных биомолекул, концентрацию в листьях чая макроэлементов (N, P, K, Ca, Mg), которые вносят в почву с удобрениями, можно считать контролируемой, что, соответственно, предполагает возможность управления процессом [13]. Также степень вариаций синтеза и накопления биомолекул зависит от генотипа растений [9]. Наиболее ценными рассматриваются стабильные по биохимическому составу сорта, менее подверженные влиянию условий окружающей среды.

В этой связи целью данного исследования была оценка степени вариабельности содержания танинов и кофеина для сорта Колхида при различных экологических условиях, а также связь между органическими и неорганическими компонентами чая.

Материалы и методы исследований

Исследования были проведены во влажной субтропической зоне России, на промышленной плантации чая (сорт Колхида), в условиях полевых многолетних опытов, с применением макро- (N, P, K, Ca, Mg) и микроудобрений (Zn, B), под влиянием которых с течением времени были сформированы микроучастки (опытные делянки), различающиеся по химическому составу почв. Агрохимические свойства бурой лесной кислой почвы, на которой возделывался чай, варьировали в следующем диапазоне: рНКCl — 2,54-3,50; содержание гумуса — 3,7-5,2 %; содержание легкогидролизуемого азота — 97-345 мг/кг; подвижного фосфора — 149-1014 мг/кг; обменного калия — 204-573 мг/кг.

Ежегодно в течение 2010-2017 гг. в сезонной динамике (май, июль, август) отбирали растительные образцы — 3-лиственную флешь чая сорта Колхида. Средняя проба для химического анализа составляла 100 г, фиксацию проводили паром в

течение 2-3 минут в аппарате Коха; высушивание до воздушно-сухого состояния — в сушильном шкафу при $+60...70\text{ }^{\circ}\text{C}$. В образцах определяли следующие соединения: содержание танина (Т) определяли по методу Левенталья с пересчетным коэффициентом 5,82 по К. М. Джемухадзе, экстрактивных веществ (ЭВ) — весовым методом по Воронцову [1]. Кофеин (К) в пробах определяли методом обращенно-фазовой высокоэффективной жидкостной хроматографией (ВЭЖХ) на аналитическом комплексе-хроматографе «Accela-600» (Thermo Scientific) с диодно-матричным детектированием на длине волны 272 нм. Использовали разделительную колонку Restek Ultra AQ C18 $5\text{ }\mu\text{m}$ длиной 150 и внутренним диаметром 3 мм. В качестве элюента применяли смесь 40 % ацетонитрила в фосфатном буфере (рН 3). Условия хроматографического определения кофеина были оптимизированы ранее в работе [14].

Содержание азота и фосфора в растительном материале определяли по стандартным методикам спектрофотометрическим методом на приборе УСФ-01 [15]. Содержание калия определяли методом атомно-адсорбционной спектроскопии с использованием прибора КВАНТ-АФА (Россия). Концентрацию магния и кальция измеряли (после кислотного озоления) титрометрическим методом [15]. Для перевода проб в форму, необходимую для определения элементного состава, образцы подвергали кислотной минерализации смесью H_2SO_4 и HClO_4 в отношении 10:1. Обработка экспериментального материала проведена методами описательной статистики (минимум, максимум, среднее, стандартное отклонение, коэффициент вариации) и непараметрической статистики (коэффициент корреляции Спирмена) с использованием программы Statistica 6 (при $p \leq 0,05$).

Обсуждение и результаты

В многолетнем ряду наблюдений (2010-2017 гг.) при достаточно контрастных экологических условиях для сорта Колхида было отмечено в целом достаточно стабильное содержание экстрактивных веществ, средняя вариабельность содержания танина и выше средней — содержание кофеина (табл. 1).

Таблица 1.

Содержание органических компонентов (% на абс. сух. в-во) в 3-листной флешли чая сорта Колхида

Показатель	Показатели, %			
	диапазон (минимум, максимум)	среднее	стандартное отклонение	коэффициент вариации
3-лиственная флешли (исходное сырье)				
Т	17,9-34,8	29,4	3,34	11
ЭВ	38,9-46,4	42,6	1,37	3
К	1,9-4,4	3,0	0,64	21

Примечание: объем выборки по Т и ЭВ составляет 130, по К — 40

Изменчивость этих показателей для одного сорта в первую очередь объясняется влиянием метеорологических условий, которые определяют темпы роста растений и доступность элементов минерального питания, а также химического состава почв и системы удобрения. Так, многими исследователями [1-3, 12, 16], в том числе и авторами [7, 17], показан более интенсивный синтез и накопление танина при повышении среднесуточной температуры воздуха. Многочисленными исследованиями показано, что применение на чайных плантациях сбалансированных доз азотных, фосфорных и калийных удобрений обеспечивало сохранение баланса урожайности и качества чайного сырья, высокие дозы азотных удобрений значительно уменьшали содержание дубильных и экстрактивных веществ [7, 18, 19]. Содержание кофеина, как показано в исследованиях [18, 20], снижалось в экстремальных гидротермических условиях и в значительной степени зависело от обеспеченности растений азотом.

Вариабельность содержания основных биогенных элементов в листьях чая несмотря на достаточно контрастные почвенные условия также была невысокой: низкой — для калия и магния и средней — для азота, фосфора и кальция (табл. 2).

Таблица 2.

Концентрация эссенциальных макроэлементов (% на абс. сух. в-во) в 3-листной флешки чая сорта Колхида

Элемент	Показатели, %			
	диапазон (минимум, максимум)	среднее	стандартное отклонение	коэффициент вариации
N	3,80-5,44	4,77	0,52	10,9
P	0,38-0,56	0,47	0,069	14,7
K	1,55-1,78	1,66	0,07	4,4
Ca	0,14-0,24	0,18	0,03	16,2
Mg	0,19-0,22	0,21	0,007	3,6

Корреляционный анализ полученной выборки при невысокой вариабельности показателей выявил между ними низкие и средние связи (табл. 3). Так, содержание танина и экстрактивных веществ в 3-листной флешки чая имело обратную связь с концентрацией азота, который, усиливая ростовые процессы, замедляет синтез полифенольных соединений [21]. Содержание экстрактивных веществ (сумма водорастворимых органических и неорганических компонентов) также обратно коррелировало и с концентрацией фосфора в листе.

Таблица 3.

Линейная корреляция биохимических компонентов и концентрации основных биогенных макроэлементов в листьях чая и готовом продукте ($p \leq 0,05$)

Органические вещества	Элементы				
	N	P	K	Ca	Mg
3-листная флешь (исходное сырье)					
Т	-0,47	н/з	н/з	н/з	0,37
ЭВ	-0,48	-0,40	н/з	н/з	н/з
К	0,39	0,51	0,52	н/з	-0,47

Примечание: критическое значение $r_{\text{та}}$ для заданного уровня значимости и объема выборки ($n = 40$) — 0,31

Содержание кофеина в 3-листной флешь чая, по нашим данным, возрастало с усилением ростовых процессов и, соответственно, имело обратную корреляционную связь с элементами, влияющими на темпы роста растения (азот, фосфор, калий). Магний, который входит в состав хлорофилла и также влияет на темпы роста растений, в изученной выборке показал прямую связь с содержанием танина и обратную — с содержанием кофеина.

Таким образом, для чая сорта Колхида показана низкая (для экстрактивных веществ) и средняя (для танина и кофеина) вариабельность содержания органических соединений, определяющих качество чая при различных экологических условиях (химический состав почв, метеорологические условия). Установлены корреляционные связи между содержанием в молодых побегах органических веществ (танин, экстрактивные вещества и кофеин) и основных макроэлементов — азота, фосфора, калия и магния. Выявлено, что элементы, положительно влияющие на темпы прироста — азот, фосфор, калий, — имели обратную корреляцию с накоплением танина и экстрактивных веществ и прямую — с накоплением кофеина. Содержание магния в листьях чая коррелировало положительно с танином и экстрактивными веществами и отрицательно — с кофеином.

Список использованной литературы

1. Воронцов В. Е. Биохимия чая. — М.: Пищепромиздат, 1946. — 279 с.
2. Бзиава М. Л. Влияние удобрений на качество сырья и готовой продукции чая // Субтропические культуры, 1967. — № 4. — С. 64–69.
3. Багиров А. Ю. Танин и качество чая // Субтропические культуры. 1972. — № 2. — С. 29–31.
4. Бокучава М. А. Биохимия чая и чайного производства. — М.: Изд-во Академкнига, 1976. — С. 768–774.
5. Goncalves Dias Diniz P. H., Pistonesi M. F., Alvarez M. B., Beatriz Susana Fernandez Band B. S., Ugulino de Araujo M. C. Simplified tea classification based on a reduced chemical

composition profile via successive projections algorithm linear discriminant analysis (SPA-LDA) // *Journal of Food Composition and Analysis*. 2015. — № 39. — P. 103–110.

6. **Белоус О. Г.** Микроэлементы на чайных плантациях субтропиков России. — Краснодар: РИО КГАУ, 2006. — 164 с.

7. **Притула З. В.**, Малюкова Л. С., Козлова Н. В. Особенности влияния комплекса экологических факторов на биохимические показатели качества чая сорта Колхида в условиях субтропиков России // *Субтропическое и южное садоводство России*, 2009. — Вып. 42. — Т. 2. — С. 86–101.

8. **Воронцова Р. В.** Качество чайного сырья в зависимости от видового и сортового состава и условий культуры // *Бюллетень ВНИИЧиСК*. 1950. — № 2. — С. 12–39.

9. **Owuor P. O.**, Wachira F. N. and Ng'etich W. K. Influence of Region of Production on Relative Clonal Tea Quality Parameters in Kenya // *Food Chemistry*, 2010. — № 119. — P. 1168–1174.

10. **Аргунова В. А.**, Притула З. В. Урожай и качество чая сорта «Колхида» // *Вестн. с.-х. Науки*, 1991. — № 11. — С. 47–50.

11. **Малюкова Л. С.** Состояние микроэлементов (Mn, Cu, Zn) в бурых лесных почвах чайных плантаций Черноморского побережья Краснодарского края: дис. ... к. б. наук. — М., 1997. — 173 с.

12. **Добежина С. В.** Влияние минеральных удобрений на агрохимические свойства почв и продуктивность культуры чая в условиях Краснодарского края: автореф. дис. ... к. б. наук. — М., 1998. — 17 с.

13. **Owuor P. O.**, Kamau D. M., Jondiko E. O. The Influence of Geographical Area of Production and Nitrogenous Fertilizer on Yields and Quality Parameters of Clonal Tea // *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 2010. — № 8. — P. 682–690.

14. **Бехтерев В. Н.**, Гаврилова С. Н., Козина Е. П., Маслаков И. В. Экспресс-определение кофеина в крови методом экстракционного вымораживания // *Судебно-медицинская экспертиза*, 2010. — № 5. — С. 22–24.

15. **Агрохимические** методы исследования почв / Отв. ред. А.В. Соколов. — М.: Наука, 1975. — 759 с.

16. **Белоус О. Г.** Биологические особенности культуры чая в условиях влажных субтропиков России: автореф. дисс. ... д. б. наук. — Краснодар: КубГАУ, 2009. — 24 с.

17. **Притула З. В.**, Великий А. В., Малюкова Л. С. Влияние мезо- и микроудобрений на качество чайного сырья в условиях Черноморского побережья России // *Плодоводство и ягодоводство России*, 2014. — Т. 38. — Ч. 2. — С. 52–58.

18. **Габуния С. М.** Влияние азотистого удобрения на качество чая // *Тр. ВНИИЧ и СК*. Вып. 17. Сер. технологии и биохимии чая и тунга, 1941. — Т. 1. — С. 89–114.

19. **Гвасалия В. П.**, Воронцова Р. В. К вопросу об условиях, определяющих качество чайного сырья // *Науч. тр. НИИГСиЦ*, 1975. — Вып. 22. — С. 49–63.

20. **Bowa O.**, Kwach, P. Okinda Owuor, David M. Kamau, Solomon W. Msomba, Mary A. Uwimana. Variations in the precursors of plain black tea quality parameters due to location of production and nitrogen fertilizer rates in eastern African clonal tea leaves // *Experimental Agriculture / Cambridge University Press*, 2015. — pp. 1–13.

21. **Anandacoomaraswamy A.**, De Costa, W. A., Shyamalie H. W., Campbell G. S. Factors Controlling Transpiration of Mature Field-Grown Tea and Its Relationship with Yield // Agriculture and Forest Meteorology, 2000. — № 103. — P. 375-386.

Z. V. Pritula, L. S. Malyukova, V. N. Bekhterev

Russian Research Institute of Floriculture and Subtropical Crops, Sochi, Russia

**VARIATION RANGES AND CORRELATIONS BETWEEN THE MAIN
BIOCHEMICAL AND MINERAL COMPONENTS OF A 3-LEAF FLUSH OF
KOLKHIDA TEA VARIETY IN THE HUMID-SUBTROPICAL ZONE OF RUSSIA**