

## اثر محلول پاشی کودهای پروآمین، پروسولفا و پرومیک بر عملکرد کمی و کیفی برگ سبز چای ایران

احسان کهنه<sup>\*۱</sup>، سمر رمزی<sup>۱</sup> و احمد شیرینفکر<sup>۲</sup>

۱- استادیار، پژوهشگاه چای، موسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، لاهیجان، ایران

۲- مربی، پژوهشگاه چای، موسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، لاهیجان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۴/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۲/۹

### چکیده

این پروژه با هدف بررسی محلول پاشی غلظت‌های مختلف کودهای پروآمین، پروسولفا و پرومیک تولید شرکت پایتجارت بر عملکرد و کیفیت برگ سبز چای به مدت یک سال در دو باغ چای اراضی تحقیقاتی پژوهشگاه چای در قالب اسپلیت پلات در زمان با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تیمار T1: بدون محلول پاشی (شاهد) T2: محلول پاشی با مخلوط کودهای ProAmin(0.5%)+ProSulfa(0.5%)+ProMic(0.2%) و T3: محلول پاشی با مخلوط کودهای ProAmin(1%)+ProSulfa(1%)+ProMic(0.4%) و سه تکرار اجرا شد. محلول پاشی اوایل خرداد و شهریور بعد از هر برداشت انجام شد. در هر برداشت عملکرد هر پلات محاسبه و غلظت عناصر غذایی و مقادیر عصاره آبی، تانن و خاکستر کل در هر برداشت اندازه‌گیری شد. در برداشت تابستانه نمونه برگ برای چای‌سازی به آزمایشگاه مینیاتوری منتقل شد. چای تولیدشده با استفاده از ارزیاب تخصصی، آزمایش چشایی شد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد تیمارهای T2 و T3 نسبت به شاهد به ترتیب باعث افزایش ۲۹٪ و ۱۶٪ عملکرد برگ سبز و ۱۵/۷٪ و ۱۰/۹٪ تعداد شاخساره شدند. همچنین محلول پاشی‌ها نسبت به شاهد به ترتیب باعث افزایش ۵٪ و ۷٪ غلظت نیتروژن و آهن و کاهش معنی‌دار غلظت فسفر شاخساره شدند. چای ساخته‌شده از برگ بوته‌های تیمارهای کودی نسبت به شاهد، امتیاز حسی بالاتری داشت. بیشترین مقدار عصاره آبی در تیمار T3 مشاهده شد اما تانن و خاکستر کل تحت تأثیر تیمارهای کودی قرار نگرفتند. در چای ساخته‌شده از تیمار T3، مقدار تئاروبیجین و تئافلایون نسبت به تیمار شاهد بیشتر بود. در مجموع محلول پاشی نسبت به شاهد تأثیر مثبتی بر کمیت و کیفیت برگ سبز داشته است و تیمار T2 با توجه به تأثیر بیشتری که بر وزن تر برگ سبز چای نشان داد، می‌تواند به‌عنوان تیمار برتر برای مصرف در محدوده وسیع‌تری از باغ‌های چای ترویج شود.

**واژگان کلیدی:** چای، تغذیه برگ، آمینواسید، کیفیت، ارزیابی حسی.

## Effect of Foliar Application of ProAmin, ProSulfa and ProMic fertilizers on the quantitative and qualitative yield of Iranian tea

Ehsan Kahneh<sup>\*1</sup>, Samar Ramzi<sup>1</sup>, Ahmad Shirinfekr<sup>2</sup>

1-Assistant Professor, Tea Research Center, Horticultural Sciences Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Lahijan, Iran.

2-Instructor, Tea Research Center, Horticultural Sciences Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Lahijan, Iran.

Received :July 2023

Accepted:April 2024

### Abstract

This project aims to investigate foliar application of different concentrations of proamine, prosulfa and promic fertilizers produced by Payacorp Company on yield and quality of green tea leaves to select the best foliar application dose for in two tea gardens of Tea Research Center as split plot in time with plan Base of CRBD with three treatments T1: no foliar feeding (control) T2: foliar spraying with mixture of ProAmin(0.5%) + ProSulfa(0.5%) +ProMic(0.2%) T3: foliar feeding with mixture of ProAmin fertilizers(1%)+ProSulfa (1%)+ProMic(0.4%) were performed. Sparying was done in early June and September after each harvest. In each harvest, yield was calculated and nutrients concentration, water extract, tannin and total ash were measured in each harvest. Leaf samples was transferred to miniature laboratory for tea processing. The made tea was taste by specialized taster. Mean comparison showed that T2 and T3 increased green leaf yield by 16 and 29%, and shoots number by 15.7% and 10.9%, respectively compared to control. The results showed that foliar spraying has increased concentration of N and Fe by 5% and 7%, respectively. Fertilizer treatments caused significant decrease in shoot P concentration compared to control. The results showed that tea made from leaves of treated plants with both fertilizer levels has a higher sensory score than control. The highest amount of water extract was observed in T3, but tannin and total ash were not affected by fertilizer. In tea made from leaves of T3 treatment, amount of thearubigins and theaflavins is higher than that of control treatment. It can be concluded that foliar spraying had positive effect on quantity and quality of green leaves compared to the control. Considering greater effect that T2 treatment has on weight of green leaves, it can be promoted as a superior treatment for use in a wider range of tea gardens.

**Keywords:** Tea, Foliar Feeding, Quality, Taste.

## ۱- مقدمه

چای گیاهی چندساله است که استفاده از کود در تولید اقتصادی آن نقشی حیاتی دارد و یکی از اقدامات منظم مدیریت باغ با تأثیر قابل توجه بر عملکرد و کیفیت برگ چای تولیدی است. استفاده از محلول پاشی یا تغذیه برگی کودها به طور فزاینده‌ای در حال تبدیل شدن به مؤثرترین روش برای افزایش عملکرد و سلامت گیاه است. آزمایش‌ها نشان داده است که تغذیه برگی در مقایسه با روش معمول مصرف خاکی کود می‌تواند عملکرد را از ۱۲ به ۲۵ درصد افزایش دهد. کودهایی که به طور گسترده برای محلول پاشی محصولات سبزی و میوه‌ای استفاده می‌شود، حاوی عناصر مختلف ماکرو و میکرو مغذی هستند که برای رشد و عملکرد مناسب گیاه ضروری است. تغذیه برگی در شاخساره‌های تازه روئیده مناسب است زیرا برگ‌های جوان، مواد مغذی را به راحتی جذب می‌کنند. کودی که محلول پاشی می‌شود درست در محلی که مصرف شده کاملاً سریع جذب می‌شود، در حالی که مقدار زیادی از کودها با مصرف خاکی ممکن است هرگز توسط گیاه جذب نشوند.

در شرایط کمبود شدید، محلول پاشی عناصر در مقایسه با مصرف خاکی آن‌ها برای برطرف نمودن سریع کمبود، آسان‌تر بودن اجرای آن، کاهش سمیت ناشی از تجمع این عناصر در خاک و جلوگیری از تثبیت، مناسب‌تر است. بدون شک در اکثر باغ‌ها و مزارع کشور، کمبود عناصر غذایی از کمیت و کیفیت محصول کاسته است؛ بنابراین با رفع کمبود می‌توان کمیت و کیفیت محصول را بهبود بخشید. طالبی و همکاران (۱۳۹۸) بهبود شاخص‌های کیفی چای با محلول پاشی عناصر غذایی در شرایط آبیاری تکمیلی را بررسی کردند. تیمارهای آزمایش شامل شاهد (محلول پاشی با آب مقطر)، محلول پاشی اوره،

روی، مس و منیزیم و ترکیبی از آن‌ها، هر کدام با غلظت (۵ در هزار) بودند. نتایج نشان داد که اثر تیمارها بر مقدار عناصر نیتروژن، پتاسیم، مس و روی موجود در برگ سبز چای ( $p \leq 0.01$ ) و بر مقدار منیزیم برگ سبز چای ( $p \leq 0.05$ ) معنی‌دار و بر مقدار فسفر برگ غیر معنی‌دار بود. هم‌چنین محلول پاشی، بیشترین تأثیر را بر ویژگی‌های رویت، رنگ نوشابه چای، عطر، طعم و رنگ تفاله چای خشک داشت. بیشترین اثر تیمارها بر امتیاز کل چای خشک، مربوط به تیماری بود که مس و روی و ترکیبی از آن دو با منیزیم به کار برده شده بود.

نجگو (Njogu, 2013) گزارش کرد که محلول پاشی با دو غلظت کودی باعث افزایش معنی‌دار غلظت پلی فنول‌های چای در مقایسه با مصرف خاکی شده است. نتایج آنالیز باقی مانده نشان داد که سطح مواد مغذی در برگ چای در تیمارهای محلول پاشی نسبت به مصرف خاکی در حد مطلوب بود.

حسین و حمید (Hussain & Hamid, 2012) برای ارزیابی تأثیر محلول پاشی سطوح مختلف نیتروژن (سولفات آمونیوم) بر عملکرد بوته‌های چای بالغ پژوهشی در انستیتوی تحقیقات ملی چای (NTRI) پاکستان انجام دادند. پنج سطح نیتروژن (۰، ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار) مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد که ۳۰ تا ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار باعث افزایش عملکرد برگ‌های تازه (۱۸۰۸،۶۶ تا ۲۸۷۲،۵۸ کیلوگرم در هکتار)، تولید چای (۳۶۲،۶۶ تا ۵۷۴،۵۸ کیلوگرم در هکتار) و رشد شاخساره (۳۵،۵۰۲ تا ۴۸،۵۸ سانتی متر) شده است.

ماننجی و همکاران (Manenji et al., 2015) گزارش کردند که برای بهبود کیفیت چای تولیدی محلول پاشی با غلظت یک درصد سولفات مس

چای و انتخاب بهترین سطح مملول پاشی اجرا شد.

## ۲- مواد و روش‌ها

### مواد

این تحقیق به مدت یک سال در دو باغ چای با رقم کاشف در ایستگاه‌های تحقیقات چای تالار و نشتارود پژوهشگاه چای به شرح زیر اجرا شد. طرح آزمایشی مورد استفاده اسپلیت پلات در زمان با طرح پایه بلوک کامل تصادفی با سه تیمار و سه تکرار است. تیمارهای مورد استفاده بر اساس توصیه شرکت سازنده عبارت‌اند از:

T1-۱: بدون مملول پاشی (شاهد)

T2-۲: مملول پاشی با مخلوط کودهای ProAmi (n(0.5%)+ProSulfa(0.5%)+ProMic(0.2%

T3-۲: مملول پاشی با مخلوط کودهای

ProAmin(1%)+ProSulfa(1%)+ProMic (0.4%))

اجزاء تشکیل دهنده هر یک از ترکیبات مورد استفاده در جدول ۱ ارائه شده است.

برای اجرای طرح برای هر تیمار در هر تکرار، پلات‌های انتخابی علامت گذاری شده و در اول فصل رشد یک نمونه خاک مرکب از عمق ۰-۳۰ سانتی متری

مناسب است در حالی که مملول پاشی با اکسید روی باعث افزایش عملکرد کمی و کیفی چای می‌شود.

بیسواس و همکاران (Biswas et al., 2016) روی را در مقادیر مختلف (۰، ۲، ۴، ۶ و ۸ کیلوگرم در هکتار) از منبع سولفات روی بر بوته چای مملول پاشی کردند. مملول پاشی سولفات روی در طول سال سه بار انجام شد. نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد (۱۴۸۴ کیلوگرم چای ساخته شده در هکتار) در تیمار ۶ کیلوگرم در هکتار سولفات روی به همراه مصرف خاکی کود شیمیایی توصیه شده مشاهده شد.

علیرغم مزایای استفاده از کودهای مملول پاشی، این روش هنوز در تولید چای در ایران کاربرد زیادی پیدا نکرده است. در برخی از مناطق چای کاری که مجهز به سیستم آبیاری هستند اوره و گاهی فسفر و پتاسیم به صورت کود آبیاری مصرف می‌شود. با توجه به گزارش‌ها از سایر نقاط چای کاری مبنی بر تأثیر تغذیه مناسب بر بهبود کمیت و کیفیت برگ چای تولیدی و افزایش مقاومت گیاه به تنش‌های محیطی، هدف از این مطالعه بررسی جذب مملول-پاشی ترکیب کودی و تعیین تأثیرات آن بر تغییرات کمیت و کیفیت چای است. لذا این پروژه به سفارش شرکت پایا تجارت باهدف بررسی مملول پاشی دو غلظت مختلف از ترکیبات بر عملکرد و کیفیت برگ سبز

جدول ۱. کودهای مورد استفاده و اجزاء تشکیل دهنده هر کدام

ProMic		ProSulfa60		ProAmin (Amino Acid 30%)	
غلظت موجود	ترکیبات	غلظت موجود	ترکیبات	غلظت موجود	ترکیبات
۴ درصد	روی	۶۰ درصد	گوگرد مملول	۳۳ درصد	آمینواسید کل
۲ درصد	آهن	۴۵ درصد	پتاسیم مملول	۳۲ درصد	آمینواسید آزاد
۲ درصد	مس			۸ درصد	ازت کل
۱ درصد	منگنز				
۰/۵ درصد	بور				
۳ درصد	فولویک اسید				
۱ درصد	آمینواسید				

مقدار پتاسیم با قرائت با دستگاه فلیم فوتمتر و مقدار آهن و روی موجود در عصاره با دستگاه جذب اتمی اندازه گیری شد (Motsara and Roy., 2008).

### عملکرد و اجزای آن تراکم شاخساره

تعداد شاخساره قابل برداشت به روش کادر اندازی (۰/۳ × ۰/۳ مترمربع) اندازه گیری شد. در هر کرت، کادر به طور تصادفی روی سطح برگچینی پرتاب شد و تعداد شاخساره داخل کادر شمارش شد. شاخساره‌های شمارش شده شامل یک غنچه و ۲ برگ (شاخساره استاندارد قابل برداشت) در چین بهاره و تابستانه بود. کادر در هر کرت ۳ بار پرتاب شد و میانگین تعداد شاخساره محاسبه شد.

### وزن شاخساره

شاخساره‌های قابل برداشت به صورت دستی برداشت شد. شاخساره‌های استاندارد (۲ برگ و یک غنچه) در چین بهاره و تابستانه به طور هم‌زمان در تمام کرت‌ها برداشت و وزن آن‌ها به وسیله ترازو تعیین شد.

### شاخص‌های کیفی برگ سبز چای

آزمون‌های کیفی روی شاخساره‌های برداشت شده و چای ساخته شده انجام شد. میزان خاکستر کل (استاندارد ملی ایران، شماره ۳۲۷۳)، درصد رطوبت کل (استاندارد ملی ایران، شماره ۳۲۷۶) و درصد عصاره آبی (استاندارد ملی ایران، شماره ۳۳۲۰) اندازه گیری و تعیین شد. مقدار تنافلاوین و تئاروبیجین چای خشک

برداشت شده و برای تجزیه فیزیکوشیمیایی به آزمایشگاه منتقل شد. کودهای اوره و سولفات پتاسیم و سوپرفسفات تریپل بترتیب با ۱۰۰، ۶۰۰ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار بر اساس آزمون خاک در همه تیمارها پخش سطحی شده و با خاک مخلوط شد. محلول پاشی دو بار طی فصل رشد (اوایل خرداد، اوایل شهریور) انجام شد.

### تجزیه فیزیکوشیمیایی خاک

pH و هدایت الکتریکی خاک در نسبت ۱:۱، کربن آلی به روش واکلی و بلاک، فسفر قابل دسترس از روش بری-۱، پتاسیم قابل دسترس در محلول استات آمونیوم نرمال، روی و آهن قابل دسترس خاک با استفاده از عصاره گیر DTPA استخراج و درصد پراکنش ذرات خاک به روش هیدرومتری بایکاس اندازه گیری شد (Motsara and Roy, 2008). خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۲ ارائه شده است.

### تجزیه شیمیایی برگ و شاخساره

در برداشت تابستانه، نمونه برگ‌های سبز برای تجزیه شیمیایی به آزمایشگاه منتقل شد. غلظت نیتروژن کل در نمونه‌های برگ به روش کجلدال اندازه گیری شد. برای تعیین غلظت فسفر و پتاسیم، آهن و روی پس از هضم خشک نمونه‌ها و عصاره گیری با اسید کلریدریک ۲ نرمال، مقدار فسفر به روش رنگ سنجی با وانادات فسفو مولیبدات،

جدول ۱. کودهای مورد استفاده و اجزاء تشکیل دهنده هر کدام

مکان	عمق cm	pH	هدایت الکتریکی dS/m	کربن- آلی %	نیتروژن %	فسفر mg/kg	پتاسیم mg/kg	شن %	رس %	سیلت %	بافت
نشارود	0-30	5.1	0.240	1.9	0.15	15.5	192	63	21	16	Sandy Clay Loam
تلارسر	0-30	5.3	0.324	2.1	0.17	14.1	225	45	25	30	Loam

نیز به روش ماهانتا و باروا (۱۹۹۲) اندازه گیری شد.

### ساخت چای سیاه

برگ سبز شامل یک غنچه و دو برگ در چین تابستان، از رقم کاشف ایستگاه نشتارود برداشت شد. فرآیند چای-سازی در آزمایشگاه پژوهشگاه چای به روش ارتدکس برای تولید چای سیاه انجام شد. برگ ۱۸ ساعت پلاس طبیعی شد و سپس بادستگاه مینیاتوری مالش داده شد. مراحل پلاس، مالش، اکسیداسیون و خشک در دستگاه مینیاتوری و مقیاس آزمایشگاهی براساس نظر کارشناس چای سازی انجام شد.

### ارزیابی حسی چای

ارزیابی حسی به کمک ارزیابی های آموزش دیده چای انجام شد. ابتدا مقداری از نمونه چای روی کاغذ سفید ریخته و ظاهر آن ارزیابی گردید. ظاهر چای بایستی عاری از مواد خارجی نظیر سنگ و شن و ... و هر گونه آفت زدگی، آفت، حشره زنده و یا مرده و بقایای آن) باشد. مقدار اجزای ناخواسته نمونه (پو، دمار، پره ضخیم و ساقه غیرمعارف)، نباید از یک درصد بر پایه درصد وزنی نمونه بیشتر بوده و رنگ ذرات چای باید مشکی و یا مشکی مایل به خاکستری برای چای سیاه باشد. پس از آن برای ارزیابی رنگ، عطر و طعم نوشابه حاصل از نمونه چای، مقدار ۲/۸ گرم چای سیاه توزین و در فنجان مخصوص ارزیابی حسی چای از جنس سرامیک ریخته شد و به آن ۱۵۰ میلی لیتر آب در حال جوش، اضافه و درب فنجان گذاشته شد و به مدت ۷ دقیقه دم کشید، سپس عصاره حاصل از دم کشیدن چای به روشی که تفاله چای داخل فنجان بماند وارد پیاله مخصوص شد. در این مرحله ابتدا محتویات داخل فنجان استنشام شده و عطر چای بررسی شد. رنگ عصاره چای داخل پیاله باید قرمز با هاله ای از رنگ نارنجی و شفاف و درخشان باشد. بررسی طعم چای با نوشیدن مقدار

کمی از عصاره انجام شد. طعم با تلخی و گسی ملایم برای چای سیاه و بدون ماندگی، کهنگی، سوختگی، کپک زدگی، ترشیدگی، بوگرفتگی و پوسیدگی مناسب است (استاندارد ملی ایران شماره ۱۳۸۰، ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳).

### تجزیه های آماری

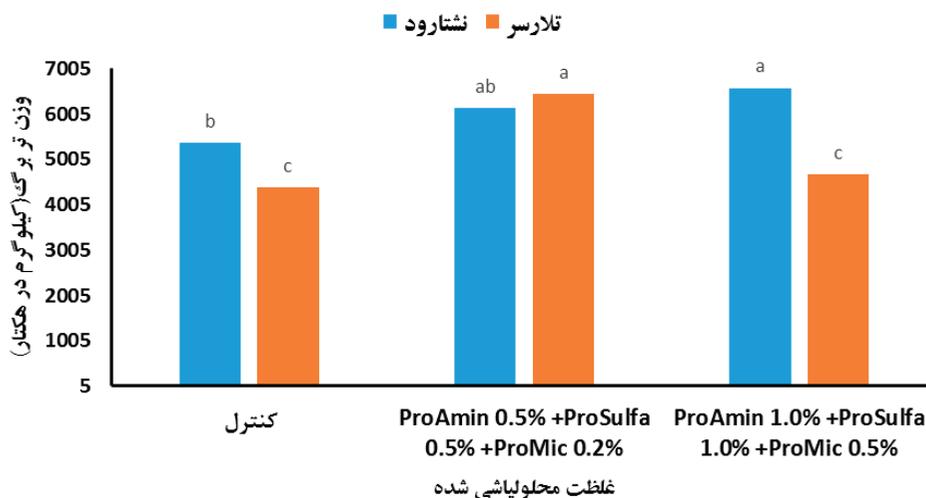
تجزیه واریانس خصوصیات رویشی و تغذیه ای گیاهان، به صورت تجزیه مرکب با اسپلیت پلات در زمان با طرح پایه بلوک کامل تصادفی انجام شد. میانگین ها با استفاده از آزمون توکی مقایسه شدند. همبستگی بین مشخصه های اندازه گیری شده نیز تعیین گردید. کلیه تجزیه های آماری با نرم افزار SAS انجام شد.

### ۳- نتایج

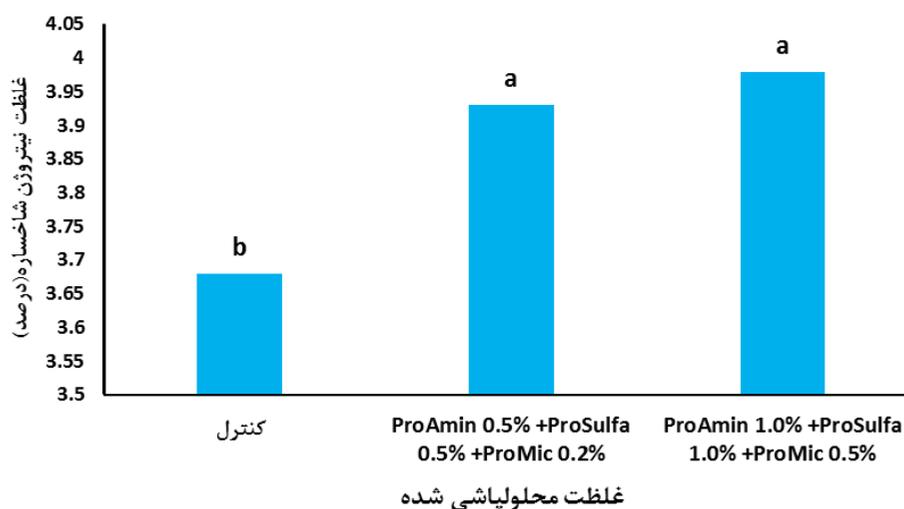
تجزیه واریانس داده ها نشان داد که تأثیر تیمارهای آزمایشی در سطوح آماری پنج و یک درصد بر خصوصیات تغذیه ای بوته ها معنی دار است، در ادامه هر یک از پارامترها مورد بحث قرار می گیرد.

### عملکرد برگ سبز

مقایسه میانگین اثر متقابل محلول پاشی کودها در مکان های مختلف بر وزن تر شاخساره ها نشان داد که بیشترین وزن تر در شاخساره های برداشت شده در نشتارود با محلول پاشی تیمار سوم مشاهده شد که نسبت به شاهد باعث افزایش ۲۲/۴ درصدی وزن تر شاخساره شده است، در ایستگاه نشتارود با افزایش غلظت ترکیبات کودی عملکرد نیز روند افزایشی دارد ولی بین دو تیمار کودی تفاوت معنی داری مشاهده نشد. در حالی که در ایستگاه تلارسر بیشترین وزن تر برگ با محلول پاشی تیمار دوم حاصل شده که نسبت به تیمار شاهد باعث افزایش ۴۷/۳ درصد وزن تر برگ شده است و با تیمار سوم نیز تفاوت معنی داری دارد (شکل ۱).



شکل ۱. مقایسه میانگین وزن تر شاخساره در بوته‌های چای محلول‌پاشی شده با ترکیبات کودی با غلظت مختلف در دو ایستگاه (میانگین‌های با حروف مشابه اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند).



شکل ۲. مقایسه میانگین مقدار نیتروژن شاخساره در بوته‌های چای محلول‌پاشی شده با ترکیبات کودی (حروف مشابه بیانگر عدم تفاوت معنی‌داری است)

### غلظت نیتروژن در شاخساره چای

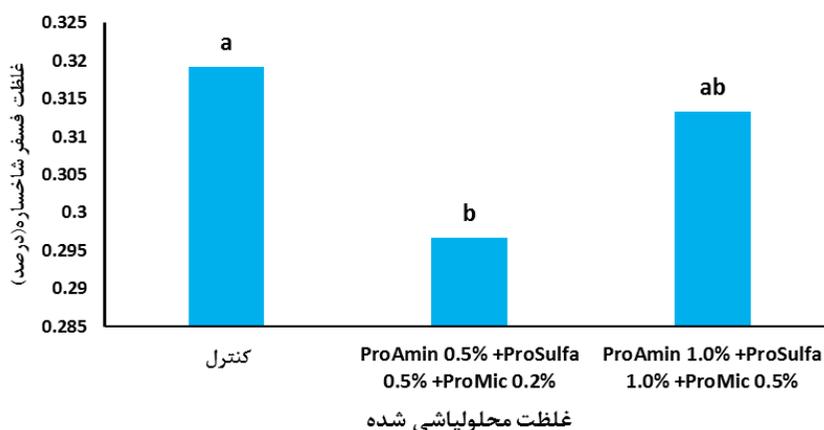
مقایسه میانگین اثر ساده محلول‌پاشی با تیمارهای آزمایشی نشان داد که محلول‌پاشی با کودها نسبت به تیمار شاهد باعث افزایش معنی‌دار غلظت نیتروژن شاخساره شده است. بیشترین غلظت نیتروژن شاخساره در تیمار سوم مشاهده شد که با تیمار دوم تفاوت معنی‌داری ندارد (شکل ۲). در کل محلول‌پاشی با تیمارهای کودی باعث افزایش ۷/۵ درصدی غلظت

نیتروژن شاخساره در مقایسه با تیمار شاهد شده است. مقایسه میانگین اثر متقابل محلول‌پاشی کودها در مکان‌های مختلف نشان داد که در هر دو مکان بیشترین غلظت نیتروژن در شاخساره‌های برداشت‌شده از تیمار سوم وجود داشته است (جدول ۳). غلظت نیتروژن در شاخساره برداشت‌شده از تیمار سوم در ایستگاه تلاسر در مقایسه با تیمار شاهد افزایش تقریباً ۳۱/۳ درصدی داشته است.

اثر مملول‌پاشی کودهای پروآمین، پروسولفا و پرومیک بر عملکرد کمی و کیفی برگ سبز چای ایران  
 جدول ۳. مقایسه میانگین تاثیر تیمارهای آزمایشی بر غلظت عناصر غذایی برگ سبز چای

تیمار	مکان	نیترोजن	فسفر درصد	آهن
کنترل	نشتارود	3.36b	0.29b	209.4a
	تلارسر	3.46b	0.28b	204.4ab
T1	نشتارود	3.51b	0.27b	215.2a
	تلارسر	3.99ab	0.35a	186.7b
T2	نشتارود	4.39a	0.31ab	201b
	تلارسر	4.45a	0.35a	180.5c

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم تفاوت معنی داری است



شکل ۳. مقایسه میانگین مقدار فسفر شاخساره در بوته‌های چای محلول‌پاشی شده با ترکیبات کودی (حروف مشابه بیانگر عدم تفاوت معنی داری است)

تیمار شاهد وجود داشته است (جدول ۳).

#### غلظت پتاسیم و روی در شاخساره چای

نتایج نشان داد که محلول‌پاشی با تیمارهای کودی تأثیر معنی داری بر غلظت پتاسیم و روی شاخساره چای نداشته است.

#### غلظت آهن در شاخساره چای

مقایسه میانگین اثر ساده محلول‌پاشی با ترکیبات مختلف کودی بر غلظت آهن شاخساره نشان داد که محلول-پاشی با تیمار دوم نسبت به شاهد باعث افزایش معنی دار تقریباً ۵/۰ درصدی غلظت آهن شاخساره شده است (شکل ۴). محلول‌پاشی با تیمار سوم در مقایسه با تیمار شاهد تفاوت معنی داری ندارد.

#### غلظت فسفر در شاخساره چای

مقایسه میانگین اثر ساده محلول‌پاشی با تیمارهای آزمایشی نشان داد که محلول‌پاشی با کودها نسبت به تیمار شاهد باعث کاهش معنی دار غلظت فسفر شاخساره شده است. بیشترین غلظت فسفر شاخساره در تیمار شاهد مشاهده شد که با تیمار سوم تفاوت معنی داری ندارد (شکل ۳). کمترین غلظت فسفر نیز در شاخساره‌های برداشت شده از تیمار دوم مشاهده شد که نسبت به تیمار شاهد حدود ۷٪ کاهش نشان داده است.

مقایسه میانگین اثر متقابل محلول‌پاشی کودها در مکان‌های مختلف نشان داد که در هر دو مکان بیشترین غلظت فسفر در شاخساره‌های برداشت شده از

### ویژگی‌های چای سیاه ساخته شده

#### ارزیابی حسی

نتایج نشان داد که چای ساخته شده از برگ بوته‌های تیمار شده با هر دو سطح محلول پاشی کودی نسبت به تیمار شاهد نمره حسی بالاتری دارد، بالاترین نمره حسی را چای ساخته شده از برگ‌های تیمار سوم به خود اختصاص داده است (جدول ۴) براساس نتایج جدول، تیمارهای مصرفی بر طعم، رنگ و تفال چای تاثیر بیشتری داشته اند.

#### خصوصیات بیوشیمی

خصوصیات بیوشیمی چای ساخته شده در جدول ۵ ارائه شده است. مقدار تئاروبیجین و تئافلایین در چای ساخته شده از برگ بوته‌های تیمار سوم، نسبت به تیمار شاهد بیشتر است.

#### ۴- بحث

عملکرد برگ سبز به طور معنی داری به مصرف تیمارهای محلول پاشی کودی پاسخ مثبت نشان داد. تأثیرپذیری عملکرد از تیمارهای کودی در ایستگاه نشتارود بیشتر از ایستگاه تالارسر بود. تعداد شاخساره

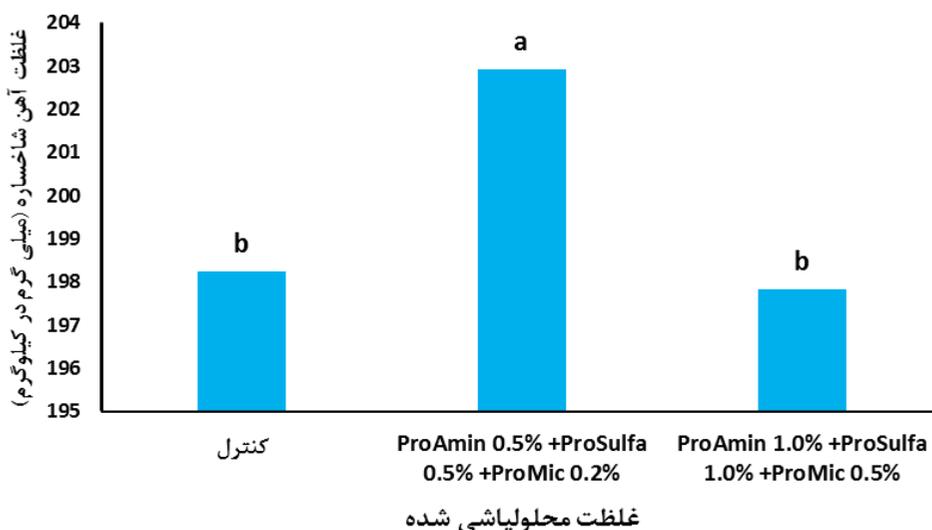
مقایسه میانگین اثر متقابل محلول پاشی کودها در مکان‌های مختلف نشان داد که در ایستگاه نشتارود بیشترین غلظت آهن در شاخساره‌های برداشت شده از تیمار سوم وجود داشته است (جدول ۳) در حالیکه در ایستگاه تالارسر شاخساره‌های برداشت شده از تیمار دوم بیشترین غلظت آهن را داشتند.

#### ویژگی‌های بیوشیمیایی برگ سبز

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که فقط اثر تیمارهای بر مقدار عصاره آبی برگ سبز چای معنی دار است که در ادامه ارائه شده است.

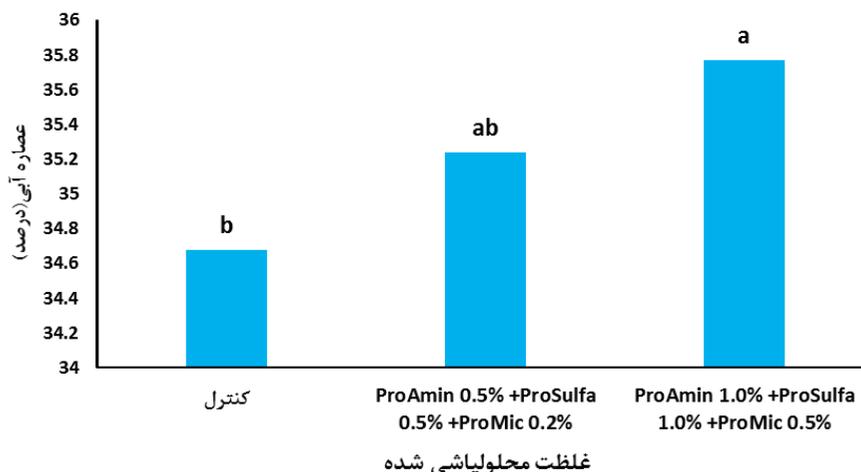
#### عصاره آبی

مقایسه میانگین اثر ساده محلول پاشی با تیمارهای آزمایشی نشان داد که محلول پاشی نسبت به تیمار شاهد باعث افزایش معنی دار مقدار عصاره آبی شاخساره شده است. بیشترین درصد عصاره آبی در شاخساره‌های برداشت شده از تیمار سوم مشاهده شد که نسبت به تیمار شاهد حدود ۳٪ افزایش داشته است (شکل ۵).



شکل ۴. مقایسه میانگین مقدار آهن شاخساره در بوته‌های چای محلول پاشی شده با ترکیبات کودی (حروف مشابه بیانگر عدم تفاوت معنی داری است)

اثر مملول پاشی کودهای پروآمین، پروسولفا و پرومیک بر عملکرد کمی و کیفی برگ سبز چای ایران



شکل ۵. مقایسه میانگین عصاره آبی شاخساره در بوته‌های چای مملول پاشی شده با ترکیبات کودی (حروف مشابه بیانگر عدم تفاوت معنی داری است)

جدول ۴. نتایج ارزیابی حسی چای سیاه ساخته شده از برگ سبز بوته‌های چای مملول پاشی شده با ترکیب کودی با غلظت مختلف

ترکیب کودی	تیمار	رؤیت (۸)	رنگ (۴)	طعم (۸)	تفاله (۱)	عطر (۴)	نمره کل (۲۵)
کنترل	T1	6.25	2.25	6.75	0.75	3	19
ProAmin 0.5% + ProSulfa 0.5% + ProMic 0.2%	T2	6.25	2.5	6.75	0.75	3	19.25
ProAmin 1.0% + ProSulfa 1.0% + ProMic 0.5%	T3	6.25	2.75	7	1	3	20

جدول ۵. خصوصیات بیوشیمی چای سیاه ساخته شده از برگ سبز بوته‌های چای مملول پاشی شده با ترکیب کودی با غلظت مختلف

ترکیب کودی	تیمار	درصد رطوبت	تئافلاوین	تئارویجین	درصد عصاره آبی	درصد خاکستر کل
کنترل	T1	7.45	0.608	9.69	44.95	5.69
ProAmin 0.5% + ProSulfa 0.5% + ProMic 0.2%	T2	7.47	0.594	11.1	42.51	5.82
ProAmin 1.0% + ProSulfa 1.0% + ProMic 0.5%	T3	7.69	0.639	12.03	42.58	5.72

کاهش معنی داری بر غلظت فسفر در شاخساره داشته و تأثیر معنی داری بر غلظت پتاسیم و روی شاخساره نداشتند. نتایج لی (Li, 2005) نیز نشان داد که در سال ۲۰۰۲ مقدار عناصر غذایی در شاخساره چای Longjing43 به طور معنی داری تحت تأثیر کودهای N، P، K و Mg قرار نگرفته است ولی مقدار کل عناصر غذایی N، P، K، Mg و Ca در فلاش‌ها به طور قابل توجهی تحت تأثیر فصول قرار دارد، در سال ۲۰۰۳، برای Longjing43، تنها مقدار کل نیتروژن و فسفر در فلاش چای در چین تابستانه و

قابل برداشت نیز تقریباً روند مشابهی با عملکرد برگ سبز داشت و در مجموع تیمار دوم اثر بهتری بر افزایش عملکرد و تعداد شاخساره قابل برگ چینی داشت. لی (Li, 2005) نیز گزارش کرده است که عملکرد برگ سبز چای رقم Longjing43 در بهار ۲۰۰۲ به طور معنی داری به کودها پاسخ داده اما عملکرد برگ سبز تولیدی در تابستان و پاییز ۲۰۰۲ تحت تأثیر کودها قرار نگرفته است.

در این تحقیق تیمارهای کودی بر غلظت نیتروژن و آهن تأثیر مثبت معنی دار داشتند در حالیکه تأثیر

کل پتاسیم در فلاش‌ها ۲/۰-۱/۲٪ (Verma, 1997) و در برگ‌های بالغ نیز بین ۲/۰-۱/۴٪ گزارش شده است.

«اثر رقت» و «اثر غلظت» در مطالعات متعددی در مورد تغذیه گیاه و حاصلخیزی خاک برای توضیح نتایج، زمانی که غلظت یک عنصر در بافت گیاه به دلیل تغییر در شرایط محیطی شامل تغییرات در محیط خاک به دلیل افزودن مواد معدنی / آلی، آب و ریزجانداران مفید به خاک و همچنین دما و نور کاهش یا افزایش می‌یابد استفاده می‌شود. تغییر در غلظت مواد مغذی به‌عنوان تابعی از زمان اغلب به‌عنوان «رقیق‌سازی» بیان می‌شود به‌ویژه برای نیتروژن، فسفر و پتاسیم که گیاهان جوان نسبت به گیاهان مسن‌تر غلظت‌های بالاتری دارند (لوهوینگ، ۱۹۵۳). در این شرایط، وقتی یک عنصر غذایی به یک گیاه اعمال می‌شود، عملکرد محصول افزایش می‌یابد، اما پس از تجزیه شیمیایی بافت گیاهی، میانگین غلظت عنصر در برخی یا تمام بافت‌های گیاهی کمتر از گیاه شاهد با علائم کمبود است (Piper, 1942).

این نتیجه احتمالاً به دلیل این فرض ضمنی است که کفایت عرضه گیاه از یک ماده مغذی معین به‌طور مستقیم با غلظت بافتی آن ماده مغذی مرتبط است (Martin & Matocha, 1973). اما علت فیزیولوژی واقعی هرچه باشد، وقتی عنصر محدودکننده رشد عرضه می‌شود، سرعت نسبی تجمع ماده خشک با سرعت بیشتری نسبت به سرعت تجمع مواد مغذی افزایش می‌یابد و در نتیجه غلظت‌های نهایی در گیاهان تیمار شده کمتر می‌شود. در تمام موارد، حتی اگر غلظت عنصر در بافت کاهش یافته است، انباشت یا جذب کل که از حاصل ضرب غلظت و بیوماس ماده خشک محاسبه می‌شود، به‌طور قابل توجهی افزایش یافته است. بنابراین می‌توان بیان کرد که رشد گیاه سریع‌تر از تجمع مواد مغذی پیش رفته است. تأثیر یک تیمار شیمیایی یا محیطی بر غلظت یک

پایزه پاسخ مثبتی به کوددهی نشان داد. مقدار کل پتاسیم، منیزیم و کلسیم در فلاش چای تحت تأثیر کودهای N، P، K و Mg قرار نگرفت و مقایسه سه فصل در هر تیمار نشان داد که محتوای کل نیتروژن، فسفر و پتاسیم در فلاش‌ها به‌طور قابل توجهی با گذشت زمان کاهش می‌یابد. او گزارش کرده است که کاربرد کود پتاسیم می‌تواند جذب نیتروژن و فسفر را در بهار و تابستان افزایش دهد. در تحقیق حاضر نیز همبستگی مثبتی بین مقدار نیتروژن برگ با مقدار فسفر و پتاسیم برگ مشاهده شد.

با مصرف تیمارهای آزمایشی، غلظت فسفر در شاخساره‌ها کاهش معنی‌داری داشت، اما لی (Li, 2005) گزارش داده که برای رقم Biyun، مقدار کل فسفر در شاخساره‌های چین تابستانه با مصرف کودهای فسفر، پتاسیم و منیزیم در مقایسه با شاهد به‌طور قابل توجهی افزایش یافت. مقدار کل فسفر در فصل تابستان با مصرف کود NP علیرغم کاهش عملکرد حتی کمی کمتر از مصرف کود نیتروژنی به‌تنهایی بود. به‌طور کلی مقدار فسفر کل در شاخساره‌های چای تابستانی با فصل بهار تفاوت معنی‌داری نداشت که با نتایج این پروژه مطابقت دارد. همین امر در مورد رقم Longjing43 نیز صادق بود. معمولاً مقدار کل فسفر در گیاهان ۰/۵-۰/۳٪ است. فسفر موجود در شاخساره چای در این تحقیق، نشان داد که مقدار کل فسفر در شاخساره‌های چای نسبتاً کافی است. مقدار فسفر کل با گذشت زمان نیز کاهش می‌یابد. یکی دلیل این است که فسفر جذب‌شده در درجه اول برای رشد تولیدمثلی استفاده می‌شود، دلیل دیگر ممکن است این باشد که فسفر موجود در محلول خاک به سختی به ریشه‌ها نفوذ می‌کند و به‌ویژه در شرایط خشک سالی مانع جذب فسفر توسط گیاهان چای می‌شود.

تیمارهای کودی مورد استفاده در این تحقیق تأثیر معنی‌داری بر غلظت پتاسیم شاخساره‌ها نداشت. مقدار

که بر سلامت انسان دارد، به دلیل عطر و طعم بی نظیرش نیز بسیار مورد توجه قرار گرفته است. طعم عمدتاً از ترکیبات غیر فرار تشکیل شده است که توسط دهان حس می‌شود. اسیدهای آمینه، پلی فنول‌ها و کافئین به ترتیب اجزای حیاتی در تعیین مزه امامی، قابضی و تلخی دم کرده چای هستند (Wang et al., 2022). عطر شامل ترکیبات فراری است که توسط اپیتلیوم بویایی درک می‌شود (Godoy et al., 2013).

کیفیت برگ سبز ارتباط تنگاتنگی با عملیات زراعی و زمان برداشت دارد. استفاده از کود یکی از مهم‌ترین اقدامات زراعی برای افزایش بهره‌وری محصول بوده است. در این تحقیق تیمارهای کودی باعث افزایش معنی‌دار درصد عصاره آبی شدند و تأثیر معنی‌داری بر مقدار تانن و خاکستر کل نداشتند ولی باعث افزایش نمره حسی دم کرده چای سیاه شد. بر اساس منابع علمی موجود اثرات کودها بر کیفیت و ارزیابی حسی چای به‌طور کامل و دقیق بررسی نشده است، سان و همکاران (Sun et al., 2021) پروفایل متابولیت شاخساره‌های چای را که با کود گاوی، اوره یا بدون کود تولید شده بود را تعیین کردند و در مجموع ۷۴ متابولیت شامل اسیدهای آمینه، اسیدهای آلی، اسیدهای چرب و قندها به دست آمد. لئو و همکاران (Liu et al., 2017) اثر کوددهی نیتروژن را بر متابولیسم لیپید در چای مشخص کردند. این مطالعات هر دو تغییرات ترکیبات غیر فرار ناشی از استفاده کودهای مختلف را بررسی کردند. ویژگی‌های کیفیت حسی شامل عطر، طعم، رنگ دم کرده و چای خشک و ظاهر برگ دم کرده است که در میان آن‌ها طعم و عطر دم کرده چای عوامل تعیین‌کننده هستند. همان‌طور که در جدول ۴ ارائه شده است، در تحقیق حاضر نیز طعم بیشترین تأثیر را از مصرف کودها داشته و یکی از ویژگی‌هایی است که باعث افزایش نمره ارزیابی حسی شده است. هوانگ و همکاران (Huang et al., 2022) مشاهده

عنصر غذایی در گیاه در دو دسته غیرتعاملی و تعاملی در نظر گرفته می‌شود. اثرات غیرتعاملی به این دلیل به وجود می‌آیند که گیاه تیمار شده بیشتر یا کمتر از گیاه شاهد رشد می‌کند، یعنی این تفاوت‌ها در درجه اول به دلیل تغییرات در زیست توده خود گیاه است. اثرات متقابل ممکن است به دلایل مختلفی رخ دهد، اما تأثیر مستقیمی بر مکانیسم‌های جذب مواد مغذی، بدون در نظر گرفتن الگوهای رشد گیاه دارند. به عقیده بیتس (Bates, 1971) ممکن است چندین توضیح که با ملاحظات فیزیولوژی سازگار است دلیل این امر باشد. به‌عنوان مثال، گیاهان ممکن است پتانسیل رشد یا پاسخ را تحت تنش حاد مواد مغذی از دست بدهند و قادر به پاسخگویی نباشند، حتی اگر غلظت «کافی» عنصر محدودکننده را در بافت خود انباشته کرده باشند (Hiatt, A. J., & Massey, H. F. 1958). در اکثر مطالعاتی که غلظت عناصر در بافت با گذشت زمان کاهش می‌یابد، غلظت عناصر در ناحیه ریشه ثابت نمی‌ماند و احتمالاً مواد مغذی بیشتری در اوایل فصل رشد نسبت به اواخر فصل در دسترس گیاه قرار می‌گیرد. لذا توضیح اینکه چرا غلظت عناصر غذایی در بافت گیاه یا رشد گیاه در برخی تیمارهای کودی کمتر از گیاه شاهد است و رابطه مستقیمی بین این‌ها وجود ندارد این تفاوت‌ها ممکن است ناشی از سرعت رشد متفاوت در تیمارهای مختلف باشد. زیرا در محل اجرای این تحقیق، رشد گیاهان چای در تیمار شاهد کمتر بود (زردی بیشتر و با شاخساره‌های چای کمتر)، اما در تیمارهای کودی رشد بوته‌های چای بهتر و رنگ سبز قوی‌تری داشتند. بنابراین سرعت رشد متفاوت منجر به رقیق شدن غلظت عناصر غذایی در گیاهان شده است.

محبوبیت چای در دهه‌های گذشته به‌طور پیوسته در حال افزایش بوده است زیرا حاوی آنتی‌اکسیدان‌های مفید، ویتامین‌ها و اسیدهای آمینه است (Lin et al., 2019). چای به‌غیر از اثرات مفیدی

برای باغ چای نه تنها می‌تواند مواد مغذی مختلفی را فراهم کند، بلکه ذخیره کربن آلی خاک را نیز تقویت کرده که ممکن است باعث بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی خاک و برانگیختگی جوامع میکروبی خاک شود که در نتیجه باعث افزایش کیفیت و حاصلخیزی خاک می‌شود. یوان و همکاران (Yuan *et al.*, 2018) و سان و همکاران (Sun *et al.*, 2022) گزارش کردند که افزایش تنوع جوامع میکروبی خاک در طی تجزیه مواد آلی خاک «اثر پرایمینگ» داشته و بنابراین تأثیر مثبتی بر عطر گیاهان چای دارد. تحت تأثیر مقادیر بیش از حد کود نیتروژن، تعادل مواد غذایی در خاک به هم می‌خورد که با کاهش قابل توجه عملکرد همراه است (Zhang *et al.*, 2012؛ Bolan *et al.*, 1991)، بنابراین، کوددهی باید بهینه و تغذیه گیاه متعادل شود.

#### ۵- نتیجه گیری کلی

در مجموع باتوجه به نتایج بدست آمده از این پژوهش می‌توان نتیجه گیری کرد کوددهی صحیح و متعادل به ثبات عملکرد و بهبود کیفیت چای کمک کرده و برای توسعه پایدار صنعت چای اهمیت زیادی دارد. محلول پاشی نسبت به شاهد تأثیر مثبتی بر کمیت و کیفیت برگ سبز داشته است. باتوجه به تأثیر بیشتری که تیمار ProAmin(0.5%)+Pro T2 ((Sulfa(0.5%)+ProMic(0.2% بر وزن تر برگ سبز چای دارد می‌تواند به عنوان تیمار برتر برای مصرف در محدوده وسیع تری از باغ‌های چای ترویج شود.

کردند که ترکیب کود مخصوص چای و کود آلی سطح عطر کل و اجزای مهم عطری مانند D-limo- nene، cis-jasmone، nonanal و linalool در چای سبز را به میزان زیادی افزایش داد.

با توجه به نتایج جدول ۵ با افزایش غلظت کودها مقدار تانن روندی کاهش داشته است. تاکی و همکاران (Takei *et al.*, 1978) نیز گزارش دادند که برگ سبز بیش از حد کوددهی شده دارای سطوح بالایی از ترکیبات فرار با نقطه-جوش بالا، مانند ionone و indole بود، که در نتیجه عطر و بوی سنگین و فاقد گسی داشته است. با افزایش تقاضای بازار برای تولید چای، کودهای شیمیایی به تدریج توسط کشاورزان استفاده شده است (Ji *et al.*, 2018). محققین متعدد گزارش داده‌اند که مصرف بیش از حد کودهای شیمیایی در کشت طولانی مدت چای منجر به مشکلات تخریب زمین، از جمله اسیدی شدن خاک، تخریب ساختمان، از دست دادن مواد غذایی و کاهش جمعیت باکتری‌های مفید خاکزی شده است (Gu *et al.*, 2019؛ Li *et al.*, 2016). اسیدیته خاک در چند سال گذشته به یک مشکل جدی کشاورزی در مناطق چای کاری ایران، چین (Yan *et al.*؛ Guo *et al.*, 2010) و سایر کشورها تبدیل شده است. دلایل عمده اسیدی شدن خاک افزایش مصرف کودهای اسیدی نیتروژنه یا چرخه ناقص ترکیبات نیتروژن در خاک است. مطالعه هوانگ و همکاران (Huang *et al.*, 2022) نیز نشان داده که اختلاط یا جایگزینی کودهای آلی با بخشی از کودهای معدنی توصیه شده

**تضاد و تعارض منافع** - نویسندگان هر گونه تعارض و تضاد منافع اعم از تجاری و غیر تجاری و شخصی را که در ارتباط مستقیم یا غیرمستقیم با اثر منتشر شده است رد می‌نمایند.

**تشکر و قدردانی** - این مقاله حاصل از نتایج پروژه تحقیقاتی به شماره ۰۰۱۳۳-۰۲۵-۳۳-۲۱-۲۴ در پژوهشکده چای، موسسه تحقیقات علوم باغبانی، است که بدین وسیله از همکاری شرکت پایاتجارت در تأمین منابع مالی و پژوهشکده چای برای کمک در اجرای این پروژه سپاسگزاری می‌شود.

## منابع

- استاندارد ملی ایران شماره ۳۲۷۳، ۱۳۹۹. روش اندازه‌گیری خاکستر کل چای.
- استاندارد ملی ایران شماره ۳۲۷۶، ۱۳۹۹. روش اندازه‌گیری افت جرمی چای در ۱۰۳ درجه سلسیوس.
- استاندارد ملی ایران شماره ۳۳۲۰، ۱۳۹۹. چای اندازه‌گیری عصاره آبی روش آزمون.
- طالبی، ع.، شیرین‌فکر، الف، مجد سلیمی، ک. (۱۳۹۸). بهبود شاخص‌های کیفی چای با محلول‌پاشی عناصر غذایی در شرایط آبیاری تکمیلی. چای و دمنوش‌های گیاهی، ۲(۱)، ۹-۱۳.
- Bates, T. E. (1971). Factors affecting critical nutrient concentrations in plants and their evaluation: A review. *Soil science*, 112(2), 116-130.
- Biswas, A., Khan, A. Q., Ali, N. M., Zohora, K. F. T., and Saha, A. K. (2016). Effect of foliar application of zinc on the yield of tea. *Tea J. Bangladesh*, 45: 18-22.
- Bolan, N. S., Hedley, M. J., & White, R. E. (1991). Processes of soil acidification during nitrogen cycling with emphasis on legume based pastures. *Plant and soil*, 134(1), 53-63.
- Chen, M., Zhu, Y., Liu, B., Chen, Z., Zheng, J., Guan, M., & Yang, W. (2017). Changes in the volatiles, chemical components, and antioxidant activities of Chinese jasmine tea during the scenting processes. *International Journal of Food Properties*, 20(3), 681-693.
- Cheng, Y., Huynh-Ba, T., Blank, I., & Robert, F. (2008). Temporal changes in aroma release of Longjing tea infusion: interaction of volatile and nonvolatile tea components and formation of 2-butyl-2-octenal upon aging. *Journal of agricultural and food chemistry*, 56(6), 2160-2169.
- Godoy, R. C., Deliza, R., Gheno, L. B., Licodiedoff, S., Frizon, C. N., Ribani, R. H., & dos Santos, G. G. (2013). Consumer perceptions, attitudes and acceptance of new and traditional mate tea products. *Food research international*, 53(2), 801-807.
- Gu, S., Hu, Q., Cheng, Y., Bai, L., Liu, Z., Xiao, W., & Tan, L. (2019). Application of organic fertilizer improves microbial community diversity and alters microbial network structure in tea (*Camellia sinensis*) plantation soils. *Soil and Tillage Research*, 195, 104356.
- Guo, J. H., Liu, X. J., Zhang, Y., Shen, J. L., Han, W. X., Zhang, W. F., ... & Zhang, F. S. (2010). Significant acidification in major Chinese croplands. *Science*, 327(5968), 1008-1010.
- He, C., Guo, X., Yang, Y., Xie, Y., Ju, F., & Guo, W. (2016). Characterization of the aromatic profile in "zijuán" and "pu-erh" green teas by headspace solid-phase microextraction coupled with GC-O and GC-MS. *Analytical Methods*, 8(23), 4727-4735.
- Hiatt, A. J., & Massey, H. F. (1958). Zinc Levels in Relation to Zinc Content and Growth of Corn 1. *Agronomy Journal*, 50(1), 22-24.
- Huang, D., Wang, Y., Chen, X., Wu, J., Wang, H., Tan, R., & Mao, Y. (2022). Application of Tea-Specific Fertilizer Combined with Organic Fertilizer Improves Aroma of Green Tea. *Horticulturae*, 8(10), 950.
- Hussain, S., & Hamid, F. S. (2012). Effect of foliar spray of varying nitrogen levels on mature tea

- yield under different agroecological conditions. *J. Agric. Res*, 50(4).
- Ji, L., Wu, Z., You, Z., Yi, X., Ni, K., Guo, S., & Ruan, J. (2018). Effects of organic substitution for synthetic N fertilizer on soil bacterial diversity and community composition: A 10-year field trial in a tea plantation. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 268, 124-132.
- Lee, J., Chambers, D. H., IV, E. C., Adhikari, K., & Yoon, Y. (2013). Volatile aroma compounds in various brewed green teas. *Molecules*, 18(8), 10024-10041.
- Li, J. (2005). The effect of plant mineral nutrition on yield and quality of green tea (*Camellia sinensis* L.) under field conditions (Doctoral dissertation). der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
- Li, Y. C., Li, Z., Li, Z. W., Jiang, Y. H., Weng, B. Q., & Lin, W. X. (2016). Variations of rhizosphere bacterial communities in tea (*Camellia sinensis* L.) continuous cropping soil by high-throughput pyrosequencing approach. *Journal of applied microbiology*, 121(3), 787-799.
- Lin, W., Lin, M., Zhou, H., Wu, H., Li, Z., & Lin, W. (2019). The effects of chemical and organic fertilizer usage on rhizosphere soil in tea orchards. *PloS one*, 14(5), e0217018.
- Liu, M. Y., Burgos, A., Ma, L., Zhang, Q., Tang, D., & Ruan, J. (2017). Lipidomics analysis unravels the effect of nitrogen fertilization on lipid metabolism in tea plant (*Camellia sinensis* L.). *BMC plant biology*, 17(1), 1-10.
- Mahanta, P. K., & Baruah, S. (1992). Changes in pigments and phenolics and their relationship with black tea quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 59(1), 21-26.
- Manenji, B. T., Chandiposha, M., & Mashingaidze, A. (2015). Effects of foliar fertilisers containing magnesium, copper and zinc on yield and quality of mature tea. *Scholars J. Agr. Vet. Sci*, 2, 256-261.
- Martin, W. E., & Matocha, J. E. (1973). Plant analysis as an aid in the fertilization of forage crops. In *Soil Testing and Plant Analysis*. (Eds LM Walsh and JD Beaton.) pp. 393-426. Soil Sci. Soc. Am.: Madison, Wisc., USA.
- Motsara, M. R. and Roy., R.N. 2008. Guide to laboratory establishment for plant nutrient analysis. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Njogu, R. N. E. (2013). Foliar Fertilizer (NPK) Nutrient Uptake of Tea *Camellia Sinensis* Growing in the Highlands of Kenya (Doctoral dissertation, University of Nairobi).
- Piper, C. S. (1942). Investigations on copper deficiency in plants. *The Journal of Agricultural Science*, 32(2), 143-178.
- Sun, L., Fan, K., Wang, L., Ma, D., Wang, Y., Kong, X., & Ding, Z. (2021). Correlation among Metabolic Changes in Tea Plant *Camellia sinensis* (L.) Shoots, Green Tea Quality and the Application of Cow Manure to Tea Plantation Soils. *Molecules*, 26(20), 6180.
- Takei, Y., Ishikawa, Y., Hirao, N., Yamanishi, T., & Fuchinoue, H. (1978). The influence of the amount of supplied fertilizer and vinyl-house cultivation on the tea aroma. *Journal of the Agricul-*

tural Chemical Society of Japan.

- Wang, B., Qu, F., Wang, P., Zhao, L., Wang, Z., Han, Y., & Zhang, X. (2022). Characterization analysis of flavor compounds in green teas at different drying temperature. *LWT*, 161, 113394.
- Yan, P., Shen, C., Fan, L., Li, X., Zhang, L., Zhang, L., & Han, W. (2018). Tea planting affects soil acidification and nitrogen and phosphorus distribution in soil. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 254, 20-25.
- Yuan, Q., Hernández, M., Dumont, M. G., Rui, J., Scavino, A. F., & Conrad, R. (2018). Soil bacterial community mediates the effect of plant material on methanogenic decomposition of soil organic matter. *Soil Biology and Biochemistry*, 116, 99-109.
- Zhang, Q. C., Shamsi, I. H., Xu, D. T., Wang, G. H., Lin, X. Y., Jilani, G., ... & Chaudhry, A. N. (2012). Chemical fertilizer and organic manure inputs in soil exhibit a vice versa pattern of microbial community structure. *Applied Soil Ecology*, 57, 1-8.

