تأثیر افزودن ضایعات چای بر رشد و جذب مواد مغذی گیاه ذرت

مهدی شرفا [1*]، آزاده آبداری [2] و مصطفی مزرعتی [3]

۱-نویسنده مسئول، استاد، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: mshorafa@ut.ac.ir

۲-دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: azadeh.abdari@ut.ac.ir

۳-دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه مهندسی نساجی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه علوم و تحقیقات، تهران، ایران. رایانامه: mo.mazreati@gmail.com

چکیده

در این پژوهش، تأثیر مقادیر مختلف ضایعات چای (صفر، ۱، ۲ و ۴ درصد وزنی) بر رشد گیاه ذرت رقم هیبرید KSC704 در شرایط گلخانه‌ای مورد بررسی قرار گرفت. تیمارها به مدت ۶ ماه در شرایط انکوباسیون با دمای ۲۵ درجه سلسیوس و رطوبت حد ظرفیت مزرعه (۱۶٫۵درصد حجمی) نگهداری شدند و پس از آن جهت کشت گیاه ذرت در گلدان هایی با قطر ۱۲ سانتی‌متر و ارتفاع ۲۵ سانتی‌متر به گلخانه منتقل شده و از نظر شاخص‌های رشدی و تغذیه‌ای ارزیابی شدند. نتایج نشان داد که کاربرد ضایعات چای، به‌ویژه در تیمار ۴ درصد، موجب افزایش معنی‌دار در قطر ساقه، شاخص کلروفیل، وزن خشک اندام‌های هوایی و غلظت عناصر ریزمغذی مانند آهن، روی، فسفر و پتاسیم گردید. بنابراین، ضایعات چای می‌توانند به‌عنوان یک منبع آلی مؤثر در بهبود رشد و تغذیه گیاه ذرت مورد استفاده قرار گیرند.

کلمات کلیدی: انکوباسیون، خاک، ضایعات چای، گیاه ذرت

مقدمه

با رشد مصرف جهانی چای و افزایش تولید آن از سال ۲۰۱۷ به بعد، حجم ضایعات فرآوری‌شده آن شامل برگ، ساقه و جوانه‌های زائد نیز به‌طور چشمگیری افزایش یافته است (Daurah et al., 2024). این ضایعات که غالباً بدون مدیریت صحیح رها یا سوزانده می‌شوند، آلودگی‌های زیست‌محیطی به‌همراه دارند (Peiris et al., 2022). با توجه به ترکیبات آلی موجود در آن‌ها، کاربرد ضایعات چای به‌عنوان راهکاری برای مدیریت پسماند و بازیافت زیستی مطرح شده است (Debnath et al., 2022). ساختار فیبری این ضایعات، پتانسیل بهبود فرآیندهای زیستی خاک را دارند (Gao & Ogata, 2020). در حوزه تغذیه گیاهی نیز، کمبود عناصر غذایی یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده عملکرد محصولات کشاورزی محسوب می‌شود (Khamkar et al., 2011). همچنین استفاده بیش از حد از کودهای شیمیایی، پیامدهای زیست‌محیطی و بهداشتی دارد (Willgas et al., 2002). به‌همین دلیل، جایگزینی آن‌ها با منابع طبیعی مانند ضایعات کشاورزی رویکردی پایدار شناخته می‌شود (Verma et al., 2014). ضایعات چای با دارا بودن مواد آلی تجزیه‌پذیر، سبب بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی خاک می‌شوند (Sial et al., 2019) و در کاهش مصرف کودهای شیمیایی مؤثرند (Pandey, 2005). از طرفی، ذرت به‌عنوان سومین منبع کالری جهان پس از برنج و گندم، در تغذیه انسان و دام و نیز در تولید سوخت زیستی نقش کلیدی دارد (McMillen et al., 2022). این محصول در ایران نیز از اهمیت بالایی برخوردار بوده و ذرت رقم هیبریدی KSC704 به دلیل عملکرد بالا و دوره رشد مناسب، یکی از ارقام پرکشت در مناطق مختلف کشور محسوب می‌شود (خواجه‌پور، ۱۳۹۱؛ شیری، ۱۳۹۴).

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، خاک مورد استفاده از مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی دانشگاه تهران در کرج برداشت شده و ویژگی‌های فیزیکی وشیمیایی اولیه آن پیش از آزمایش اندازه‌گیری شد (جدول ۱). ضایعات چای (برگ، ساقه و چوب) حاصل از کارخانه‌های لاهیجان (جدول ۲) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و پس از یکنواخت‌سازی با الک ۴ میلی‌متری، در چهار سطح ۰، ۱، ۲ و ۴ درصد وزنی (معادل: صفر، ۳۰، ۶۰ و ۱۲۰ گرم ضایعات چای) به خاک لوم‌رسی افزوده شدند(Golub et al., 2018). برای هر تیمار، ۳ کیلوگرم خاک با مقدار معین ضایعات چای، مخلوط و در گلدان‌هایی با قطر ۱۲ و ارتفاع ۲۵ سانتی‌متر قرار داده شد. در این مطالعه، ۱۲ تیمار به مدت شش ماه تحت دمای ثابت ۲۵ درجه سلسیوس و رطوبت معادل ظرفیت مزرعه (۱۶٫۵ درصد حجمی) در انکوباسیون قرار گرفت. هر تیمار شامل ۳ تکرار بود که در مجموع در ۱۲ گلدان اعمال گردید و تمامی اندازه‌گیری‌ها با میانگین سه بوته در هر گلدان صورت گرفت.پس از انکوباسیون، بذر ذرت هیبریدی KSC704در گلدان ها کاشته شده و شاخص‌های رشد شامل ارتفاع ساقه، شاخص کلروفیل، قطر ساقه، وزن خشک اندام هوایی و ریشه، طول ریشه، و غلظت عناصر غذایی (Fe, Zn, P, K) در ریشه و اندام هوایی اندازه‌گیری شد. در تمام دوره رشد، رطوبت خاک در حد ظرفیت زراعی به‌روش وزنی حفظ گردید. همچنین، دمای اتاقک رشد حدود ۲۵ درجه سلسیوس و شدت نور در بازه‌ای بین ۱۴۰۰۰ تا ۱۵۰۰۰ لوکس تنظیم شد. در هفته دوم رشد، به هر ستون کشت، ۵٫۵ گرم پتاسیم خالص و ۴ گرم اوره که در ۱۲۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر حل شده بود، به میزان ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول داده شد. پس از گذشت دو ماه، گیاهان برداشت شده و شاخص‌های رشد اندازه‌گیری گردید. غلظت عناصر ریزمغذی آهن و روی در ریشه و اندام‌های هوایی گیاه ذرت با استفاده از روش خاکستر خشک و دستگاه جذب اتمی مدل Shimadzu AA 6400اندازه‌گیری شد و غلظت فسفر در اندام هوایی با روش رنگ‌سنجی زرد و پتاسیم با روش خاکستر خشک و فلیم‌فتومتر (ELEA) اندازه‌گیری شد.

جدول ۱: نتایج تجزیه خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک موردمطالعه

ویژگی	رس	سیلت	شن	بافت	pH	ECe	جرم مخصوص ظاهری	جرم مخصوص حقیقی	پتاسیم قابل جذب	نیتروژن کل	سدیم محلول	محلول	فسفر	کربنات کلسیم معادل	ماده آلی
واحد	٪	٪	٪	...	...	dS/m	g/cm3	g/cm3	mg/kg	٪	meq/l	meq/l	mg/kg	٪	٪
مقدار	۳۸	۳۰	۳۲	لوم رسی	۸/۱۱	۱/۲۷	۱/۴	۲/۵۷	۱۱۲/۰۵	۰/۱۲۴	۲/۱	۰/۳۶	۱۷/۴۵	۶/۵	۰/۸۵

جدول ۲: ویژگی‌های شیمیایی ضایعات چای مورداستفاده

ویژگی	pH	ECe	پتاسیم	نیتروژن	فسفر	آهن	روی
واحد	...	dS/m	٪	٪	٪	mg/kg	mg/kg
مقدار	۵/۷۵	۱/۸۲	۰/۷۹	۱/۹۳	۰/۱۷۱	۲۱۱/۷۱	۲۶/۵۰

نتایج و بحث

اثر ضایعات چای بر شاخص های رشد و تغذیه گیاه ذرت

نتایج تجزیه واریانس مربوط به شاخص‌های رشدی گیاه ذرت در جدول ۳ ارائه شده است. برای اندازه‌گیری ارتفاع ساقه، میانگین ارتفاع سه بوته در هرگلدان اندازه‌گیری شد. بر اساس داده‌ها، گرچه افزایش ارتفاع گیاه در برخی تیمارها مشاهده شد، اما این تفاوت‌ها در سطح یک درصد معنی‌دار نبود. ارتفاع میانگین بوته‌ها به‌ترتیب در تیمارهای شاهد، ۱، ۲ و ۴ درصد، برابر ۳۶، ۳۶/۶۶، ۴۳ و ۴۳ سانتی‌متر بود. تنها تیمار ۱ درصد توانست افزایش نسبی در ارتفاع ساقه ایجاد کند، در حالی‌که افزایش بیشتر ضایعات اثری افزایشی بر این شاخص نداشت. در بررسی تعداد برگ‌ها، تیمار ۴ درصد با میانگین ۸ عدد برگ بیشترین مقدار را نشان داد، در حالی‌که سایر تیمارها (شاهد، ۱ درصد و ۲ درصد) همگی دارای ۷ برگ بودند. این نتایج نشان می‌دهد که کاربرد ضایعات چای در سطوح بالاتر، می‌تواند توسعه ساختار هوایی گیاه را بهبود بخشد، یافته‌ای که با نتایج پاداشت دهکایی و غلامی (۱۳۸۸) هم‌خوانی دارد. برای قطر ساقه از هر بوته، سه بخش بالایی، میانی و پایینی ساقه اندازه‌گیری و میانگین آن گزارش شد. قطر ساقه در تیمارهای ۱، ۲ و ۴ درصد به ترتیب برابر۳/۷۴، ۳/۶۴ و۸/۵۲ میلی‌متردر حالی‌که

تیمار شاهد تنها۵/۱۹ میلی‌مترثبت شد. اگرچه اختلاف آماری معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشد، اما تیمار ۴ درصد بالاترین مقدار را نشان داد(شکل ۱). این یافته با پژوهش احمدی دهج و همکاران (۱۳۹۱) که افزایش قطر ساقه در اثر افزودن ضایعات چای را گزارش کرده‌اند، مطابقت دارد. همچنین، نتایج به‌دست آمده با پژوهش‌های پاداشت دهکایی و غلامی (۱۳۸۸) و محبوب خمامی و پاداشت دهکایی (۱۳۹۶) در خصوص اثر مثبت ضایعات چای بر تعداد برگ و قطر ساقه مطابقت دارد. برای اندازه‌گیری شاخص کلروفیل، از دستگاه SPAD 502 استفاده و قرائت‌ها پیش از برداشت انجام شد (Fox et al., 1994). تیمارها شامل تیمارهای شاهد۳۱/۰۶، یک درصد۳۵/۴۶، دو درصد۴۱/۲۶ و چهار درصد۴۷/۲۶ spad اندازه گیری شد. نتایج نشان داد که کاربرد ضایعات چای موجب افزایش نسبی مقدار کلروفیل در اندام هوایی شده است ومقادیر ثبت شده بیانگر تأثیر مثبت کلی ضایعات چای بر عملکرد فتوسنتزی گیاه ذرت می‌باشند. نتیجه‌ای که با مطالعه محبوب خمامی و پاداشت دهکایی (۱۳۹۶) در خصوص بهبود صفات فیزیولوژیک گیاه با استفاده از ضایعات چای هم‌راستا است. به‌منظور ارزیابی اثر ضایعات چای بر خصوصیات رشدی و تغذیه‌ای گیاه ذرت، طول ریشه و غلظت عناصر غذایی اندازه‌گیری شد. ریشه‌ها پس از جداسازی دقیق، از ستون‌های خاک، با خط‌کش اندازه‌گیری شدند(شکل ۲). طول ریشه به ترتیب در تیمارهای شاهد، ۱، ۲ و ۴ درصد: ۲۱/۶۶، ۲۲، ۲۵/۶۶ و۲۷ سانتی‌متر می‌باشد که نشان می‌دهد با توجه به افزایش درصدهای مختلف ضایعات چای طول ریشه‌ی گیاه ذرت بااینکه روند افزایشی از خود نشان می‌دهد اما ازنظر آماری معنی‌دار نمی باشد. احمدی دهج و همکاران (۱۳۹۱) گزارش کردند افزایش ضایعات چای گرچه موجب بهبود قطر ساقه می‌شود، اما می‌تواند رشد طولی ریشه را به‌دلیل هدایت الکتریکی بالای بستر محدود کند. پژوهش پاداشت دهکایی و غلامی (۱۳۸۸) بر گیاهان زینتی نیز نشان داد که کاربرد ضایعات چای موجب بهبود شاخص‌های رشدی می‌شود، هرچند در گونه‌های مختلف تأثیرات متفاوتی گزارش شده است.

شکل‌های ۱ و ۲- به ترتیب از سمت چپ در تیمارهای شاهد، ۱، ۲ و ۴ درصد ضایعات چای: (شکل ۱) اثر ضایعات چای بر صفات رشدی گیاه ذرت شامل تعداد برگ، ارتفاع و قطر ساقه. (شکل ۲) طول ریشه.

بر اساس نتایج جدول ۳، تیمارهای مختلف ضایعات چای تأثیر معنی‌داری بر غلظت آهن در اندام هوایی ذرت داشتند، به‌طوری‌که بیشترین مقدار آهن در تیمار ۴ درصد ۱۶۰/۷۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم مشاهده شد، در حالی‌که مقادیر در تیمارهای شاهد، ۱ و ۲ درصد به‌ترتیب ۷۲/۰۹، ۸۸/۱۳ و ۱۰۳/۳۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. اگرچه بین تیمارهای شاهد تا ۲ درصد تفاوت معنی‌داری وجود نداشت، اما تیمار ۴ درصد به‌طور معناداری سطح آهن را افزایش داد. همچنین، کاربرد ضایعات چای اثر معنی‌داری بر غلظت آهن در ریشه داشت، به‌طوری‌که مقادیر اندازه‌گیری‌شده به‌ترتیب برابر ۱۱۳۹/۰۷، ۱۵۰۱/۱۴، ۱۸۴۰/۳۴ و ۲۴۴۲/۳۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم برای تیمارهای شاهد تا ۴ درصد بود. این افزایش چشمگیر بیانگر نقش مؤثر ضایعات چای در بهبود تغذیه گیاه با عنصر آهن است. نتایج حاضر با مطالعه عابدینی و همکاران (۱۳۹۳) همخوانی دارد که تأثیر مثبت بسترهای آلی بر افزایش جذب ریزمغذی‌ها مانند آهن در گیاهان را گزارش کرده‌اند. . این یافته با نتایج فاضل تهرانی و همکاران (۱۳۹۶) هم‌راستا است که گزارش کردند کاربرد کمپوست چای می‌تواند به بهبود رشد در گیاهان منجر شود.

جدول ۳ : تجزیه واریانس تأثیر درصدهای ضایعات چای بر برخی شاخص های گیاه ذرت

		میانگین مربعات						
منابع تغییرات	درجه آزادی	تعداد برگ	ارتفاع ساقه(cm)	قطر ساقه(mm)	کلروفیل spad	طول ریشه(cm)	آهن اندام هوایی (mg/kg)	آهن ریشه(mg/kg)
ضایعات چای	۳	۰.۷۵**	۴۶.۹۷۲۲۲۲ns	۱۵.۵۵۵۹۱۹**	۱۴۸.۶۸**	۲۱.۱۹۴۴۴۴ns	۴۴۷۰.۲۸۹۳۱۱*	۹۲۱۱۵۹.۷۷**
خطا	۸	۰.۰۱	۳.۲۵۸۱۸۹	۹.۸۹۲۳۷۲	۹۴.۶۵۰۳۹۸	۱.۱۳۵۴۱۷	۴.۸۴۲۷۰۶	۱۳.۷۱۹۷۲
ضریب تغییرات ٪		۴.۰۳	۹.۵۵	۱۴.۱۳	۳.۲۳	۱۷.۹	۲۲.۳	۱۴.۹

* و ** معنی دار در سطح احتمال آماری ۵ و ۱ درصد و ns اختلاف آماری غیر معنی دار

نتایج جدول ۴ نشان داد که کاربرد سطوح مختلف ضایعات چای تأثیر معنی‌داری بر غلظت فسفر و پتاسیم در اندام هوایی و ریشه ذرت داشت. همچنین، غلظت عنصر روی در اندام هوایی نیز تحت تأثیر تیمارها قرار گرفت و این اثر در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. مقادیر روی در اندام هوایی از کمترین تا بیشترین، به‌ترتیب در تیمار شاهد، ۱ درصد، ۲ درصد و ۴ درصد، برابر با ۲۱/۲۶، ۲۹/۹۸، ۳۸/۵۶ و ۷۶/۱۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. گرچه بین تیمارهای شاهد تا ۲ درصد تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد، اما تیمار ۴ درصد به‌طور معناداری بالاترین غلظت روی را داشت. در مورد غلظت روی در ریشه، هرچند تفاوت آماری معنی‌داری ثبت نشد، اما روند افزایشی مشهود بود. مقادیر به‌ترتیب در تیمارهای شاهد تا ۴ درصد، برابر با ۳۲/۵۴، ۳۷/۸۳، ۴۴/۴۷ و ۵۸/۱۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. نتایج حاضر با یافته‌های Arisha و همکاران(2003) مطابقت دارد که نشان دادند کاربرد کودهای زیستی از طریق تولید اسیدهای آلی و کاهش pH خاک، به افزایش دسترسی عناصر ریزمغذی مانند آهن و روی کمک می‌کند. در مقابل Rex (2000) نشان داد که افزایش اسیدیته خاک منجر به کاهش جذب عناصر فلزی نظیر مس و روی می‌شود. اگرچه اثر آماری ضایعات چای بر غلظت فسفر اندام هوایی معنی‌دار نبود، اما روند افزایشی واضحی بین تیمارها مشاهده گردید. مقادیر فسفر در اندام هوایی در تیمارهای شاهد، ۱، ۲ و ۴ درصد به‌ترتیب برابر ۰/۱۵۴، ۰/۱۶۳، ۰/۱۶۶ و ۰/۲۱۳ درصد بود. تنها تیمار ۴ درصد به‌طور نسبی در گروه آماری جداگانه قرار گرفت. در مقابل، غلظت فسفر در ریشه تحت تأثیر ضایعات چای به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. مقادیر اندازه‌گیری‌شده در تیمارهای شاهد، ۱ درصد، ۲ درصد و ۴ درصد، به‌ترتیب برابر با ۰/۱۰۹، ۰/۱۴۵، ۰/۱۶۵ و ۰/۱۷۱ درصد بود. این نتایج با یافته‌هایی که عنوان کردند مواد آلی با افزایش حلالیت فسفر و کاهش تثبیت آن در خاک، باعث بهبود جذب فسفر توسط گیاه می‌شوند هم‌راستا است (Khan and Joergensen, 2009). همچنین، Hashemabadi و همکاران (2012) نیز گزارش کردند کاربرد کودهای آلی بر روی گیاه جعفری باعث افزایش غلظت فسفر در گیاه و بستر کشت می‌گردد. مطالعه ای بر روی گیاه شمعدانی نشان داد که استفاده از کودهای زیستی و آلی می‌تواند جذب فسفر را به‌طور مؤثری افزایش دهد (Chand et al., 2011). در این پژوهش نیز، افزایش درصد ضایعات چای منجر به افزایش غلظت فسفر در بافت‌های گیاهی شد که بیانگر بهبود کارایی جذب این عنصر است. در بررسی پتاسیم اندام هوایی، مقادیر به‌ترتیب در تیمارهای ۱ درصد، شاهد، ۲ درصد و ۴ درصد برابر با ۳/۷۹، ۳/۸۴، ۴/۰۲ و ۴/۱۵ درصد بود که حاکی از روند افزایشی پتاسیم با افزایش ضایعات چای است. در مقابل، پتاسیم ریشه تحت تأثیر معنی‌دار آماری قرار نگرفت، به‌طوری‌که مقادیر در تیمارهای شاهد،۱ درصد، ۲ درصد و ۴ درصد به‌ترتیب ۲/۳۷، ۲/۳۷، ۲/۵۰ و ۲/۹۳ درصد بود. اگرچه افزایش نسبی مشاهده شد، اما اختلاف میان تیمارهای ۱ درصد و شاهد، همچنین بین ۲ و ۴ درصد، از نظر آماری معنی‌دار نبود. درحقیقت افزایش پتاسیم می‌تواند با بهبود فرآیندهای فیزیولوژیکی و ارتقاء مقاومت گیاه در ارتباط باشد. این یافته‌ها با مطالعه کاظمی و همکاران (۱۳۹۳) مطابقت دارد که در آن تأکید شد کاربرد ضایعات چای سبب بهبود وضعیت تغذیه‌ای عناصر ماکرو در گیاهان می‌شود. به‌طور کلی، استفاده از ضایعات چای نه‌تنها موجب بهبود صفات کمی، بلکه به ارتقاء کیفیت گیاه ذرت نیز منجر می‌شود (محبوب خمامی و پاداشت دهکایی، ۱۳۸۸). همچنین، پژوهش‌های Arisha و همکاران(2003) و Rex (2000) نیز بار دیگر بر نقش اصلاح اسیدیته خاک و افزایش دسترسی عناصر غذایی در اثر کاربرد مواد آلی تأکید کرده‌اند، امری که می‌تواند دلیل افزایش غلظت عناصر کلیدی نظیر پتاسیم، فسفر، روی و آهن در حضور ضایعات چای باشد. درپژوهشی حضور مواد آلی و باکتری‌های حل‌کننده فسفات در بستر کاشت، با کاهش اسیدیته ناحیه ریزوسفر، موجب افزایش فسفر در برگ و بستر کاشت شد (Ezz et al., 2011). در حقیقت، مواد آلی با افزایش حلالیت فسفر و کاهش تثبیت آن، می‌توانند جذب این عنصر را تا سطحی معادل کودهای شیمیایی افزایش دهند (Khan and Joergensen, 2009). مطالعات محققین دیگر نیز نتایج مشابهی را نشان داد، به‌گونه‌ای که استفاده از ضایعات چای، سبب افزایش جذب فسفر و ارتقاء کیفیت بستر می شود (Chand et al., 2011). از سوی دیگرکاربرد مستمر ضایعات چای و کمپوست باعث افزایش کربن آلی، بهبود ساختار فیزیکی خاک، کاهش هدایت حرارتی، افزایش ظرفیت نگهداری آب و مقاومت در برابر فرسایش می شود (Vidana et al., 2025). این یافته‌ها نشان می‌دهد که ضایعات چای می‌توانند در ارتقاء پایداری خاک و مدیریت آن در شرایط اقلیمی متغیر، نقش کلیدی ایفا کنند.

جدول ۴ : تجزیه واریانس تأثیر درصدهای ضایعات چای بر برخی شاخص های گیاه ذرت

		میانگین مربعات					
منابع تغییرات	درجه آزادی	روی اندام هوایی (mg/kg)	روی ریشه (mg/kg)	فسفر اندام هوایی ٪	فسفر ریشه ٪	پتاسیم اندام هوایی ٪	پتاسیم ریشه ٪
ضایعات چای	۳	۱۷۵۰۸۶۲**	۳۶۷.۲۸۰۹ns	۰.۰۰۲۱۲۵ns	۰.۰۰۲۳۰۸*	۰.۰۸۱۸۳۱**	۰.۲۱۱۲۲۲ns
خطا	۸	۲۱.۷۷۹۳۰۳	۱.۷۰۲۰۷۸	۳.۱۷۸۸۲۲	۵.۶۶۷۵۵۴	۸.۷۸۳۲۴۴	۲.۸۸۴۵۶۴
ضریب تغییرات ٪		۲۱.۶	۳.۳	۱۳.۸	۱۸.۲	۲.۸	۱۰.۶

* و ** معنی دار در سطح احتمال آماری ۵ و ۱ درصد و ns اختلاف آماری غیر معنی دار

نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد که افزودن ضایعات چای به خاک تاثیرات مثبت و معناداری بر رشد و توسعه‌ی گیاه ذرت رقم هیبرید KSC704 داشته است. به‌طور کلی سبب افزایش تعداد برگ‌ها و شاخص کلروفیل در گیاه ذرت شده است که نشان‌دهنده‌ی بهبود عملکرد فتوسنتزی گیاه است. استفاده از ضایعات چای موجب افزایش قطر ساقه گیاه ذرت شده که می‌تواند بهبود کیفیت و مقاومت گیاه را تأمین کند. سبب افزایش غلظت عناصر: آهن، فسفر و پتاسیم در گیاه ذرت شده است که نقش مهمی در تغذیه گیاه و افزایش مقاومت آن در برابر بیماری‌ها دارد. با توجه به این نتایج، استفاده از ضایعات چای به‌عنوان یک ماده آلی در کشاورزی، می‌تواند یک راهکار پایدار و مؤثر برای بهبود کیفیت خاک و افزایش بهره‌وری گیاهان زراعی باشد. با توجه به رشد روزافزون مصرف چای و انباشت ضایعات ناشی از آن، نیاز به مدیریت بهینه این ضایعات و ابداع روش‌های نوین برای بهره‌برداری از آن‌ها به عنوان منابع ارزشمند، بیش از پیش احساس می‌شود. ضایعات چای حاوی ترکیبات مفیدی هستند که می‌توانند به عنوان ابزارهایی مؤثر در فرآیندهای پاکسازی محیط زیست مورد استفاده قرار گیرند و به بهبود خصوصیات وکیفیت خاک کمک کنند.

منابع

۱. احمدی دهج،م. قا سم نژاد،م. زواره،م. شیری، م.۱۳۹۱. تأثیر ضایعات چای و زئولیت به‌عنوان ب ستر ک شت بدون خاک بر ر شد و کیفیت میوه گوجه‌فرنگی. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار.جلد ۲۲ شماره ی دو، ۵۶-۶۵.

۲. پاداشت دهکایی، م. ن.، غلامی، م. ۱۳۸۸ . تـاثیربـسترهای کـشت مختلـف در رشـد گیـاه گلـدانی دراسـنا (Ait marginata Dracaena)وپـافیلی (Beaucarnea recurvata Lem)، مجله به زراعی نهال و بذر، جلد ۲ -۲۵.شماره‌ی ۱. ۸-۱.

۴. شیری،م. ۱۳۹۴.دستورالعمل فنی تولید بذر هیبرید ذرت سینگل کراس ۷۰۴.سازمان جهاد کشاورزی، نشریه دستورالعمل فنی تولید بذر هیبرید ذرت سینگل کراس ۷۰۴،شماره،۳۷، نوبت اول، ۲۴-۱.

۵. عابدینی آبکسری،ح. هاشم آبادی ،د . کاویانی، ب . ۱۳۹۳.اثر تلقیح ریشه با باکتری‌های حل‌کننده فسفات در بسترهای مختلف کاشت بر برخی شاخص‌های فیزیولوژیک و غلظت عنا صر غذایی میکرو در گیاه شمعدانی پیچ، (Pelargonium peltatum cv. Red blizard). ن شریه فیزیولوژی محیطی گیاهی، سال نهم، شماره ۳۶، زمستان ۱۳۹۳، ۷۰-۵۸.

۶. فاضل تهرانی،ح. ایلکایی،م. مصطفوی،خ.۱۳۹۶. مطالعه تاثیراسید هیومیک و کمپوست چای بر خصوصیات برگ ریحان. مجله علمی پژوهشی زراعت و اصلاح نباتات،جلد۱۳،شماره‌ی۴،زمستان۱۳۹۶، ۶۵-۷۳.

۷. کاشـی،ع.۱۳۷۲. اثر دور آبیاری و کاربرد ضـایعات چای روی صـفات کمی و کیفی هندوانه چارلسـتون گری.مجله‌ی علوم کشـاورزی ایران،دوره‌ی۲،شماره‌ی۱، ۲۷۶-۲۸۸.

۸. محبوب خمامی، ع.، پاداشت دهکایی، م. ن. ۱۳۸۸ .اثر آزولای کمپوست شده در بسترهای مختلف کشت ب ـر رش ـد و ترکی ـب عناص ـر غـذایی در گیـاه فیکـوس بنجامین ابلق رقم استارلایت. مجله به زراعی نهال و بذر۲-۲۵(۴)،۴۱۷-۴۳۰.

9. Arisha, H. M. E., Gad, A. A., & Younes, S. E. (2003). Response of some pepper cultivars to organic and mineral nitrogen fertilizers under sandy soil condition. *Zagazig Journal of Agricultural Research, 30*, 1875-1899.
10. Chand, S., Pandey, A., Anwar, M., & Patra, D. D. (2011). Influence of integrated supply of vermicompost, biofertilizer, and inorganic fertilizer on productivity and quality of rose scented geranium (Pelargonium species). *Indian Journal of Natural Products and Resources, 2*(3), 375-382.

11. Daurah, P., Haldar, D., Singhania, R. R., Dong, C. D., Patel, A. K., & Purkait, M. K. (2024). Sustainable management of tea wastes: resource recovery and conversion techniques. *Critical Reviews in Biotechnology*, *44*(2), 255-274.
12. Debnath, B., Haldar, D., & Purkait, M. K. (2022). Environmental remediation by tea waste and its derivative products: A review on present status and technological advancements. *Chemosphere*, *300*, 134480.
13. Ezz, T. M., Aly, M. A., Saad, M. M., & El-Shaieb, F. (2011). Comparative study between bio and phosphorus fertilization on growth, yield, and fruit quality of banana (Musa spp.) grown on sandy soil. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*.
14. Fox, R. H., Piekielek, W. P., & Macneal, K. M. (1994). Using a chlorophyll meter to predict nitrogen fertilizer need of winter wheat. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, *25*, 171-181.
15. Gao, P., & Ogata, Y. (2020). CHAMU: An effective approach for improving the recycling of tea waste. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 711, No. 1, p. 012024). IOP Publishing.
16. Hashemabadi, D., Zaredost, F., Barari Ziyabari, M., Zarchini, M., Kaviani, B., Jadid Solimandarabi, M., Mohammadi Torkashvand, A., & Zarchini, S. (2012). Influence of phosphate bio-fertilizer on quantity and quality features of marigold (Tagetes erecta L.). *Australian Journal of Crop Science*, *6*(6), 1101-1109.
17. Khan, K. S., & Joergensen, R. G. (2009). Changes in microbial biomass and P fractions in biogenic household waste compost amended with inorganic P fertilizers. *Bioresource Technology*, *100*, 303-309.
18. Pandey, R. (2005). Management of Meloidogyne incognita in Artemisia pallens with bio-organics. *Phytoparasitica*, *33*(3), 304-308.
19. Peiris, C., Wathudura, P. D., Gunatilake, S. R., Gajanayake, B., Wewalwela, J. J., Abeysundara, S., & Vithanage, M. (2022). Effect of acid modified tea-waste biochar on crop productivity of red onion (Allium cepa L.). *Chemosphere*, *288*, 132551.
20. Rex, M. (2000). Blastfurnace and steel slags as liming materials for sustainable agricultural production. *European Slag Conference, EUROSLAG Publication*, 1, 137-149.
21. Sial, T., Liu, J., Zhao, Y., Khan, M., Lan, Z., Zhang, J., Kumbhar, F., Akhtar, K., & Rajpar, I. (2019). Co-application of milk tea waste and NPK fertilizers to improve sandy soil biochemical properties and wheat growth. *Molecules*, *24*, 423.
22. Verma, J. P., Yadav, J., Tiwari, K. N., & Jaiswal, D. K. (2014). Evaluation of plant growth promoting activities of microbial strains and their effect on growth and yield of chickpea (Cicer arietinum L.) in India. *Soil Biology and Biochemistry*, *70*, 33-37.
23. Vidana Gamage, D. N., Peiris, T., Kasthuriarachchi, I., Mohotti, K. M., & Biswas, A. (2025). Enhancing soil resilience to climate change: Long-term effects of organic amendments on soil thermal and physical properties in tea-cultivated Ultisols. *Sustainability*, *17*(3), 1184.

Effect of Tea Waste Addition on the Growth and Nutrient Uptake of KSC704 Hybrid Maize

Mahdi Shorafa *, Azadeh Abdari and Mostafa Mazreati

1. Corresponding author, Professor, Department of Soil Science and Engineering, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. Email: mshorafa@ut.ac.ir
2. M.Sc. Graduate, Department of Soil Science and Engineering, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. Email: azadeh.abdari@ut.ac.ir
3. M.Sc. Graduate, Department of Textile Engineering, Faculty of Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. Email: mo.mazreati@gmail.com

Abstract

This study investigated the effect of different levels of tea waste (0, 1, 2, and 4% w/w) on the growth of KSC704 hybrid maize under greenhouse conditions. The treatments were incubated for six months at 25°C and soil moisture maintained at field capacity (16.5% volumetric), after which maize plants were cultivated in pots (12 cm diameter and 25 cm height) and evaluated for growth and nutritional indicators. The results showed that the application of tea waste, especially at the 4% level, significantly increased stem diameter, chlorophyll index, dry weight of aerial parts, and the concentration of micronutrients such as iron, zinc, phosphorus, and potassium. Therefore, tea waste can be considered an effective organic amendment for enhancing the growth and nutrient uptake of maize plants.

Keywords: **Incubation, Soil, Tea waste, Maize plant**