یافته های نوین کشاورزی
سال یازدهم- شماره۱- پاییز ۱۳۹۵

تامین مقادیر مختلف آب و کاربرد سطوح مختلف کود نیتروژن و پتاسیم بر خصوصیات کمی و کیفی چای ترش

حلیمه پیری*، استادیار، گروه مهندسی آب، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل

چکیده

امروزه تغییر الگوی کاشت به سمت اهمیت گیاهان مقاوم به کم‌آبی برای مقابله با خشکی مطرح شده است. یکی از این گیاهان مقاوم به خشکی گیاه چای ترش می‌باشد. در این تحقیق اثر سطوح مختلف آب آبیاری، کود نیتروژن و کود پتاسیم بر چای ترش مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش به صورت طرح کرت‌های دوبار خرد شده با چهار سطح آب آبیاری (I1، I2، I3 و I4 به ترتیب معادل۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ ٪ نیازآبی‌گیاه) و سه سطح نیتروژن(N1، N2 و N3به ترتیب معادل ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ ٪ نیازکودی نیتروژن) در کرت های فرعی و سه سطح پتاسیم(K1، K2 وK3 به ترتیب معادل ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ ٪ نیازکودی پتاسیم) در کرت های فرعی فرعی قرار گرفتند. صفات ارتفاع گیاه، وزن کپسول، عملکرد خشک، مقدار آنتوسیانین و بهره‌وری آب آبیاری مورد سنجش و اندازه‌گیری قرار گرفت. نتایج نشان داد اثرات ساده آب آبیاری و کود پتاسیم در سطح احتمال یک و پنج درصد بر تمامی صفات اندازه‌گیری شده و کود نیتروژن بر تمامی صفات به غیر از بهره‌وری آب آبیاری معنی‌دار گردید. بیشترین عملکرد از تیمارهای ۱۰۰٪ مصرف کود و ۱۰۰٪ نیاز آبی به دست آمد اما از این نظر بین تیمار ۱۰۰ و ۷۵٪ نیاز آبی تأثیر معنی‌دار مشاهده نشد. بیشترین بهره‌وری آب آبیاری در تیمار ۷۵٪ نیاز آبی و ۱۰۰٪ مصرف کود نیتروژن و پتاسیم به دست آمد اما از این نظر بین تیمارهای مختلف کود نیتروژن تفاوت معنی‌دار حاصل نشد. بنابراین با توجه به وضعیت آب منطقه و کاهش منابع آبی به‌کار بردن ۷۵٪ نیاز آبی باعث صرفه‌جویی در مصرف آب می‌گردد بدون آن که تأثیر معنی‌دار در کاهش عملکرد داشته باشد. همچنین با توجه به شرایط آب و هوایی خشک منطقه سیستان استفاده از کود پتاسیم و نیتروژن می‌تواند باعث تعدیل خسارات ناشی از تنش خشکی در چای ترش شود.

واژه های کلیدی: بهره‌وری آب آبیاری، عملکرد خشک، آنتوسیانین

---

* نویسنده مسئول: E-mai :h_piri2880@uoz.ac.ir

تاریخ دریافت مقاله: ۹۷/۰۲/۲۲ تاریخ پذیرش مقاله: ۹۷/۰۹/۱۵

مقدمه

خشکی یکی از مهمترین مشکلات تولید گیاهان زراعی در جهان به‌ویژه مناطق خشک و نیمه خشک نظیر ایران می‌باشد (۳۰). محدودیت شدید آب و هزینه بالای تأمین و انتقال آن سبب می‌شود که در برخی مواقع یا مناطق از دیدگاه اقتصادی سطح بهینه آبیاری کمتر از اندازه مورد نیاز برای تولید حداکثر عملکرد باشد. اعمال مدیریت صحیح آبیاری و کاشت گیاهان مقاوم به خشکی، به منظور حفظ ذخیره رطوبتی خاک و افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک ازجمله اقدامات مؤثر برای افزایش بازدهی مصرف آبیاری و در نتیجه بهبود بهره‌برداری از منابع محدود آب کشور می‌باشد. امروزه کشت گیاهان مقاوم به خشکی به عنوان راهکاری برای مقابله با خشکی مطرح شده است. چای ترش یکی از گیاهان کم‌نیاز و مقاوم به خشکی است (۵).

چای ترش با نام علمی *Hibiscus sabdariffa* متعلق به خانواده *Malvaceae* و بومی افریقا بوده، در تمام مناطق استوایی و گرم کشت می‌شود و به عنوان گیاهی دارویی مورد توجه است (۷). این گیاه دو منظوره است که به منظور استفاده خوراکی (کاسبرگ) و با استفاده از الیاف یا چوب، یا هر دو نوع مورد کشت و کار قرار می‌گیرد (۲). از برگ آن به عنوان سبزی خوراکی، از دانه‌های آن به عنوان یک منبع غنی از پروتئین و از کاسبرگ‌های آن برای تهیه نوشیدنی‌های مختلف، بستنی، شکلات و کیک استفاده می‌شود (۹). تنش خشکی و شوری دو عامل اصلی جهت کاهش عملکرد ۵۰٪ از محصولات زراعی می‌باشند (۳۱).

باباتند و موفرکی (۲۰۰۶) در آزمایشی بر روی چای ترش با ۵ دور آبیاری به فاصله، ۵، ۷، ۹ و ۱۱ روز یک بار گزارش کردند با افزایش میزان آب آبیاری عملکرد افزایش پیدا کرد و بالاترین عملکرد از آبیاری هر هفته یک بار به دست آمد. ال بورای و همکاران (۲۰۰۹) در تحقیقی به این نتیجه رسیدند بالاترین عملکرد چای ترش در شرایط آبیاری با میزان‌های مختلف، در آبیاری با ۱۰۰٪ تبخیر و تعرق گیاه می‌باشد. علاوه بر کمبود آب، کمبود نیتروژن مورد نیاز می‌تواند فشار مضاعفی را بر رشد و عملکرد گیاه وارد آورد. نیتروژن عنصر ضروری برای رشد بوده و تغییر در مقادیر قابل دسترس آن به‌ویژه در شرایط تنش آب عملکرد گیاه را به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد. مقدار نیتروژن قابل دسترس بر توزیع مقدار مواد فتوسنتزی بین اندام‌های رویشی و زایشی مؤثر بوده و مراحل فنولوژیکی رشد و نمو در اثر کمبود نیتروژن به تأخیر می‌افتد. از این رو تعیین مقدار بهینه نیتروژن و واکنش کمی و کیفی گیاه به این نهاده پرمصرف در اکوسیستم‌های زراعی کشور بسیار مهم است (۲۷).

مصرف کود شیمیایی بیشتر منجر به افزایش هدر روی آن و سرانجام آلودگی منابع زیست محیطی می‌شود. بنابراین ارائه روش‌هایی به منظور کنترل مصرف کودهای شیمیایی و افزایش تأثیرگذاری آن‌ها در کنار حصول به عملکرد مناسب به‌ویژه در زمین‌های زراعی دارای بافت سبک مهم می‌باشد.

از آنجایی در کشور ما نزولات جوی کم و منابع آبی محـدود می‌باشد، استفاده بهینه از آب موجود کاملا ضروری اسـت و بایـد از حداقل آب حداکثر بهره‌برداری صورت پذیرد. تحقیقات نشان داده است ضمن اعمال کم آبیاری، با مصرف صحیح کودهای شیمیایی، می‌توان مقاومت گیاهان به خشکی و نیز رانـدمان تولیـد محصـولات کشاورزی را افزایش داد (۱۱). در تحقیقی تأثیر سطوح مختلف نیتروژن روی گیاه صبر زرد مورد بررسی قرار گرفت.کود نیتروژن باعث افزایش وزن تر برگ‌ها، کل بیوماس و سرعت رشد گیاه صبر زرد گردید (۱۵).

در پژوهشی دیگر اعلام شد، مصرف کود نیتروژن در ازدیاد بذر گیاهان داروئی با اهمیت می‌باشد (۱). رییسی سربیژن و همکاران (۲۰۰۵) تأثیر محلول پاشی نیتروژن و روی را بر صفات کمی چای ترش مورد بررسی قرار دادند. نتیجه تحقیق آن‌ها نشان داد محلول پاشی روی و نیتروژن باعث افزایش عملکرد چای ترش می‌شود. اوکسون و همکاران (۲۰۰٦) در تحقیق خود به این نتیجه رسیدند کود نیتروژن و فسفر تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر عملکرد چای ترش دارد. گنجعلی و همکاران (۲۰۱٦) عملکرد چای ترش را در سطوح مختلف کود پتاسیم به عنوان عامل اصلی و کود فسفر و نیتروژن به عنوان عامل فرعی در منطقه سراوان مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند کود فسفر و پتاسیم می‌تواند نقش موثری در کاهش عملکرد چای ترش در شرایط آب و هوایی سراوان داشته باشد. اکنبی و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و فسفر و پتاس ۱۰-۱۰-۲۰ به همراه ۵ تن در هکتار کمپوست باعث افزایش عملکرد کمی و کیفی چای ترش می‌گردد. کود پتاسیم بر خلاف کودهای نیتروژن و فسفر، نقش ساختمانی در گیاه ندارد ولی با توجه به نقش‌های آنزیمی و کوانزیمی در گیاه، عنصر اساسی برای گیاه است. پتاسیم باعث افزایش تولید و بهبود کیفیت محصول می‌شود. پتاسیم کارآیی مصرف آب را افزایش می‌دهد (۱۷).

مهمترین بخش تأمین‌کننده پتاسیم مورد نیاز گیاه پتاسیم محلول در خاک است. نمک‌های پتاسیم به ایجاد پتانسیل اسمزی مناسب در درون سلول‌ها کمک می‌کند (۱۳). با توجه به رشد جمعیـت جهـان، محـدودیت اراضی کشاورزی و آب، هزینه بالای ناشی از استفاده از این منـابع و افزایش آلودگی محیط زیست در اثـر اسـتفاده بـی‌رویـه از کودهـای شیمیایی، لازم است تا مدیریت استفاده از آب وکود به گونه‌ای باشد تا با توجه به حداقل خسارت وارده، حداکثر محصول و درآمد به دست آید (۱٤). در حال حاضر بیشترین سطح زیر کشت چای ترش مربوط به استان سیستان و بلوچستان، با سطح زیر کشت ۳۰۰ هکتار و تولید سالانه ۲۹۰ تن می‌باشد (۳).

هدف از این تحقیق تعیین اثر سطوح مختلف نیتروژن و پتاسیم در شرایط تنش آبی به منظور افزایش عملکرد کمی گیاه چای ترش در منطقه سیستان می‌باشد.

مواد و روش ها

این تحقیق در ۱۸ اردیبهشت ماه سال زراعی ۱۳۹٦ در مزرعه تحقیقات کشاورزی واقع در شهر زهک در منطقه سیستان در استان سیستان و بلوچستان در ٦۱ درجه و ٦۷ دقیقه طول شرقی و ۳۰ درجه و ۸۹ دقیقه عرض شمالی و ارتفاع ٤۸۰ متر از سطح دریا انجام گرفت. منطقه مطالعاتی دارای اقلیم گرم و خشک بوده، میزان بارندگی آن در سال کمتر از ٦۰ میلی‌متر می‌باشد.

جدول۱: میانگین درجه حرارت و بارندگی منطقه در فصل زراعی مورد نظر

پارامتر ماه	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان
درجه حرارت C	۲٦/٤	۳٤	۳۷/۳	۳۷/٤	۳۵/۳	۳۲	۲٦/۱
بارندگی(mm)	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰

به‌منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از مراحل آماده‌سازی زمین نمونه‌های مرکب خاک از اعماق ۳۰-۰ سانتی‌متر و ٦۰-۳۰ سانتی‌متری خاک برداشت و برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن‌ها تعیین شد (جدول۲).

مقادیر متوسط برخی خصوصیات آب آبیاری در تیمارهای مختلف نیز در جدول ۳ آورده شده است.

جدول۲: برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه تحقیقاتی

سال	عمق نمونه برداری	درصد سیلت	درصد شن	درصد رس	بافت خاک	pH	EC (dsm^{-})	پتاسیم قابل جذب (ppm)	فسفر قابل جذب (ppm)	کربن آلی(٪)
اول	۳۰-۰	۱۸	٦۸	۱٤	شن لوم	۷/٤	۱/۵	۲۵۰	٤/۲	۰/۷۵
	٦۰-۳۰	۱٦	۷۰	۱۵	شن لوم	۷/۸	۱/۳	۲۳۸	۵/۲	۰/٦۱

جدول۳: مقادیر خصوصیات شیمیایی آب آبیاری

نمونه آب	pH	EC (dsm^{-1})	SAR	کاتیون‌ها ($meqlit^{-1}$)				آنیون‌ها ($meqlit^{-1}$)		
				Ca	Mg	Na	K	$HCo3^{-}$	Cl	$So4^{-}$
S1	۷/٦	۰/٦	۲/۱	۱/۸	۱/۲	۲/٦	۰/۰٤	۳/۲	۰/۷	۱/٦

تحقیق حاضر در قالب طرح کرت‌های دوبارخرد شده به صورت بلوک کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. تیمارها شامل چهار سطح میزان آب آبیاری (I1، I2، I3 و I4 به ترتیب معادل۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰٪ نیازآبی‌گیاه مرجع) و سه سطح نیتروژن (N1، N2 و N3 به ترتیب معادل ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ ٪ نیازکودی

نیتروژن) به عنوان کرت فرعی و سه سطح پتاسیم (K1، K2 و K3به ترتیب معادل ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ ٪ نیازکودی پتاسیم) به عنوان کرت فرعی فرعی بود. ابعاد کرت‌ها ٤ ×۳ (متر در متر) و فاصله کرت‌ها از یکدیگر ۱ متر در نظر گرفته شد. در هر کرت تعداد ۵ جوی و پشته احداث و بذرها در عمق ۳ سانتیمتری از خاک و به فاصله ۲۵ سانتی متر از یکدیگر روی ردیف ها کشت شدند. فاصله بین ردیف های گیاهی ۷۵ سانتی متر در نظر گرفته شد. کود نیتروژن از منبع اوره به صورت سرک در سه مرحله یک سوم همزمان با کاشت، یک سوم مرحله رویشی(ساقه دهی) و یک سوم زمان گلدهی(۵۰ ٪ گلدهی گیاه) در سه سطح ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب معادل ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ ٪ نیازکودی نیتروژن، کود پتاسیم از نوع سولفات پتاسیم همزمان با کاشت در سه سطح ۷۵، ۱۱۲/۵ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب معادل ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ ٪ نیازکودی پتاسیم و کود فسفر از نوع سوپرفسفات تریپل به مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار همزمان با کاشت به خاک اضافه گردید. جهت تعیین حجم آب مورد نیاز برای آبیاری از تبخیر و تعرق گیاه مرجع و با استفاده از رابطه زیر استفاده گردید (۲۸):

$$ET_0 = K_p \times E_p \quad (۱)$$

ET_0: تبخیر و تعرق گیاه مرجع

Kp: ضریب تشت تبخیر(۰/۷)

Ep: تبخیر از تشت

پس از تعیین تبخیر و تعرق گیاه مرجع و با در نظر گرفتن راندمان آبیاری ۸۰٪ برای پخش آب در مزرعه، مقدار آب آبیاری در هر تیمار تعیین و با استفاده از کنتورهای نصب شده بر روی هر یک از لوله‌های آبرسان اندازه‌گیری و در اختیار گیاه قرار گرفت. حجم آب سایر تیمارها بر اساس این حجم تعیین و اعمال گردید.

بهره‌وری مصرف آب آبیاری(IWUE)

عبارت است از: نسبت محصول تولید شده به آب آبیاری. از رابطه (۲) به دست آمد (۲۳).

$$IWUE = \frac{Y}{IR} \quad (۲)$$

که در آن: IWUE: بهره‌وری مصرف‌آب‌آبیاری Y: مقدار محصول برداشت شده

IR (kg/ha): مقدار آب‌آبیاری (مترمکعب)

نمونه‌برداری گیاهی

پس از پایان دوره رشد گیاه (۱۷ آبان ۱۳۹٦)، به منظور اندازه‌گیری ارتفاع گیاه، وزن کپسول، عملکرد خشک کاسبرگ و بهره‌وری مصرف آب آبیاری، از سطحی معادل ٤ متر مربع گیاهان از وسط هر کرت با حذف اثر حاشیه برداشت و پس از خشک کردن در هوای آزاد توزین شدند.

در پایان داده‌های اندازه‌گیری شده با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 مورد تجزیه و تحلیل و میانگین‌ها با آزمون دانکن مورد مقایسه قرار گرفتند.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده در جدول ٤ آورده شده است. نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر مقدار آب آبیاری، مقدار کود نیتروژن و پتاسیم بر پارامترهای اندازه‌گیری شده در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. اثر متقابل آب آبیاری و کود نیتروژن در سطح احتمال یک درصد بر پارامترهای ارتفاع و عملکرد خشک کاسبرگ معنی‌دار بود اما بر وزن کپسول و بهره‌وری آب آبیاری تأثیر معنی دار نداشت. اثر متقابل آب آبیاری و کود پتاسیم فقط بر ارتفاع گیاه تأثیر معنی‌دار داشت. اثر متقابل کودها و اثرات متقابل سه گانه آب آبیاری، کود نیتروژن و کود پتاسیم بر هیچ یک از پارامترها تأثیر معنی‌دار نداشت. اثر تکرار بر صفات اندازه‌گیری شده معنی‌دار نبود که نشان‌دهنده شرایط یکنواخت آزمایش برای همه تکرارها بوده است (جدول٤).

جدول٤: نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات و درجه آزادی) صفات اندازه‌گیری شده

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		آنتوسیانین	ارتفاع	وزن کپسول	عملکرد خشک کاسبرگ	بهره‌وری‌آب‌آبیاری
R	۲	۱/۲ ns	۲/٤٦ns	٥/۳۸ ns	۷٥/۷٤ ns	۰/۰۰۰۷ ns
A (آبیاری)	۳	۰/٥۸ **	۸۸٦٤/٦ **	۷۱٥۸/۰٦ **	۲۳۲۳٤۹ **	۰/۰۰۹۸ **
خطای a	٦	۰/۹۸	۳/٥۸	۱٦/٥	۷۳/۹٥	۰/۰۰۰۷
B (نیتروژن)	۲	۰/۰۷ **	۱۸۳۹/۷ **	۱٥۲۹/۱ **	۷٥٤۷۸ **	۰/۰۰۰٦ ns
A*B	٦	۰/۰۹ *	٦۰/۸ **	۲۰/۳۸ **	۲٤۰۱/۱ **	۰/۰۰۰۷ *
خطای b	۱٦	۰/۰۰٦	٤/۳	۱٥/٥	۹٦/٤	۰/۰۰۱٦
C (پتاسیم)	۲	۰/۰٥ *	۱۹٥۷/۸ **	۱۳۹٤/٦ **	٦۷۰٥۳ **	۰/۰۰٥٦ *
A*C	٦	۰/٦٥ *	۲۲/۲ **	۱۱/٥۷ *	۲۱۹/۱٤ *	۰/۰۰۲٦
B*C	٤	۰/۳٤ ns	۳/۹ *	۷/٥۷ *	٦۲/۹٦ *	۰/۰۰۰۸ *
A*B*C	۱۲	۰/۰۰٤ ns	۳/۱ ns	۳/٥٦ ns	۲۰۲/۷۱ *	۰/۰۰۰۷ ns
خطای c	٤۸	۱/۲	٤/٦۸	۹/۲٥	۱۰۷/۸۱	۰/۰۰۲
ضریب تغییرات(٪)		۱/۲۱	۱/۳۹	۲/۱۲	۱/۹۷	۰/۹۷

**، * و ns: به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪، ٥٪ و غیر معنی‌دار

ارتفاع بوته

مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده در جدول ۵ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌گردد با کاهش میزان آب آبیاری ارتفاع گیاه کاهش می‌یابد و از این نظر بین تیمارهای مختلف آب آبیاری در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار وجود داشت. بیشترین مقدار ارتفاع از تیمار ۱۰۰٪ نیاز آبی (۱۷٦/۹۷ سانتی‌متر) و کمترین آن از تیمار ۲۵٪ نیاز آبی (۱۳۲/٦۳ سانتی‌متر) به دست آمد. اما از این نظر بین تیمار ۱۰۰ و ۷۵٪ نیاز آبی تفاوت معنی دار مشاهده نگردید. می‌توان گفت آب اضافی در تیمار عدم تنش(۱۰۰٪ نیاز آبی) باعث شستشوی مواد و عناصر غذایی شده و یا این‌که هوای خاک در محیط ریشه محدود بوده و ریشه نتوانسته تنفس خوبی را داشته باشد. کاهش عملکرد گیاه در شرایط خشکی می‌تواند به دلیل کاهش سطح فتوسنتز کننده، کاهش تولید کلروفیل، افزایش انرژی مصرفی گیاه جهت بالا بردن غلظت شیره سلولی و تغییر در مسیرهای تنفسی و فعال شدن مسیر پنتوز فسفات و یا افزایش حجم ریشه و غیره باشد. تأثیر خشکی بر هر یک از اجزای عملکرد می‌تواند در نهایت منجر به تغییر در عملکرد کاسبرگ تولیدی در چای ترش شود (۲۵).

کاهش مقدار کود نیتروژن باعث کاهش ارتفاع گیاه گردید. بیشترین مقدار آن در تیمار ۱۰۰٪ کود نیتروژن (۱٦۲/۵ سانتی‌متر) و کمترین آن در تیمار ۵۰٪ کود نیتروژن (۱٤۷/۲ سانتی‌متر) حاصل گردید. کاهش مقدار کود پتاسیم از ۱۰۰٪ نیاز کودی به ۵۰٪ آن نیز باعث کاهش ارتفاع گیاه شد و از این نظر بین تیمارهای مختلف در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌دار وجود داشت. اثرات متقابل آب آبیاری و کود نیتروژن نشان داد با کاهش مقدار آب آبیاری و کود نیتروژن ارتفاع کاهش یافت (جدول٦). افزایش مقدار نیتروژن در سطوح مختلف آبی باعث افزایش ارتفاع می‌گردد. در تیمار ۷۵ ٪ نیاز آبی و استفاده ۱۰۰ درصدی از کود نیتروژن نسبت به تیمار ۱۰۰٪ نیاز آبی و استفاده ۷۵ درصدی از کود نیتروژن، می‌توان مشاهده کرد ارتفاع بیشتر افزایش داشته است و این نشان می‌دهد استفاده از سطوح کودی بیشتر در شرایط تنش خشکی می‌تواند اثرات تنش را کاهش دهد. اثرات متقابل کود پتاسیم و آب آبیاری نیز در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار داشت(جدول۷).

با کاهش مقدار کود پتاسیم و آب آبیاری ارتفاع نیز کاهش یافت. در اینجا نیز در سطح آبی ۷۵٪ و سطح کودی ۱۰۰٪ نسبت به سطح آبی ۱۰۰٪ و سطح کودی ۷۵٪ ارتفاع افزایش یافت. اثر متقابل کود پتاسیم و کود نیتروژن نشان داد با کاهش مقدار نیتروژن مصرفی و کود پتاسیم اندازه ارتفاع گیاه کاهش یافت و از این نظر بین تیمارهای متخلف در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار وجود داشت (جدول۸).

جدول۵: مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده

تیمارهای آزمایشی		آنتوسیانین (میکرومول بر گرم)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	وزن کپسول (کیلوگرم در گیاه)	عملکرد خشک کاسبرگ (کیلوگرم در هکتار)	بهره‌وری آب آبیاری (کیلوگرم‌برمترمکعب‌درهکتار)
مقدار آب آبیاری	٪۱۰۰ نیازآبی	۰/۳۱ d	۱۷٦/۹۷ a	۱٦٥/٦ a	۸٤۷/۷۳ a	۰/۰٤۹ c
	٪۷۵ نیازآبی	۰/٤٦ c	۱٦۷/۱۳ab	۱۵۹/٤۷ ab	۷۹۲/۲ ab	۰/۰۹٦ a
	٪۵۰ نیازآبی	۰/۵۷b	۱٤۸/۵۲ c	۱۳٤/۰٤ c	٦۸۷/٦۳ c	۰/۰۷٤ b
	٪۲۵ نیازآبی	۰/٦ a	۱۳۲/٦۳ d	۱۲٦/۵۱ d	٦۱۷/۱٤ d	۰/۰٦٦ bc
مقدار کود نیتروژن	٪۱۰۰	۰/٤۲c	۱٦۲/۵ a	۱۵۰/۷۳ a	۷۷۵/۷۳ a	۰/۰۷ a
	٪۷۵	۰/۵۵b	۱۵۵/۰۸ b	۱٤۳/۰۳ b	۷۲٤/۵٦ b	۰/۰۷۵ a
	٪۵۰	۰/٦۸a	۱٤۷/۲ c	۱۳٦/٦۲ c	٦۷۸/٦۱ c	۰/۰۷ a
مقدار کود پتاسیم	٪۱۰۰	۰/۲۸c	۱٦۲/٤۸ a	۱٤۹/۸ a	۷٦۸/٦۳ a	۰/۰۸۸ a
	٪۷۵	۰/۳٦b	۱۵٤/۷۵ b	۱٤۳/۳ b	۷۲۸/۱۹ b	۰/۰٦٦ b
	٪۵۰	۰/٤۸a	۱٤۷/۵٦ c	۱۳۷/۲۸ c	٦۸۱/۳۵ c	۰/۰٦۲ b

میانگین‌های دارای حروف یکسان بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال۵٪ اختلاف معنی‌دار ندارند

جدول٦: مقایسه میانگین اثرات متقابل مقدارآب آبیاری و کود نیتروژن (A×B)

مقدار آب آبیاری	مقدار کود نیتروژن	آنتوسیانین (میکرومول بر گرم)	ارتفاع (سانتی‌متر)	وزن کپسول (کیلوگرم در گیاه)	عملکرد خشک کاسبرگ (کیلوگرم در هکتار)	بهره‌وری آب آبیاری (کیلوگرم‌برمترمکعب‌درهکتار)
٪۱۰۰ نیازآبی	٪۱۰۰	۰/۲۸g	۱۸۵/٤٦a	۱۷۲/۹۸a	۸۹۸/۸۱a	۰/۰۵۱bc
	٪۷۵	۰/٤۱e	۱۷۰/٤۱c	۱٦۳/۹۸b	۸۵۰/۰۵b	۰/۰۵bc
	٪۵۰	۰/٦c	۱٦٦/۸۸d	۱۵٦/۷c	۷٦۸/۱۱d	۰/۰٤۵c
٪۷۵ نیازآبی	٪۱۰۰	۰/۳٤f	۱۷۵/۸b	۱۵۷/۸۷c	۸۲٦/۲۲c	۰/۰۹۳a
	٪۷۵	۰/۵۲d	۱٦۳/۲٤e	۱٤۸/۹۵d	ev٤۷	۰/۰۸۸ba
	٪۵۰	۰/۷۳b	۱۵٤/۳۱g	۱۳۹/۳۸e	۷۱۱/۱۱g	۰/۰۷۹bac
٪۵۰ نیازآبی	٪۱۰۰	۰/٤۸ed	۱۵۷/۸٤f	۱۳۹/۱۵e	۷۲۳/٤٤f	۰/۰٦۸bac
	٪۷۵	۰/٦۱c	۱٤٦/۵h	۱۳٤/۱۲f	٦۸۳h	۰/۰٦٤bac
	٪۵۰	۰/۸۲a	۱٤۱/۲۲i	۱۲۸/۸٦g	٦۵٦/٤٤i	۰/۰٦۲bac
٪۲۵ نیازآبی	٪۱۰۰	۰/۵٦d	۱۳۵/۹۱j	۱۳۳f	٦۵٤/٤٤j	۰/۰۵۸bac
	٪۷۵	۰/۷۳b	۱۳۵/۱۷k	۱۲۵/۰۵h	٦۱۸/۲۲k	۰/۰٦۹bac
	٪۵۰	۰/۸۷a	۱۲٦/۸۱l	۱۲۱/٤۸i	۵۷۸/۷۷l	۰/۰۷۵bac

میانگین‌های دارای حروف یکسان بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال۵٪ اختلاف معنی‌دار ندارند

جدول۷: مقایسه میانگین اثرات متقابل مقدار آب آبیاری و کود پتاسیم (A×C)

مقدار آب آبیاری	مقدار کود پتاسیم	آنتوسیانین (میکرومول بر گرم)	ارتفاع (سانتی‌متر)	وزن کپسول (کیلوگرم در گیاه)	عملکرد خشک کاسبرگ (کیلوگرم در هکتار)	بهره‌وری آب آبیاری (کیلوگرم‌برمترمکعب‌درهکتار)
۱۰۰٪ نیازآبی	٪۱۰۰	۰/۲۲g	۱۸٤/٦٥a	۱۷۲/۰٦a	۸۸۰/۷٥a	۰/۰٥۱d
	٪۷٥	۰/۳۱f	۱۷۱/۳۱ c	۱٦٤/٥۸b	۸٤٤/۲۳b	۰/۰٤۹d
	٪٥۰	۰/٤۱ed	۱٦٦/٤d	۱٥۷/۰۷c	۷۹۱/۹٦d	۰/۰٤۷d
۷٥٪ نیازآبی	٪۱۰۰	۰/۳۱f	۱۷٦/۳٥ b	۱٥٥/۷۸c	۸۰۲/۲۲c	۰/۱۲٦a
	٪۷٥	۰/٤۸d	۱٦۲/۳٥e	۱٤۸/۳٦d	۷٦٤/۸۸e	۰/۱۰٥Ba
	٪٥۰	۰/٥٦c	۱٥٤/٦۱g	۱٤۱/۹۸e	۷۱۷/۲۲g	۰/۰۹٥ba
٥۰٪ نیازآبی	٪۱۰۰	۰/۳۹e	۱٥٥/۳۳f	۱۳۹/۳۷f	۷۲٥/۸۸f	۰/۰۷۸bc
	٪۷٥	۰/٥٥c	۱٤۸/۱۷h	۱۳٤/۱۸g	٦۹٤/۲۲h	۰/۰۷٥bc
	٪٥۰	۰/٦۷ab	۱٤۲/۰٥i	۱۳۱/۹۷h	٦٤۲/۷۷j	۰/۰۷۱bc
۲٥٪ نیازآبی	٪۱۰۰	۰/٤٤d	۱۳۸/٥۸j	۱۲۸/٥۷i	٦٦٥/٦٦i	۰/۰٦۸c
	٪۷٥	۰/٦۲b	۱۳۲/۱٥k	۱۲٦/۰٥j	٦۱۲/۳۳k	۰/۰٦٥c
	٪٥۰	۰/۷۳a	۱۲۷/۱٥l	۱۲۱/٥۱k	٥۷۳/٤٤l	۰/۰٦۱c

میانگین‌های دارای حروف یکسان بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال٥٪ اختلاف معنی‌دار ندارند

جدول۸: مقایسه میانگین اثرات متقابل مقدار کود نیتروژن و کود پتاسیم (B×C)

مقدار کود نیتروژن	مقدار کود پتاسیم	ارتفاع (سانتی‌متر)	وزن کپسول (کیلوگرم در گیاه)	عملکرد خشک کاسبرگ (کیلوگرم در هکتار)	بهره‌وری آب آبیاری (کیلوگرم‌برمترمکعب‌درهکتار)
٪۱۰۰	٪۱۰۰	۱۷۰/۱a	۱٥۷/۸a	۸۱۷/۸۱a	۰/۰۷٤ b
	٪۷٥	۱٦۲/٥۷b	۱٥۰/۳٥b	۷۸۰/۲b	۰/۰۷۱ b
	٪٥۰	۱٥٤/۸۳e	۱٤٤/۰۱c	۷۲۹/٦٦d	۰/۰٦٦ c
٪۷٥	٪۱۰۰	۱٦۲/۱٤c	۱٤۹/۷b	۷٦۸/۷٥c	۰/۰۹۷ a
	٪۷٥	۱٥٥/۳٥ed	۱٤۲/۸d	۷۲٦/۰٦e	۰/۰٦٥ c
	٪٥۰	۱٤۷/۷٥f	۱۳٦/٥e	٦۸۰/٥g	۰/۰٦۱ c
٪٥۰	٪۱۰۰	۱٥٥/۲d	۱٤۱/۸۹d	۷۱۹/۳۳f	۰/۰۹۱ a
	٪۷٥	۱٤٦/۳۲g	۱۳٦/۷٤e	٦۷۸/۸۹h	۰/۰٦۲ c
	٪٥۰	۱٤۰/۱h	۱۳۱/۲٤f	٦۳٦i	۰/۰٥۸ c

میانگین‌های دارای حروف یکسان بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال٥٪ اختلاف معنی‌دار ندارند

وزن کپسول گیاه

مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده نشان داد اثر مقدار آب آبیاری، کود نیتروژن و کود پتاسیم در سطح احتمال پنج درصد بر وزن کپسول گیاه معنی‌دار می‌باشد (جدول٥). با کاهش مقدار آب آبیاری،

وزن کپسول گیاه کاهش یافت اما از این نظر بین تیمار ۱۰۰٪ نیاز آبی گیاه با تیمار ۷۵٪ نیاز آبی تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد. با کاهش مقدار کود نیتروژن و کود پتاسیم وزن کپسول گیاه کاهش یافت. اثر متقابل آب آبیاری و کود نیتروژن نشان داد با کاهش میزان آب آبیاری و کود نیتروژن مصرفی، وزن کپسول گیاه کاهش یافت. همچنین نتایج نشان داد در سطوح تنش خشکی افزایش مقدار نیتروژن مصرفی، وزن کپسول گیاه را افزایش می‌دهد و اثر تنش خشکی کاهش می‌یابد (جدول ٦). اثر متقابل آب آبیاری و کود پتاسیم نیز نشان داد با کاهش مقدار کود مصرفی اثرات تنش آبی در گیاه افزایش یافت و باعث کاهش وزن کپسول گیاه شد (جدول۷). اثر متقابل کود پتاسیم و کود نیتروژن نشان داد با کاهش مقادیر کود مصرفی وزن کپسول گیاه کاهش می‌یابد (جدول۸).

عملکرد خشک کاسبرگ

مقایسه میانگین عملکرد خشک نشان داد در تیمارهای مختلف در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار وجود دارد (جدول۵). با کاهش میزان آب آبیاری عملکرد خشک کاهش یافت اما از این نظر بین تیمار ۱۰۰ و ۷۵ ٪ نیاز آبی اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد. با افزایش شدت تنش، وزن خشک کاسبرگ نسبت به شاهد کاهش نشان داد. برای به وجود آمدن کپسول به تبع آن افزایش وزن کاسبرگ، گیاه نیاز به رشد رویشی مناسب و تولید اندام‌های تشکیل‌دهنده آن در مراحل مختلف رشد رویشی و زایشی دارد. تأثیر خشکی بر هر یک از اجزای عملکرد می‌تواند در نهایت منجر به تغییر در عملکرد کاسبرگ تولیدی در چای ترش شود. کاهش میزا ن عملکرد بر اثر افزایش خشکی مربوط به کاهش ارتفاع گیاه، کاهش سطح برگ و افزایش اختصاص مواد فتوسنتزی به ریشه نسبت به بخش هوایی گیاه است (۲۵). با کاهش مقادیر کود مصرفی پتاسیم و نیتروژن نیز مقدار عملکرد کاهش یافت و مشخص گردید بیشترین مقدار عملکرد در تیمارهای ۱۰۰ ٪ نیاز کودی به دست می‌آید. تحقیقات نشان داده است کود نیتروژن باعث افزایش وزن تر برگ‌ها، وزن تر و خشک کاسبرگ،کل بیوماس و سرعت رشد گیاه می‌گردد (۲۰). اثر متقابل آب آبیاری و کود نیتروژن نشان داد با کاهش آب آبیاری و کود نیتروژن مقدار عملکرد خشک کاسبرگ کاهش یافت. همچنین مشاهده گردید در تیمارهای دارای تنش آبی مصرف بیشترکود نیتروژن اثرات تنش را کاهش داد (جدول٦). در شرایط آبیاری مطلوب با افزایش میزان نیتروژن عملکرد خشک کاسبرگ افزایش یافت. اما در شرایط تنش ملایم و شدید رطوبتی افزایش کاربرد کود نیتروژن تا حدودی باعث افزایش تحمل گیاه در برابر تأثیر منفی کمبود آب بر عملکرد گیاه می‌شود، به عبارتی کاربرد مقادیر مناسب کود نیتروژن می‌تواند مقابله با تنش آبی را در گیاه افزایش دهد.

در صورت کمبود شدید رطوبت خاک جذب نیتروژن توسط گیاه دچار اختلال می گردد و نیتروژن مورد نیاز برای مراحل بحرانی رشد حتی در صورت افزایش نیترات خاک فراهم نمی‌گردد و در نتیجه عملکرد

کاهش می‌یابد، آبیاری سبب افزایش جذب نیتروژن می‌شود و افزایش تنش آب به خودی خود توانایی گیاه را از نظر استخراج نیترات خاک محدود می‌سازد . خزاعی و همکاران (۲۰۰۵) نیز بیان داشتند بالا بودن درصد نیتروژن برگ در شرایط تنش تا یک میزانی می‌تواند باعث افزایش عملکرد شود و پس از آن عملکرد ثابت بوده یا کاهش می‌یابد که به نظر می‌رسد افزایش بیش از حد کلروفیل برگ در این شرایط کارآمد نبوده و عملکرد توسط سایر عوامل محدود کننده کاهش می‌یابد. این نتایج با نتایج و همکاران (۲۰۰٤) مطابقت دارد. اثرات متقابل آب آبیاری و کود پتاسیم نیز نشان داد با کاهش آب آبیاری و کود پتاسیم مقدار عملکرد خشک کاسبرگ کاهش یافت و مصرف بیشترکود پتاسیم در سطوح تنش آبی تا حدودی می‌تواند اثرات تنش آبی را کاهش دهد (جدول۷). اثرات متقابل کود نیتروژن و پتاسیم نشان داد با کاهش مقادیر کودهای مصرفی مورد نیاز گیاه، عملکرد خشک کاسبرگ کاهش یافت. در سطوح پایین نیتروژن می‌توان با افزایش مصرف کود پتاسیم اثرات کاهش نیتروژن را تا حدودی جبران نمود (جدول۸). در بین عناصر غذایی، نیتروژن بیشترین راندمان تولید را داراست و به‌طور همزمان فتوسنتز و کلروفیل را تحریک می‌کند، متابولیسم را افزایش می‌دهد و تراوش برخی از اسیدها از ریشه را تسهیل می‌کند. این وضعیت جذب دیگر عناصر را آسان می‌کند (۳۳).

نیتروژن و پتاسیم از عناصر پر مصرف هستند که نقش‌های متعدد ساختاری در سلول و عملکرد کاتالیتیک آنزیم های دخیل در متابولیسم دارند (٦). نیتروژن نقش اساسی و مهمی در ساخت پروتئین گیاه و تشکیل سلول‌های گیاهی دارد و کمبود نیتروژن مانع فرایندهای رشد گردیده و باعث کوتاه ماندن از رشد و کاهش ماده خشک در گیاه می‌گردد. پتاسیم تحمل گیاه را نسبت به تنش‌های محیطی بیشتر و تولید نشاسته و کربوهیدرات را افزایش و همچنین استحکام گیاه را افزایش داده و برای رشد بهینه مقدار مطلوب آن مورد نیاز است (۲۲).

آنتوسیانین

آنتوسیانین یک ترکیب فلاونوئید است که به مقدار زیاد در کاسبرگ‌های چای ترش وجود دارد (۲۹). مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده نشان داد مقدار آب آبیاری، کود نیتروژن و کود پتاسیم تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بر مقدار آنتوسیانین داشت (جدول ۵). با کاهش مقدار آب آبیاری مقدار آنتوسیانین افزایش یافت. بیشترین مقدار آن در تنش ۲۵٪ نیاز آبی گیاه (۰/٦ میکرومول بر گرم) و کمترین آن در ۱۰۰٪ نیاز آبی گیاه (۰/۳۱ میکرومول بر گرم) به‌دست آمد. کاهش مقدار کود نیتروژن و پتاسیم نیز باعث افزایش مقدار آنتوسیانین گردید. ساخته‌شدن آنتوسیانین و تجمع آن در بافت‌های گیاهی تحت تأثیر عامل‌های مختلفی از جمله میزان هیدرات‌های کربن موجود در بافت‌ها قرار می‌گیرد (۲٦). به عبارت دیگر توسعهٔ رنگدانه‌های یاخته و ساخت آنتوسیانین با بالا رفتن میزان کربوهیدرات‌ها نسبت

مستقیم داشته و هر عاملی که بتواند روی افزایش، جذب یا ساخته شدن قندها مؤثر باشد، باعث افزایش میزان آنتوسیانین کل در گیاه می‌شود (۳۲). به دلیل این که آنتوسیانین جزو ترکیبات فالونوئیدی است، تجمع مواد فنلی حساس به تنش عناصر غذایی بوده و میزان کل فنل با کاهش میزان نیتروژن محیط افزایش می‌یابد. بنابراین میزان‌های اضافی نیتروژن به‌طور معمول رشد را تحریک کرده و از تولید فنل جلوگیری می‌کند و باعث کاهش مقدار آنتوسیانین می‌گردد.

اثر متقابل آب آبیاری و کود نیتروژن نشان داد با کاهش مقدار آب آبیاری و کود نیتروژن مقدار آنتوسیانین افزایش یافت. بیشترین مقدار آنتوسیانین در تیمار ۲۵٪ نیاز آبی گیاه و ۵۰٪ مقدار کود نیتروژن (۰/۸۷ میکرومول بر گرم) به دست آمد (جدول٦). اثر متقابل آب آبیاری و کود پتاسیم نیز نشان داد با کاهش مقدار آب آبیاری و کود پتاسیم مقدار آنتوسیانین افزایش یافت (جدول۷). همان‌طور که از جدول ٦ و ۷ مشاهده می‌گردد تأثیر کود نیتروژن بر افزایش آنتوسیانین بیشتر از تأثیر پتاسیم بوده است. علی‌رغم معنی‌دار بودن اثرات ساده کود نیتروژن و پتاسیم بر مقدار آنتوسیانین، اثرات متقابل این دو کود بر مقدار آنتوسیانین معنی‌دار نبود. رییسی سربیژن و همکاران (۲۰۱٦) نیز در تحقیق خود راجع به اثر محلول پاشی روی و نیتروژن بر روی گیاه چای ترش به نتایج مشابه رسیدند.

بهره‌وری آب آبیاری

مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده نشان داد بین بهره‌وری آب در تیمارهای مختلف اختلاف معنیدار در سطح احتمال پنج درصد وجود داشت. با کاهش میزان آب آبیاری مقدار بهره‌وری آب آبیاری افزایش یافت. بیشترین مقدار بهره‌وری آب آبیاری در تیمار ۷۵٪ نیاز آبی(۰/۰۷٦ کیلوگرم بر متر مکعب در هکتار) و کمترین آن در تیمار ۲۵٪ نیازآبی (۰/۰٤٦ کیلوگرم بر متر مکعب درهکتار) به دست آمد.

همان گونه که مشاهده می‌گردد کاهش آب آبیاری از تیمار ۵۰٪ به تیمار ۲۵٪ نیازآبی باعث افزایش بهره‌وری نگردید که علت آن را می‌توان کاهش بیشتر عملکرد در این تیمار نسبت به تیمار ۵۰٪ نیازآبی دانست. کاهش مقدار کود نیتروژن باعث کاهش بهره‌وری آب آبیاری گردید اما از این نظر بین تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد. کاهش مقادیر مصرفی کود پتاسیم نیز باعث کاهش بهره‌وری آب آبیاری گردید اما از این نظر بین تیمار ۷۵٪ و ۵۰٪ نیاز پتاسیم تفاوت معنی‌دار مشاهده نگردید (جدول۵). اثرات متقابل آب آبیاری و کود نیتروژن نشان داد با کاهش میزان آب آبیاری و افزایش سطح کود نیتروژن بهره‌وری افزایش می‌یابد.

بیشترین مقدار بهره‌وری در سطح آبیاری ۷۵٪ و سطح کودی ۱۰۰ نیتروژن (۰/۰۷۳ کیلوگرم بر متر مکعب در هکتار) و کمترین آن در ۱۰۰٪ نیاز آبی و مصرف ۵۰٪ کود نیتروژن (۰/۰۲۵ کیلوگرم بر متر مکعب در هکتار) به‌دست آمد (جدول٦). اثرات متقابل آب آبیاری و کود پتاسیم نشان داد با کاهش میزان آب

آبیاری و افزایش مقدار پتاسیم بهره‌وری آب آبیاری افزایش می‌یابد. بیشترین مقدار بهره‌وری آب آبیاری در سطح آبیاری ۷۵٪ و سطح کودی ۱۰۰٪ پتاسیم (۰/۱۰٦ کیلوگرم بر متر مکعب در هکتار) و کمترین آن در ۱۰۰٪ نیاز آبی و مصرف ۵۰ ٪ کود پتاسیم (۰/۰۲۷ کیلوگرم بر متر مکعب در هکتار) حاصل شد (جدول۷). اثرات متقابل کود پتاسیم و کود نیتروژن نشان داد با کاهش مقدار کود نیتروژن و افزایش مقدار کود پتاسیم بهره‌وری آب آبیاری افزایش یافت. بیشترین مقدار آن در تیمار ۷۵٪ کود نیتروژن و ۱۰۰٪ کود پتاسیم (۰/۰۷۷ کیلوگرم بر متر مکعب در هکتار) به دست آمد اما از این نظر بین این تیمار با تیمار ۵۰ کود نیتروژن و ۱۰۰ ٪ کود پتاسیم (۰/۰۷۱ کیلوگرم بر متر مکعب در هکتار) تفاوت معنی دار مشاهده نشد.

نتیجه گیری

در شرایط کم آبیاری، گیاه در طی فصل رشد با شدت‌ها و مدت‌های متفاوتی دچار تنش آبی می شود. وجود این تنش تغییراتی را در پاسخ گیاه به مصرف کود نیتروژن و پتاسیم به وجود می‌آورد که همواره یکسان نیست و در مواردی غیر قابل پیش بینی است. نتایج این تحقیق نشان داد، هرچه میزان سطح کودی نیتروژن و پتاسیم و مقدار آب آبیاری بیشتر می‌شود، رشد و عملکرد و صفات کمی چای ترش نیز بیشتر می‌شود. بیشترین عملکرد در تیمار ۱۰۰٪ نیاز آبی و تیمار کودی ۱۰۰٪ مصرف کود نیتروژن و پتاسیم به دست آمد. تیمار ۷۵٪ نیاز آبی مناسب‌ترین تیمار از لحاظ بهره‌وری آب آبیاری بود. در این تحقیق با این‌که مقدار آب آبیاری تا حد ۱۰۰٪ نیاز آبی باعث افزایش پارامترهای عملکرد گیاه گردید ولی اختلاف عملکرد این تیمار با تیمار ۷۵ ٪ نیاز آبی معنی‌دار نگردید. لذا با توجه به افزایش بهره‌وری آب در تنش‌های آبی، می‌توان با اعمال تنش آبی به گیاه به‌خصوص در مراحل غیرحساس و یا در طول فصل رشد مقدار بهره‌وری آب آبیاری را افزایش داد و با توجه به وضعیت آب موجود در منطقه و کاهش منابع آبی به‌کار بردن ۷۵٪ نیاز آبی توصیه می‌گردد. همچنین در بین تیمارهای کودی، تیمار کودی ۷۵٪ مصرف کود نیتروژن و ۱۰۰٪ کود پتاسیم در سطوح مختلف آبی دارای بهره‌وری آب آبیاری بیشتری نسبت به سایر تیمارها بود. از آنجایی که سیستان منطقه‌ای مناسب جهت رشد چای ترش می‌باشد و با توجه به اهمیت دارویی این گیاه، پیشنهاد می‌گردد تحقیقات بیشتری در زمینه کاشت این گیاه در منطقه انجام گیرد.

منابع

1- Abbaszadeh B. 2005. The effect of different nitrogen fritelizer and and the used methods of essential oil of lemon balm. (In Persian, with English Abstract). MA thesis, University of Karaj.

2- Abid-Askari, solangi, Ms. 1995. Autecological studies of exotic plant Hibiscus sabdariffa L. (Roselle), a multipurpose plant, for is introduction and culture. Pakistan Journal of Scientific and Industrial Research. 38:1, 17-21; 13ref.

3- Agriculture Organization of Sistan and Baluchestan Province of Iran. 2014. *Sb-agrijahad.ir*

4- Akanbi W.B., Oaniyn A.B., Togum A.O., Ilupeju A.E.O., and Olairan O.A. 2009. The effect of organic fertilizer on growth, calyx yield and quality of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). Amrican Eurasian Journal of Sustainable Agricalture, 3(4): 652-657.

5- Akbarinia, A., Ghalavand, A., Sefidkan, F., Rezaee, M. B. and Sharifi Ashoorabadi, A. 2003. Investigating the Effects of Chemical Fertilizers, Animals and Combination on the Performance and Composition of Essential Oil Seeds. (In Persian, with English Abstract). Research and Development, 16(4):32-41.

6- Akhtar, M. S. & Siddiqui, Z. A. 2009. Effect of phosphate solubilizing microorganisms and Rhizobium sp. On the growth, nodulation, yield and root- rot disease complex of chickpea under field condition. African Journal of Biotechnology, 8(15), 3489-3496.

7- Aziz, E., Gad, N., and Badran, N.M. 2007. Effect of cobalt and nickel on plant growth, yield and flavonoids content of Hibiscus sabdariffa L. Australian Journal of Basic Applied Sciences 1(2): 73-78.

8- Babatunde, F. E. and Mofoke, A. L. E. 2006. Performance of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) as Influenced by irrigation schedules, Pakistan Journal of Nutrition S(4): 363-367.

9- Delgado-vargas, F., A.R. Jimenez and O. Paredes-Lopez, 2000. Natural pigments: carotenoids, anthocyanins, and betalins- characteristics, biosyntheses, processing, and stability: critical Reviews in Food Science and Nutrition, 40(3): 173- 289.

10- EL-Boraie, FOM., A. M. Gaber and Abdel-Rahman, G. 2009. Optimizing irrigation schedule to maximize water use efficincy of Hibiscus sabdariff under shalation condition, Word Journal of Agricultural Science S (4): 505-514.

11- Faraji H., Siadat A., Fathi Gh., and Gilani A. 2000. Effect of split application of nitrogen fertilizer on yield and yield components of two rice varieties improved environmental conditions in Ahvaz. (In Persian, with English Abstract). Proceedings of the Sixth Congress of Agronomy and Plant Breeding.University of Mazandaran, Babolsar6-13 Shahryvar.pp 344.

12- Ganjali, H., Kamali Deljo, A., Aziziyan Sherme, a. 2016. Growth Characteristics and Performance of roselle at Different Levels Nitrogen, Phosphor and potassium in Saravan weather conditions. (In Persian, with English Abstract). Ecology of Plants, 13(1):29-37.

13- Ibrahim MM, Hossein RM .2006. Variability, habitability and genetic advance in some genotypes of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). World Journal of Agricultural Sciences 2(3): 340-345.

14- Imam Y. 2011. Cereal Crop.Fourth Edition.Shiraz University Press. 190 pages

15- Ji-dong W., Zhao-pu L., Qing-song Z., Ling L., and Feng-zhi P., 2006. Effects of different nitrogen levels on seedling growth, nitrat and its secondary metabolites in Aloe veraL. Seeding. Plant Nutrition and fertilizer sciences, 12 (6):864-868.

16- Khazaei, H., Mohammad Abadi, A.A. and Brzuyi, u. 2005. Study of morphological and physiological traits of millet types in different irrigation regimes, Iranian Journal of Crop Research, 3(1):35-44.

17- Maksoud S. A. and Hosni H. A. 1997. Distribution of Urease in the seeds of some Egyption species of Malvaceae and Tiliaceae. Egyption Journal of Botany. 70: 2, 285-297; 23ref.

18- Megyes, A. Ratonyi, T. and Huzsvai, L. 2004. The effect of fertilization and irrigation on maize (Zea mays L.) production, www.date.hu/acta-agraria.

19- Mousavi-Fazl, S. H., Alizadeh, A. Ansari, H., Rezvani Moghadam, p. 2016. The effect of low irrigation and potassium fertilizer on root dynamics, yield and its components in different cultivars of forage sorghum. (In Persian, with English Abstract). Water Research in Agriculture, 30(1):26-38.

20- Raisi Sarbizhan, AS, Boroumand, N., Zaher Aara, T. 2015. The Effect of Nitrogen and Zinc Spraying on Quantitative Traits of roselle in Jiroft Region. (In Persian, with English Abstract). Horticulture, 30(1):93-101.

21- Rodrigues, L. 2006. Drought and drought stress on south Texas Landscape Plants. San. Antonio Express News. Avilable at (http: bexar-Tx. T. Tam. edu.

22-Pahlavan M, ForghaniA, Kiekha A .2006. Preparation of Sistan plain Partiality numerical map Annual. (In Persian, with English Abstract). Final project report, Agricultural and Natural Resources Research Center of Sistan: Zabol, Iran.

23- Payero J.O., Melvin S.R., Irmak S., Tarkalson D. 2009. Yield response of corn to deficit irrigation in a semiarid climate. Agric. Water Manage. 84:101–112.

24-Okosun LA, Magaji MD, Yakubu AI. 2006. The effect of nitrogen and phosphorus on growth and yield of roselle (Hibiscus sabdariffa var. sabdariffa L.) in a semi-arid agro-ecology of Nigeria. Journal of Plant Sciences l(2): 154-160.

25- Sreevalli, Y., Baskaran, K., chandra shekara, R., Kuikkarni, R., Sushil Hasan., Samresh, D,. Kukre, J., Ashok, A., Sharmr Singh, K., Srikant, S. and Rakesh, T. 2001. Preliminary obserration on the effect of irrigation frequency and genotypes on yield and alkaloid concentration in petriwinkle. Journal of medicinal and Aromatic Plant Sci. 22; 356-358.

26- Taiz, L. and Zeiger, E. 2006. Plant Physiology, (4th Edition). Sinauer Associates, Sunderland, Mass, 623p.

27- Tavakoli A.R. 2008. Optimization of supplemental irrigation and nitrogen levels on dryland wheat yield. Proceedings of the Seventh International Congress on Irrigation and reduce evaporation. (In Persian, with English Abstract). ShahidBahonar University. Kerman. Iran. Pages 436-437.

28-Theghat al-Islam, MJ, Mousavi, Gh. r, Brazgaran, T. 2013. Effect of irrigation levels and planting date on yield and water use efficiency roselle. (In Persian, with English Abstract). Scientific-research journal of medicinal plants and aromatic plants of Iran, 29(1):144-156.

29- Tsai, P. J., J. McIntosh. P. Pearce. B. Camden and B. R. Jordan. 2002. Anthocyanin and antioxidant capacity in Roselle *(Hibiscus sabdariffa L*.) extract. Food Res. Int. 35: 351-356.

30- Yang, Y., Watanabe, M., Zhang, X., Zhang, J., Wang, Q. and Hayashi, S., 2006. Optimizing irrigation management for wheat to reduce groundwater depletion in the piedmont region of the Taihang mountains in the North China Plain. Agricultural Water Management, 82: 25-44.

31- Valliy, B. and Nguyen, H. T. 2006. Under standing regulatory networks and engineering for enhanced drough tolerance in plant, corrent optintion in play Biology, 9: 1-7.

32- Vitrac, X., Larronde, F., Krisa, S., Decendit, A., Deffieux, G. & Mérillon, J. M. 2000. Sugar sensing and Ca2+ calmodulin requirement in Vitis vinifera cells producing anthocyanins. Phytochemistry, 53, 659-665.

33- Zarcami T. 2006. Tobacco Planting and harvesting. Tobacco Research Institute of Rasht.