

## بررسی تأثیر مقادیر مختلف پتاسیم بر کارایی مصرف آب و تحمل به خشکی گیاه گوجه‌فرنگی در استان بوشهر

مرتضی پوزش شیرازی  
عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان بوشهر  
تاریخ پذیرش مقاله ۸۳/۹/۴

### خلاصه

گوجه‌فرنگی از مهمترین سبزیجات مورد استفاده انسان به شمار می‌آید و بعلت تولید خارج از فصل آن در استان بوشهر و همچنین قیمت مناسب با استقبال عمومی کشاورزان جهت کشت روبه‌رو شده است. با توجه به آنکه این استان در منطقه خشک و نیمه خشک ایران واقع شده است، لزوم استفاده بهینه از منابع آبی موجود و افزایش کارایی مصرف آب، بخصوص با توجه به خشکسالی‌های اخیر بشدت احساس می‌شود. از اینرو آزمایشی در مرکز تحقیقات کشاورزی استان بوشهر واقع در برازجان صورت گرفت که در طی آن به آزمون تأثیر افزایش پتاسیم مصرفی در افزایش تحمل گیاه گوجه‌فرنگی به تنش خشکی پرداخته شد. این آزمایش بصورت آزمایش اسپلیت پلات در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی در سه تکرار در طی سالهای زراعی ۸۱-۱۳۷۹ انجام پذیرفت. تیمارهای این طرح عبارت بودند از: تیمار اصلی بصورت عمق آب آبیاری در ۴ سطح: (۵۰، ۷۰، ۹۰، ۱۱۰ میلیمتر تبخیر تجمعی از تشطک تبخیر کلاس A) و تیمار فرعی شامل کود پتاسیم (از منبع پتاسیم سولفات) در ۴ سطح: ۱- بدون مصرف کود پتاسی (شاهد) ۲- مقدار کود پتاسی مصرفی بر اساس توصیه حاصل از آزمون خاک که معادل ۱۷۵ کیلوگرم بر هکتار بود ۳- مصرف کود پتاسی بمیزان ۵۰ درصد بیشتر از تیمار دوم که معادل ۲۶۵ کیلوگرم بر هکتار بود ۴- مصرف کود پتاسی بمیزان ۱۰۰ درصد بیشتر از تیمار دوم که معادل ۳۵۰ کیلوگرم بر هکتار بود. نتایج حاصل از آزمون مرکب دو ساله نشان داد که تیمارهای اصلی و تیمارهای فرعی هر دو در سطح یک درصد معنی‌دار شده‌اند لیکن اثر متقابل آنها معنی‌دار نشده است. از اینرو در این تحقیق مشخص شد که بیشترین عملکرد محصول مربوط به استفاده از کود پتاسی به میزان توصیه شده بر اساس آزمون خاک می‌باشد و استفاده از مقادیر بیشتر آن جهت مبارزه با خشکی بعلت شرایط آبی و خاکی منطقه سودمند نبوده و سبب کاهش محصول نیز می‌گردد. میانگین آب مصرفی در تیمارهای آبیاری به ترتیب ۶۸۴۵، ۶۵۲۳، ۵۷۸۰ و ۵۴۳۳ متر مکعب در هکتار در سال و عملکرد حاصل از آنها نیز به ترتیب ۳۴/۸۸، ۳۱/۳۴، ۲۶/۵۱ و ۲۰/۴۶ تن در هکتار بود. میانگین کارایی مصرف آب یا W.U.E در تیمارهای آبیاری به ترتیب ۵/۱، ۴/۸، ۴/۵۸ و ۳/۷۶ کیلو گرم گوجه‌فرنگی به ازای هر متر مکعب آب مصرفی محاسبه گردید. همچنین تیمار I2F2 (۷۰ میلیمتر تبخیر تجمعی و مصرف کود پتاسی بر اساس آزمون خاک) دارای بالاترین میانگین W.U.E به میزان ۵/۵۱۲ کیلو گرم گوجه‌فرنگی در هر متر مکعب آب مصرفی بود.

**واژه‌های کلیدی:** کود پتاسی، تنش خشکی، گوجه‌فرنگی، کارایی مصرف آب، استان بوشهر

#### مقدمه

گیاه گوجه فرنگی یکی از مهمترین سبزیهای مورد استفاده انسان می‌باشد که دارای مصارف تغذیه‌ای زیادی است. سطح زیر کشت این محصول در استان بوشهر بیش از ۱۰۰۰۰ هکتار است که تولید عمده آن بصورت خارج از فصل بوده و بعلت درآمدزایی مناسب بعنوان یکی از مهمترین محصولات اقتصادی برای زارعین استان بوشهر به شمار می‌رود. متوسط عملکرد این محصول در استان برابر با ۲۶/۴ تن در هکتار می‌باشد (۲). کمبود آب و خشکی عامل اصلی کاهش رشد گیاهان در اقلیمهای خشک و نیمه خشک می‌باشد و شدت تأثیر خشکی بر عملکرد گیاه به فراهمی آب در خاک بستگی دارد. افزایش کارایی مصرف آب در زراعتهای این مناطق از اهداف مهم سیاستهای افزایش بهره‌وری از منابع آب می‌باشد (۷). با توجه به آنکه استان بوشهر یکی از استانهایی است که در منطقه نیمه خشک و خشک ایران قرار دارد و کشاورزی آن از یک سو با کمبود آب آبیاری (بخصوص بعلت خشکسالیهای اخیر) و از سوی دیگر با کیفیت نامطلوب آن روبه‌رو است، ادامه برداشت بی‌رویه آب از سفره‌های زیر زمینی سبب شور شدن تدریجی آب آنها شده که کاهش شدید عملکرد را به دنبال خواهد داشت. در ثانی بعلت پائین افتادن سطح سفره آب زیر زمینی، هزینه پمپاژ آب نیز افزایش یافته است. از اینرو راهکارهای منطقی که بتواند در مصرف بهینه آب سودمند باشد، قابل تأمل بوده و حائز اهمیت به شمار می‌رود.

پتاسیم علاوه بر افزایش تولید و بهبود کیفیت محصول، سبب افزایش مقاومت گیاهان به شوری، کم‌آبی، انواع تنشها و آفات و بیماریها گردیده و کارایی آب و کود را افزایش می‌دهد (۴). در تحقیقی که در سال ۱۹۹۰ بر تأثیر تنش آبی گیاه گوجه فرنگی روی میزان جذب عناصر غذایی صورت گرفت، مشخص شد که کارایی مصرف آب با افزایش سطح مواد غذایی افزایش می‌یابد. زیرا در حالیکه تبخیر و تعرق گیاه در اکثر مراحل یکسان بوده است اما انتقال و مصرف مواد غذایی در شرایط رطوبت کافی بهتر از شرایط خشکی صورت گرفته است (۲۰).

در تحقیقی که در سال ۱۹۹۸ توسط رحمان، ناواتا و ساکوراناتی در ژاپن بر روی تأثیر تنش آبی روی فیزیولوژی و مرفولوژی چند رقم گیاه گوجه فرنگی صورت گرفت، مشخص شد که تشدید تنش آبی سبب افزایش دمای برگ و کاهش سرعت فتوسنتز می‌گردد. همچنین قابلیت انتقال روزنه‌ها، ضریب تبخیر، پتانسیل آب برگ، وزن خشک ریشه و ساقه و ارتفاع گیاه کاهش می‌یابد که میزان آن در ارقام مختلف یکسان نبوده و عکس‌العملهای بسیار متفاوتی را بوجود آورده است. بعنوان مثال آن دسته از گوجه فرنگیهایی که میوه آنها کوچکتر بوده است، توانایی تحمل به خشکی را بسیار بیشتر از انواع درشت میوه داشته‌اند. در تحقیق مشابهی، متخصصین مذکور در سال ۱۹۹۹ نشان دادند که آبیاری مجدد و کافی (پس از اعمال دوره خشکی) آن دسته از گوجه فرنگیهایی که تحمل به خشکی آنها زیادتر بوده است به مراتب عملکرد بالاتری را نسبت به آبیاری گوجه فرنگیهای غیر متحمل تولید می‌کنند. این امر بطور کل سبب افزایش کارایی مصرف آب یا W.U.E در ارقام متحمل می‌گردد (۲۳).

تنش آبی باعث کاهش پتانسیل آب برگ، توقف گسترش سطح برگ، کاهش توسعه سلولی ریشه و کاهش توسعه ریشه می‌شود. ممکن است علت کاهش سطح برگ، کاهش جذب پتاسیم ناشی از کاهش توسعه ریشه باشد (۱۶). از هند گزارش شده است که آغشتن بذور گندم به محلول ۲/۵ درصدی پتاسیم کلرید قبل از کاشت سبب افزایش پایداری گیاه در مقابل تنش آبی در یک خاک لومی شده و از کاهش محصول جلوگیری نموده است (۹).

در سال ۱۹۹۵ متخصصان زراعی مصر عنوان کردند که در شرایط تنش آبی و محدود بودن آب مصرفی توانسته‌اند به ازای افزودن ۱۵۰ میلی‌گرم کود پتاسیمی در هر کیلو گرم خاک، افزایشی معادل ۴۹ درصد در تولید را بدست آورند (۱۰). در یک تحقیق که روی تأثیر سطوح مختلف پتاسیم و کلسیم صورت گرفت مشخص شد که کاربرد ۵۶ کیلو گرم پتاسیم در هکتار سبب افزایش بازارپسندی گوجه فرنگی بمیزان ۱۴ درصد شده است (۱۹).

مقادیر ۲۱۵۰ و ۲۴۵۰ پی پی ام نمک محلول در آب آبیاری) صورت گرفت، مشخص شد که افزایش دور آبیاری از ۴ روز به ۶ روز سبب کاهش معنی‌دار در تولید شده است و این در حالیست که با استفاده از پتاسیم به مقدار ۱۸ درصد بیشتر از مقدار توصیه شده در محل (مقدار توصیه شده برابر با ۱۰۰ کیلوگرم K<sub>2</sub>O در هکتار بوده است) و تیمار دور آبیاری ۶ روز توانسته اند همان مقدار محصولی که در دور آبیاری ۴ روز تولید کرده بودند را تولید نمایند (۱۳).

در تحقیق صورت گرفته در سال ۱۳۷۵ مشاهده شد که درختان پسته‌ای که پتاسیم سولفات دریافت کرده بودند علاوه بر آنکه تحمل به شوری آنها افزایش یافته بود، مقاومت آنها در برابر دوره‌های آبیاری طولانی مدت نیز بالاتر رفته بود (۹). در تحقیقی که در منطقه جهرم استان فارس توسط دانش‌نیا (۱۳۷۴) صورت گرفت، مشخص شد که کاربرد یک کیلو گرم پتاسیم جهت هر درخت مرکبات علاوه بر آنکه سبب افزایش عملکرد به میزان ۵ تن در هکتار شده، ۱۵ درصد نیز از میزان آب آبیاری به روش قطره‌ای نیز کاسته گردیده است.

لوپز و همکاران (۱۹۹۴) در کاربرد برگی محلولهای فسفر و پتاسیم به میزان ۲۰ گرم در متر مربع در گیاه لوبیا چشم بلبلی، تاثیر معنی‌داری بر عملکرد یا اجزاء عملکرد تحت شرایط تنش رطوبتی خاک مشاهده نکردند. دانشیان و جنوبی (۱۳۸۰) نیز در بررسی تاثیر تنش خشکی و پتاسیم بر عملکرد دانه گیاه سویا مشاهده نمودند که اختلاف معنی‌داری در اجزاء عملکرد و همچنین عملکرد دانه با میزان پتاسیم در شرایط تنش وجود نداشته است. با این وجود آنها عنوان نمودند که با افزایش تنش، نقش پتاسیم در جلوگیری از کاهش محصول واضح تر بوده است.

هدف از پژوهش حاضر، بررسی اثرات مفید استفاده از کودهای پتاسه جهت کاهش تنش آبی گیاه گوجه‌فرنگی و افزایش کارایی مصرف آب آن در شرایط خاک و آب و هوایی استان بوشهر بوده است.

### مواد و روش‌ها

این طرح در اراضی مرکز تحقیقات کشاورزی استان بوشهر که دارای خاک با بافت لوم شنی است انجام شد. مختصات

در تحقیقی که در کرج صورت گرفت مشخص شد که به ازای مصرف ۸۲۱۵ متر مکعب آب آبیاری، ۱۱۶/۵ تن در هکتار گوجه فرنگی تولید شد که بیانگر W.U.E به میزان ۱۶/۶ کیلوگرم بر متر مکعب می‌باشد (۳). در تحقیق انجام شده در دانشگاه فردوسی مشاهده شد که بیشترین راندمان مصرف آب برای گوجه فرنگی در روش آبیاری قطره‌ای ۱۰/۳ کیلوگرم بر متر مکعب می‌باشد (۱). پاپادوپالوس (۱۹۸۷) عنوان نموده است که راندمان مصرف آب در کود آبیاری در حدود ۳۰ کیلوگرم بر متر مکعب می‌باشد.

بطور کلی با کاهش آب در گیاه عمل فتوسنتز نقصان یافته و نهایتاً از میزان محصول به نحو چشمگیری کاسته خواهد شد. با این وجود مقادیر مناسب پتاسیم می‌تواند از این امر ناخواسته جلوگیری نماید زیرا پتاسیم کافی در گیاه سبب ایجاد تعادل در پتانسیل آب در گیاه و افزایش ساخت ترکیبات آلی می‌شود که این امر سبب می‌گردد تا وزن تر و وزن خشک گیاهانی که دارای پتاسیم کافی هستند نسبت به وزن گیاهانی که دچار کمبود پتاسیم می‌باشند، حتی در شرایط تنش آبی نیز افزونتر باشد (۱۴). بعلاوه پتاسیم می‌تواند انتقال مواد فتوسنتزی به نقاط مختلف گیاه و انباشت آن را نیز تنظیم نماید (۱۸).

ایتو و کامورا (۱۹۹۱) در آزمایشی مشاهده کردند که با افزایش تنش آبی، غلظت پتاسیم در تمام بخشهای ساقه سویا بشدت افزایش یافت و سبب کاهش پتانسیل آب درون آوندها نسبت به پتانسیل آب خاک گردید. با افزایش تنش، پتاسیم بیشتری در بخشهای فوقانی گیاه تجمع یافت. متخصصان نیوزلندی مشاهده کردند که وزن تر گیاه، عملکرد محصول و سطح برگ گیاه گوجه فرنگی تحت تیمار پتاسیم (۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم K<sub>2</sub>O در هکتار) در شرایط رطوبتی کم خاک مزرعه به ترتیب ۷، ۱۵ و ۱۰ درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد داشته است (۱۱). در آزمایشی که در سال ۱۹۸۵ در آمریکا انجام شد، مشاهده کردند که افزایش کودهای پتاسیمی در مزارع یونجه و سویا در شرایط تنش آبی توانسته است به ترتیب ۲۰۱ و ۷۵ درصد افزایش محصول را حاصل کند (۱۲).

در آزمایشی که در مصر در رابطه با تاثیر پتاسیم روی شوری و مقاومت گیاهان به تنش آبی با استفاده از آب شور (به

جدول ۱- برخی از خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک

عمق درصد خاک اشباع	EC Ds/m	pH	T.N.V %	O.C. %	Ca	Mg	P	K	Mn	Cu	Zn	Fe	Cl	رس بافت
شاخص			%	%	میلی گرم در کیلو گرم									%
۲۹	۳/۴	۷/۹	۶۰	۰/۵۲	۵۸۰	۲۷۵	۹	۱۷۰	۷/۱	۰/۷۶	۰/۷۶	۲/۸	۶۰۰	۱۲
۰-۳۰														S.L.

جدول ۲- برخی از خصوصیات شیمیایی آب آبیاری

خصوصیات آب آبیاری	هدایت الکتریکی دسی زیمنس بر متر	اسیدیته	کلر	کلسیم+منیزیم	بی کربنات	سدیم	نسبت جذب سدیم
			میلی اکی والان در لیتر				
۳/۷	۷/۶	۸/۵	۳۷	۴/۵	۱۲	۲/۷۹	

جدول ۳- برخی از خصوصیات فیزیکی خاک

عمق نمونه داری	درصد وزنی رطوبت		وزن مخصوص ظاهری B.D	وزن مخصوص حقیقی dp
	در فشار ۰/۳۳ اتمسفر	در فشار ۱۵ اتمسفر		
۰ - ۱۵	۱۷/۴	۶/۳	۱/۲	۲/۶۲
۱۵ - ۳۰	۱۵/۴	۶/۵	۱/۱۹	۲/۶۵
۳۰ - ۴۵	۱۳/۳	۷/۲	۱/۲۶	۲/۵۹

آزمایشی شد. کاشت گوجه فرنگی بصورت نشائی و جوی و پشته ای با عرض جوی ۳۰، عرض پشته ۱۴۰، و فاصله بوته ای ۵۰ سانتیمتر صورت گرفت. تهیه خزانه گوجه فرنگی رقم پرمواری در اواسط مهر و انتقال نشاء در اواخر آبان صورت گرفت.

جهت ارائه آب آبیاری مورد نظر به خاک در سال اول از یک پارشال فلوم و در سال دوم از کنتور و لوله استفاده شد و آب آبیاری مورد لزوم نیز با نمونه برداریهای مکرر از خاک مزرعه در تیمارهای مختلف و محاسبه درصد رطوبت وزنی آنها بدست آمد. عمق متوسط ریشه گوجه فرنگی در منطقه معادل ۳۰ سانتیمتر و وزن مخصوص ظاهری این خاک ۱/۲ گرم بر سانتیمتر مکعب اندازه گیری شد. لازم بذکر است که مقدار آب آبیاری به حدی بود که رطوبت خاک هر تیمار به اندازه ظرفیت زراعی می رسید. فرمول عمومی محاسبه عمق آبیاری بصورت زیر می باشد:

$$d = (F_c - a_i) * D * b / 100$$

که در آن:

d = عمق آب آبیاری بر حسب میلی متر

Fc = ظرفیت زراعی مزرعه بر حسب وزنی

جغرافیایی این محل به ترتیب ۵۱ و ۳۱ طول شرقی و ۲۹ و ۱۶ عرض شمالی می باشد. برخی از خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک و نیز خصوصیات شیمیایی آب آبیاری مورد استفاده در جداول ۱ تا ۳ قابل مشاهده است.

تیمارهای این طرح عبارت بودند از: تیمار اصلی بصورت عمق آب آبیاری در ۴ سطح: (۵۰، ۷۰، ۹۰، ۱۱۰) میلی متر تبخیر تجمعی از تشطک تبخیر کلاس A) و تیمار فرعی شامل کود پتاسیم (از منبع کود پتاسیم سولفات) در ۴ سطح: ۱- شاهد، بدون مصرف کود پتاسی ۲- مقدار کود پتاسی بر اساس توصیه حاصل از آزمون خاک به میزان ۱۷۵ کیلوگرم در هکتار، ۳- مصرف کود پتاسی بمیزان ۵۰ درصد بیشتر از تیمار دوم به میزان ۲۶۵ کیلوگرم در هکتار ۴- مصرف کود پتاسی بمیزان ۱۰۰ درصد بیشتر از تیمار دوم به میزان ۳۵۰ کیلوگرم در هکتار بود. آبیاری نیز به روش جوی و پشته ای انجام شد.

این مطالعه بصورت آزمایش اسپلیت پلات و در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی در سه تکرار در طی دو سال زراعی (۸۱-۱۳۷۹) انجام پذیرفت و در مجموع شامل ۴۸ کرت

اندازه‌ای به یکدیگر نزدیک شوند و اختلاف معنی‌داری را نسبت به یکدیگر در سال دوم از خود نشان ندهند (در بحث کار آبی مصرف آب، آمار ارائه گردیده است). لیکن با این وجود، همچنان عملکرد تیمار آبی II که آبیاری بیشتری را شامل می‌شد از سایر تیمارها بالاتر بود. در جدول ۴ میانگین مربعات مربوط به تیمارها و اثرات متقابل آنها بصورت ساده و مرکب قابل مشاهده است.

جدول ۴- میانگین مربعات مربوط به تیمارها و اثرات متقابل آنها بصورت ساده و مرکب.

تیمار	سال اول	سال دوم	مرکب دو ساله
آب آبیاری	* ۷۱۷/۶۲۲	ns ۲۷۳/۲۳۶	** ۹۳۷/۰۶۸
کود پتاسی	* ۹۵/۴۸۶	* ۵۱/۳۲۹	** ۱۴۳/۴۰۸
اثر متقابل	ns ۲۵/۰۸۹	ns ۱۳/۶۹۷	ns ۳۷/۹۱۸

نتایج حاصل از آزمون مرکب داده‌ها (بر اساس آزمون دانکن) نشان داد که اثرات عوامل اصلی (تیمارهای آب آبیاری) و فرعی (تیمارهای کود پتاسی) بر عملکرد در سطح یک درصد معنی‌دار شدند. در این میان تیمار آبی I با میانگین عملکرد ۳۴/۸۸ تن در هکتار و تیمار کودی F2 با ۳۱/۸۶ تن در هکتار بیشترین عملکرد را داشتند.

بر اساس نتایج بدست آمده از طرح، اثر متقابل آب و کود پتاسیم بر عملکرد در هیچکدام از این سالها دارای اختلاف معنی‌دار نبود. در این میان، تیمار IIF2 با تولید ۳۷/۸۴ تن محصول در هکتار دارای بالاترین میانگین عملکرد در طی دو سال آزمایش بود. در جدول ۵ اثرات متقابل سطوح مختلف آب آبیاری و کود پتاسیم بر عملکرد گیاه گوجه فرنگی ارائه شده است.

لازم به ذکر است که در طی بررسی منابع به عمل آمده به موارد مشابه فوق برخورد شد که به دو نمونه زیر اشاره می‌شود. لویز و همکاران (۱۹۹۴) در کاربرد برگی محلولهای فسفر و پتاسیم به میزان ۲۰ گرم در مترمربع در گیاه لوبیا چشم بلبلی، تأثیر معنی‌داری بر عملکرد یا اجزاء عملکرد تحت شرایط تنش رطوبتی خاک مشاهده نکردند. دانشیان و جنوبی (۱۳۸۰) نیز در

a i = رطوبت خاک برحسب وزنی قبل از آبیاری

D = عمق ریشه بر حسب میلی متر

b = وزن مخصوص ظاهری خاک

تمامی فسفر مورد نیاز گیاه (۱۵۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل در هکتار) و یک سوم نیتروژن (از مجموع ۳۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار) در حدود ۳ هفته پس از استقرار نشاء و بصورت ساندویچی (قرار دادن کود در بین دو لایه کود حیوانی) به زمین داده شد. مابقی نیتروژن نیز طی دو نوبت دیگر یکی در زمان شروع گلدهی و دومی در زمان برداشت دوم محصول مصرف گردید. کود پتاسی از منبع پتاسیم سولفات بر اساس هر تیمار طرح و همچنین عناصر ریز مغذی نیز بصورت کودهای سولفات روی (۴۰ کیلو گرم در هکتار)، سولفات منگنز (۳۰ کیلو گرم در هکتار)، سولفات مس (۲۰ کیلو گرم در هکتار) و سولفات آهن (۱۵۰ کیلو گرم در هکتار) به خاک اضافه گردید.

سم پاشی نیز بصورت یکسان برای تمام تیمارها با استفاده از سم مانکوزب صورت پذیرفت. محصول حاصل در سال اول طی هفت چین و در سال دوم در پنج چین در ماههای فروردین و اردیبهشت برداشت گردید. توزین محصول در هر مرحله از برداشت انجام شده و به واحد کیلوگرم در هکتار تبدیل گردید. نهایتاً نیز تجزیه آماری انجام و مقایسه میانگین ها بر اساس آزمون دانکن انجام شد.

## نتایج و بحث

در سال اول آزمایش، اثر فاکتورهای اصلی (تیمارهای آبیاری) و فاکتورهای فرعی (تیمارهای کودی) هر دو بر عملکرد در سطح ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن معنی‌دار گردید. در این میان بیشترین عملکردها مربوط به تیمار آبی II به میزان ۴۴/۰۴ تن در هکتار و تیمار کودی F2 به میزان ۳۶/۷۷ تن در هکتار محصول گوجه فرنگی بود. در سال دوم آزمایش، فقط تیمارهای کودی در سطح ۵ درصد معنی‌دار شدند. در این سال اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای آبیاری مشاهده نشد که دلیل آن نیز افزایش بی سابقه میزان بارش در مدت یاد شده بود. این بارندگی سبب جبران بخشی از آب مورد نیاز گیاه در تیمارهای تنش آبی شده و نهایتاً باعث گردید که عملکرد این تیمارها تا

جدول ۵ - اثرات اصلی و اثرات متقابل سطوح مختلف آب آبیاری و کود پتاسیم بر عملکرد گیاه گوجه‌فرنگی در طی دو سال اجرای طرح (تن بر هکتار).

تیمار آبیاری	F1 (شاهد- بدون کود پتاسی) اساس آزمون خاک	F2 کود پتاسی بر اساس آزمون خاک	F3 (تیمار F2 + ۵۰ درصد)	F4 (تیمار F2 + ۱۰۰ درصد)	میانگین
سال ۱۳۷۹					
I1 (۵۰ میلیمتر تبخیر جمعی)	۴۱/۸۷ a *	۴۴/۵۲ a	۳۹/۲۵ ab	۳۸/۵۱ ab	۴۴/۰۴ A
I2 (۷۰ میلیمتر تبخیر جمعی)	۳۶/۱۰ abc	۴۱/۹۰ a	۳۸/۰۶ ab	۲۸/۸۵ bcdef	۳۶/۲۳ A
I3 (۹۰ میلیمتر تبخیر جمعی)	۳۰/۴۹ bcdf	۳۴/۷۱ abcd	۲۶/۱۴ cdef	۲۹/۸۶ bcdef	۳۰/۳۰ AB
I4 (۱۱۰ میلیمتر تبخیر جمعی)	۱۹/۷۵ f	۲۵/۹۷ cdef	۲۲/۴۴ ef	۲۴/۳۳ def	۲۳/۱۲ B
میانگین	۳۲/۰۵ B	۳۶/۷۷ A	۳۱/۴۷ B	۳۰/۳۹ B	
سال ۱۳۸۰					
I1 (۵۰ میلیمتر تبخیر جمعی)	۲۹/۳۱ abc	۳۱/۱۶ a	۲۷/۴۸ abcde	۲۶/۹۶ abcde	۲۸/۷۳ A
I2 (۷۰ میلیمتر تبخیر جمعی)	۲۶/۳۷ abcdef	۳۰/۵۹ ab	۲۷/۷۸ abcd	۲۱/۰۶ defg	۲۶/۴۵ AB
I3 (۹۰ میلیمتر تبخیر جمعی)	۲۲/۸۷ bcdefg	۲۶/۰۳ abcdef	۱۹/۶۰ efg	۲۲/۴۰ cdefg	۲۲/۷۳ AB
I4 (۱۱۰ میلیمتر تبخیر جمعی)	۱۵/۲۱ g	۲۰/۰۰ defg	۱۷/۲۸ g	۱۸/۲۴ fg	۱۷/۸۰ B
میانگین	۲۳/۴۴ B	۲۶/۹۴ A	۲۳/۰۴ B	۲۲/۲۹ B	
مرکب دو سال					
I1 (۵۰ میلیمتر تبخیر جمعی)	۳۵/۵۹ ab	۳۷/۸۴ a	۳۲/۷۳ abc	۳۲/۹۲ ab	۳۴/۸۸ A
I2 (۷۰ میلیمتر تبخیر جمعی)	۳۱/۲۴ bcd	۳۶/۲۴ ab	۳۳/۳۷ ab	۲۴/۹۵ efg	۳۱/۳۴ AB
I3 (۹۰ میلیمتر تبخیر جمعی)	۲۶/۶۸ cdef	۳۰/۳۷ bcde	۲۲/۹۹ fgh	۲۶/۱۳ defg	۲۶/۵۱ BC
I4 (۱۱۰ میلیمتر تبخیر جمعی)	۱۷/۴۸ h	۲۲/۸۷ fgh	۱۹/۸۶ gh	۲۱/۵۳ fgh	۲۰/۴۶ C
میانگین	۲۷/۷۴ B	۳۱/۸۶ A	۲۷/۲۵ B	۲۶/۳۴ B	

\* : میانگین هایی که دارای حرف کوچک مشترک بوده و یا در هر ردیف و یا ستون دارای حرف بزرگ مشترک می باشند بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵٪ تفاوت معنی داری ندارند.

شده به ازای واحد آب مصرف شده تعیین می نمایند که اصطلاحاً به آن، کارایی مصرف آب واقعی گفته می شود (۸). در مواردی که محصول بصورت تازه خوری مصرف می شود می توان برای مقایسه تیمارهای مختلف از وزن تر آنها بهره جست. منظور از مقدار آب مصرفی در اینجا، همان نیاز آب آبیاری برای گیاه در طول فصل رشد آن است که شامل تبخیر و تعرق گیاه، باران مؤثر، آب لازم برای شستشوی خاک و آب لازم جهت تهیه بستر کشت می باشد (۵).

منظور از باران مؤثر عبارت است از قسمتی از نیاز آبی گیاه که توسط بارندگی تأمین می شود. لذا در این مرحله، بارندگی

بررسی تأثیر تنش خشکی و پتاسیم بر عملکرد دانه گیاه سویا مشاهده نمودند که اختلاف معنی داری در اجزاء عملکرد و همچنین عملکرد دانه با میزان پتاسیم در شرایط تنش وجود نداشته است. با این وجود آنها عنوان نمودند که با افزایش تنش، نقش پتاسیم در جلوگیری از کاهش محصول واضح تر بوده است.

#### ( Water Use Efficiency )

کارایی مصرف آب برای نشان دادن رابطه کمی میان رشد گیاه و مصرف آب به کار برده شده و بصورت " مقدار ماده گیاهی تولید شده به ازای واحد آب مصرفی شده " تعریف می گردد. آگرونومیستها W.U.E را نسبت ماده خشک تولید

تبخیر تجمعی) با تولید ۵/۰۵۶ کیلوگرم گوجه فرنگی به ازای هر متر مکعب آب مصرفی بالاترین W.U.E را نسبت به سایر تیمارهای آبی داشت (جدول شماره ۷). تیمار کودی F2 (استفاده از کود پتاسه بر اساس آزمون خاک) نیز با تولید ۵/۱۱۲ کیلو گرم گوجه فرنگی به ازای هر متر مکعب آب مصرفی بالاترین W.U.E را نسبت به سایر تیمارهای کودی نشان داد. لازم بذکر است که افزایش کود پتاسه مصرفی بیشتر از مقدار توصیه شده از آزمون خاک، سبب کاهش مجدد کارایی مصرف آب گردید.

جدول ۶ - مقدار آب مصرفی در دو سال آزمایش و میانگین آنها بر حسب متر مکعب بر هکتار

تیمار	I1	I2	I3	I4
آب مصرفی سال اول	۷۴۹۰	۷۲۷۵	۶۱۲۰	۵۷۶۵
آب مصرفی سال دوم	۶۲۰۰	۵۷۷۰	۵۴۴۰	۵۱۰۰
آب مصرفی میانگین	۶۸۴۵	۶۵۲۳	۵۷۸۰	۵۴۳۳

مؤثر در طول فصل رشد با استفاده از روش سازمان حفاظت خاک وزارت کشاورزی آمریکا تعیین گردید (۵). فرمول مورد استفاده در این روش برای بارشهای کمتر از ۲۵۰ میلیمتر در ماه بصورت زیر بیان شده است:

$$P_{eff} = P_{tot} * (125 - 0.2 * P_{tot}) / 125$$

که در آن  $P_{tot}$  = باران مؤثر و  $P_{eff}$  = مجموع باران ماهانه می باشد. بر این اساس با توجه به بارش ۲۰۵ و ۴۰۰ میلیمتری باران در سال اول و دوم اجرای طرح، باران مؤثر آنها به ترتیب ۱۴۰ و ۲۵۰ میلیمتر محاسبه گردید.

مقدار کل آب مورد استفاده در تیمارهای مختلف آب آبیاری در دو سال آزمایش و همچنین میانگین آن در جدول شماره ۶ قابل مشاهده است.

مقایسه میانگین اثرات اصلی تیمارهای آب آبیاری و کود پتاسیم (براساس آزمون دانکن) بر کارایی مصرف آب در طی دو سال آزمایش بیانگر اختلاف معنی دار هر دو تیمار در سطح یک درصد (۱٪) بود. در این میان، تیمار آبی I1 (۵۰ میلی متر

جدول ۷- مقایسه میانگین اثرات اصلی و اثرات متقابل سطوح مختلف آب آبیاری و کود پتاسیم (بر اساس آزمون دانکن) بر کارایی مصرف آب در گوجه فرنگی طی دو سال ( کیلوگرم بر متر مکعب).

تیمار کود پتاسی				
F4	F3	F2	F1	تیمار آبیاری
(تیمار F2 + ۱۰۰ درصد)	(تیمار F2 + ۵۰ درصد)	کود پتاسی بر اساس آزمون خاک	(شاهد- بدون کود پتاسی)	(تیمار F2 + ۱۰۰ درصد) میانگین
سال ۱۳۷۹				
۵/۴۹۰ A	۵/۱۵۰ c	۵/۲۵۰ c	۵/۹۴۷ a	۵/۶۱۳ b (I1) (۵۰ میلیمتر تبخیر تجمعی)
۴/۹۷۲ B	۳/۹۸۳ g	۵/۲۲۳ c	۵/۷۲۷ b	۴/۹۵۷ d (I2) (۷۰ میلیمتر تبخیر تجمعی)
۴/۹۶۴ C	۴/۸۷۷ d	۴/۲۸۰ f	۵/۶۶۳ b	۴/۹۶۳ d (I3) (۹۰ میلیمتر تبخیر تجمعی)
۴/۰۰۶ D	۴/۲۳۰ f	۳/۸۷۷ g	۴/۴۹۷ e	۳/۴۲۰ h (I4) (۱۱۰ میلیمتر تبخیر تجمعی)
	۴/۵۶۰ D	۴/۶۵۷ C	۵/۴۵۸ A	۴/۷۳۸ B
میانگین				
سال ۱۳۸۰				
۴/۶۶۲ A	۴/۳۱۷ f	۴/۴۲۳ e	۵/۰۴۰ b	۴/۷۰۷ c (I1) (۵۰ میلیمتر تبخیر تجمعی)
۴/۵۷۳ B	۳/۶۴۰ i	۴/۷۷۰ c	۵/۳۱۰ a	۴/۵۷۰ d (I2) (۷۰ میلیمتر تبخیر تجمعی)
۴/۱۷۴ C	۴/۰۶۳ g	۳/۶۱۰ i	۴/۷۹۳ c	۴/۲۳۰ f (I3) (۹۰ میلیمتر تبخیر تجمعی)
۳/۴۸۲ D	۳/۶۶۷ i	۳/۳۷۰ j	۳/۹۲۳ h	۲/۹۵۷ k (I4) (۱۱۰ میلیمتر تبخیر تجمعی)
	۳/۹۲۲ D	۴/۰۴۳ C	۴/۷۹۶ A	۴/۱۱۶ B
میانگین				
مرکب دو سال				
۵/۰۵۶ A	۴/۷۳۳ e	۴/۸۳۷ d	۵/۴۹۳ a	۵/۱۶۰ b (I1) (۵۰ میلیمتر تبخیر تجمعی)
۴/۷۶۵ B	۳/۷۹۰ j	۴/۹۹۷ c	۵/۵۱۲ a	۴/۷۶۳ de (I2) (۷۰ میلیمتر تبخیر تجمعی)
۴/۵۶۰ C	۴/۴۷۰ g	۳/۹۴۵ i	۵/۲۲۸ b	۴/۵۹۷ f (I3) (۹۰ میلیمتر تبخیر تجمعی)
۳/۷۴۴ D	۳/۹۴۸ l	۳/۶۲۳ k	۴/۲۱۵ h	۳/۱۸۸ l (I4) (۱۱۰ میلیمتر تبخیر تجمعی)
	۴/۲۳۵ D	۴/۳۵۰ C	۵/۱۱۲ A	۴/۴۲۷ B
میانگین				

میانگین هایی که دارای حرف کوچک مشترک بوده و یا در هر ردیف و یا ستون دارای حرف بزرگ مشترک می باشند بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵٪ تفاوت معنی داری ندارند.

همچنین، اثر متقابل تیمارهای آب آبیاری و کود پتاسیم بر کارایی مصرف آب در سطح یک درصد معنی دار گردید (جدول شماره ۷). مقایسه اثرات متقابل آب آبیاری و کود پتاسیم در این دو سال نشان داد که تیمار I2F2 با تولید ۵/۵۱۲ کیلو گرم گوجه فرنگی به ازای هر متر مکعب آب مصرفی بالاترین W.U.E را نسبت به سایر تیمارها داشت و در کلاس آماری A قرار گرفت. بعد از این تیمار، تیمار I1F2 با تولید ۵/۵۱۲ کیلو گرم گوجه فرنگی در رتبه دوم و کلاس آمار مشابه (کلاس آماری A) قرار گرفت.

در تحقیقی که در کرج صورت گرفت مشخص شد که به ازای مصرف ۸۲۱۵ متر مکعب آب آبیاری، ۱۱۶/۵ تن در هکتار گوجه فرنگی تولید شد که بیانگر W.U.E به میزان ۱۶/۶ کیلوگرم بر متر مکعب می باشد (۳).

در تحقیق انجام شده در دانشگاه فردوسی مشاهده شد که بیشترین بازده مصرف آب برای گوجه فرنگی در روش آبیاری قطره‌ای ۱۰/۳ کیلوگرم بر متر مکعب می باشد (۱). پاپادوپالوس (۱۹۸۷) عنوان نموده است که بازده مصرف آب در کشت گوجه فرنگی به روش کود آبیاری در حدود ۳۰ کیلوگرم بر متر مکعب می باشد.

مهمترین عوامل کم بودن W.U.E در استان بوشهر را می توان سبک بودن زیاد خاکهای این منطقه و عدم توانایی آنها برای نگهداری آب و همچنین شوری آب و خاک این مناطق عنوان نمود.

استفاده صحیح از منابع آبی موجود می تواند کمک زیادی به بهینه سازی مصرف آب نموده و ضمن افزایش عملکرد محصول از میزان تلفات آن تحت تأثیر آفات و امراض ناشی از آبیاری بی رویه و زیاد بکاهد. همچنین آزمون خاک جهت توصیه کودی از اهمیت خاصی برخوردار است به گونه ای که مصرف نادرست کودهای شیمیایی می تواند کاهش شدید عملکرد محصول را در پی داشته باشد. استفاده بیشتر از مقدار توصیه شده از کود پتاسیم سولفات بر اساس آزمون خاک، به منظور مقابله با تنش آبی در این منطقه کارساز نبوده بلکه سبب کاهش محصول نیز شده است. دلایل متعددی را می توان برای

این امر متصور شد از جمله افزایش شوری خاک بعلت وارد نمودن مقادیر زیادتری از کود شیمیایی و در نتیجه تجمع نمک بیشتر در منطقه توسعه ریشه گیاه که سبب صدمه زدن به آن می شود و همچنین احتمال وجود حالت آنتاگونیستی بین پتاسیم با سایر عناصر غذایی مانند منیزیم. از اینرو در رابطه با پتاسیم توصیه می شود که در خاکهای مشابه محل اجرای طرح، به طور متوسط ۱۷۵ تا ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم سولفات مصرف گردد. سبک بودن زیاد خاکهای استان بوشهر سبب کاهش قابلیت نگهداری آب در آنها شده است. از اینرو هرگونه فعالیتی که در این منطقه جهت افزایش توان خاک برای حفظ آب صورت گیرد حائز اهمیت خواهد بود. بعنوان مثال اضافه نمودن مواد آلی و کمپوست به خاک مزارع می تواند علاوه بر بهبود وضعیت ساختمانی خاک و فراهم نمودن بستر مناسبتری برای کشت نشاء گوجه فرنگی، سبب نگهداری بیشتر آب موجود در خاک می شود. این امر می تواند افزایش کارایی مصرف آب را در منطقه به همراه داشته باشد. متأسفانه استفاده زیادتر از حد لازم از آب آبیاری برای گیاه گوجه فرنگی در استان رواج دارد که این امر نه تنها سبب اتلاف آب بعلت تبخیر و نفوذ عمقی و خارج شدن آب از دسترس گیاه می گردد بلکه بعلت مرطوب نمودن بیش از حد خاک در منطقه طوقه، سبب حمله آفات و امراض به آن شده و کاهش عملکرد زیادی را به همراه خواهد داشت. از اینرو توصیه می شود که در منطقه مورد تحقیق، بطور میانگین ۷۰۰۰ متر مکعب آب در هکتار در سال برای زراعت گوجه فرنگی مورد استفاده قرار گیرد. برای انجام این کار بایستی دور آبیاری در فصل خنک ( آذر ماه تا نیمه اسفند) هر ۱۰ تا ۱۵ روز یکبار با توجه به پراکنش باران و در فصل گرم (نیمه اسفند تا اردیبهشت) هر ۴ تا ۶ روز یکبار صورت پذیرد و مقدار آب آبیاری نیز تا حدی باشد که رطوبت خاک مزرعه به حد ظرفیت زراعی برسد.

### سپاسگزاری

بدینوسیله از آقایان مهندس حسن میوه چی لنگرودی (مشاور طرح)، مهندس مختار زلفی باوریانی، مهندس قاسم مرادی، مهندس علی رضا محمد زاده، مهندس پرویز بیات و

مهندس سعید غالبی که راهنماییهای مفید و ضروری را جهت  
اجرای این طرح نموده‌اند صمیمانه تشکر و سپاسگزاری  
می‌نمایم. همچنین از آقای محمد حسین آموزگار، تکنسین  
محترم طرح و سایر دوستان در بخش تحقیقات خاک و آب  
مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان بوشهر قدردانی  
می‌نمایم.

## REFERENCES

## منابع مورد استفاده

۱. باغانی، ج. و ع. امین، ۱۳۷۹. عملکرد محصول و کارایی مصرف آب در آبیاری قطره‌ای و شیاری. مجله تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، جلد ۵، شماره ۱۸: ۱۰-۱.
۲. بشکانی، م. ۱۳۷۸. برنامه توسعه سوم کشاورزی استان بوشهر. ۱۳۷۸ - ۱۳۷۹. چاپ اول سازمان کشاورزی استان بوشهر.
۳. حبیبی، م. ص.، ا. موسوی و ع. خراسانی، ۱۳۸۰. بررسی اثر کود آبیاری روی راندمان مصرف آب در زراعت گوجه فرنگی در مزرعه. مجموعه مقالات هفتمین کنگره علوم خاک ایران. ص ۱۰۶-۱۰۷.
۴. خوگر، ز.، ک. ارشد و م. ج. ملکوتی، ۱۳۷۹. اثرات بهینه کود در افزایش عملکرد گوجه فرنگی. چاپ اول. نشر آموزش کشاورزی.
۵. فرشعی، ع.، م. ر. شریعتی، ر. جارا الهی، م. قائمی و م. شهبانی فر. ۱۳۷۶. برآورد آب مورد نیاز گیاهان عمده زراعی و باغی کشور. انتشارات نشر آموزش کشاورزی. جلد اول ۹۰۰ صفحه.
۶. دانش نیا، س. ع. ۱۳۷۴. بررسی اثر پتاسیم بر کاهش آب مصرفی در مرکبات و نقش آن بر کمیت و کیفیت محصول با آب آبیاری. بخش تحقیقات خاک و آب استان فارس.
۷. دانشیان، ج. و پ. جنوبی، ۱۳۸۰. بررسی تأثیر تنش خشکی بر عملکرد دانه گیاه سویا. مجموعه مقالات هفتمین کنگره علوم خاک ایران. ص ۶۳ - ۶۱.
۸. صادق زاده، ک. و ع. کشاورز، ۱۳۷۹. توصیه‌هایی برای بهینه سازی کارایی مصرف آب در اراضی زراعی کشور. انتشارات نشر آموزش کشاورزی. ۳۲ صفحه.
۹. ملکوتی، م. ج. ۱۳۷۳. حاصلخیزی خاکهای خشک. مشکلات و راه حلها. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس.
10. Abd-Allah, B. & K. Abdel Wahab. 1995. Response of nitrogen fixation, nodule activities, and growth to potassium supply in water stressed broad bean. *Journal of Plant Nutrition*. 18 (7), 1391 – 1402.
11. Behboudian, R. & J. Anderson. 1990 Effects of potassium deficiency on water relations and photosynthesis of tomato plant. *Plant and Soil*. 127-139.
12. Duck, S., K. M. Collins, & R. M. Soberalske. 1980. Effects of potassium fertilization on nitrogen fixation and nodule enzymes of nitrogen metabolism in alfalfa. *Crop Sci*. 20: 213-219.
13. El Kadi, M. 1999. Balanced nutrition management with potassium in relieving drought and salinity stress of crops raised under the condition of the desert. *International symposium on balanced fertilization and crop response to potassium*. Iranian Soil and Water Research Institute (SWRI).
14. Heakal, L. & K. Modaish .1990. Combined effects of leaching fraction, salinity and potassium content of waters on growth and water use efficiency of wheat and barely. *Plant and Soil*. 125, 177- 184.
15. Itoh, R. & A. Kamura. 1991. Acclimation of soybean plants to water stress. Analysis of regulation of tissue potassium concentration in leaves and stem. *Japanese J. Crop Sci*. 59: 4, 824-829.
16. Liptay, A., P. Sikkema, & W. Fonteno. 1998. Transplant growth control through water deficit stress. *Hort Technology*. 8:540-543.
17. Lopez, F. B. & C. Johanson. 1994. Limitations to seed yield in short duration pigeon pea under water stress. *Field Crop Res*. 36:(2).95-102.
18. Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Academic press. Sec. Ed. USA. 320 P.
19. Martin, H. W and W. C. Lieb Hardt. 1994. Tomato response to long term potassium and lime application on a sandy ultisoil high in nonexchangeable potassium. *J. Plant. Nut*. 17 (10): 1751-1768.

20. Oertli, J.J., P. S. Seresinhe, & R. Ruh. 1990. The influence of nutritional status of tomato plants on the water use efficiency. *Acta Horticulturae*. No.278. 227-235.
21. Papadopoulos, I. 1987. Nitrogen fertigation of greenhouse-grown tomato. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*. 18: 397-907
22. Rahman, S. M. L., E. Nawata & T. Sakuratani. 1998. Effect of water stress on physiological and morphological characters among tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivators. *Thai. Journal of Agricultural. Science*. 31: 130-141.
23. Rahman, S. M. L. & E. Nawata .1999. Effect of water stress on growth, yield and echo\_ physiological responses of four tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.)cultivars. *Journal of Japanese Society for the Horticultural Science*. 68(3):499-504.