بررسی شاخص‌های فیزیولوژیک و مورفولوژیک ریحان و گوجه‌فرنگی تحت تأثیر کشت مخلوط و کم‌آبیاری در شرایط گلخانه‌ای

یاسین صالحی[۱*]، داود زارع‌حقی[۲]، محمدرضا نیشابوری[۲] و عادل دباغ محمدی‌نسب[۳]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۴/۲۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۲/۲۲)

چکیده

کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص می‌تواند پایداری عملکرد را افزایش دهد. کم‌آبیاری به‌عنوان یک عامل محدودکننده رشد، شاخص‌های عملکردی گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد. بر این اساس این پژوهش با هدف بررسی تأثیر نوع کشت: کشت خالص گوجه‌فرنگی (T)، کشت خالص ریحان (B) و کشت مخلوط این دو (T:۵۰B۵۰)، و سطوح مختلف رطوبتی شامل چهار دوره زمانی آبیاری بر اساس گنجایش مزرعه‌ای خاک (FC): آبیاری بدون تنش آبی در ناحیه ریشه ۱FC–۰/۸۵ و سطوح تنش ۰/۸۵FC–۰/۷، ۰/۷FC–۰/۵ و ۰/۵FC–۰/۳ به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور و جمعاً ۱۲ تیمار در سه تکرار انجام گرفت. صفات شامل شاخص سبزینگی، هدایت روزنه‌ای، شاخص سطح برگ، دما و وزن تازه و خشک بوته اندازه‌گیری شد. بیشترین وزن تازه و خشک بخش هوایی بوته گوجه‌فرنگی در تیمار ۰/۸۵FC–۰/۷ و کشت مخلوط (۳۴۹/۷۳ و ۶۹/۴۲ گرم در بوته) و کمترین آنها در سطح رطوبتی ۰/۵FC–۰/۳ و کشت خالص (۲۰۴/۶۶ و ۴۰/۴۲ گرم در بوته) حاصل شد. شاخص سطح برگ گوجه‌فرنگی تا سطح رطوبتی ۰/۷FC-۰/۵ کاهش معنی‌داری نداشت. برای ریحان بیشترین وزن تازه و خشک بوته (۹۱/۷۱ و ۱۶/۳۹ گرم در بوته) و شاخص سطح برگ (۱۸۴۵/۹۹ سانتی‌متر مربع در بوته) در کشت خالص و به‌ترتیب در سطح بدون تنش و ۰/۸۵FC–۰/۷ به‌دست آمد. گوجه‌فرنگی در رقابت برون گونه‌ای نسبت به ریحان غالبیت داشت و عملکرد ریحان را به‌صورت چشمگیری تحت تأثیر قرارداد. در نهایت بر اساس نتایج این پژوهش کشت مخلوط ریحان و گوجه‌فرنگی تا سطح رطوبتی ۵۰ درصد گنجایش مزرعه‌ای منجر به کاهش هدررفت آب و افزایش عملکرد میوه مجموع دو گیاه با توجه به آب مصرفی شده است.

واژه‌های کلیدی: تنش رطوبتی، کشت خالص، عملکرد، شاخص سبزینگی، هدایت روزنه‌ای

مقدمه

در حالی که جمعیت جهان به سرعت هشدار دهنده‌ای رو به افزایش است، منابع آب و خاک لازم برای تولید غذای اضافی مورد تقاضای بشر با محدودیت جدی روبرو است. کاهش سهم سرانه زمین‌های قابل کشت باعث تمرکز فعالیت‌ها بر افزایش عملکرد در واحد سطح و زمان شده است. از طرفی افزایش

۱. گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان
۲. گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
۳. گروه اکوفیزیولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: yasin90salehi@gmail.com

جمعیت و کمبود طبیعی آب و مصرف بی‌رویه آن در بخش کشاورزی ذهن بسیاری از صاحب‌نظران را به خود معطوف کرده است. این امر در مناطق خشک و نیمه‌خشک از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. بر همین اساس دانشمندان راهکارهایی برای افزایش عملکرد و استفاده مؤثرتر از آب مصرفی معرفی کرده‌اند. به‌عنوان مثال ماندانبا و همکاران (۳۲) نوع خاک‌ورزی و تاریخ کاشت، زاتارلی و همکاران (۵۶) کم‌آبیاری و یوان یوان و همکاران (۵۳) کشت مخلوط را از راهکارهای مناسب در این رابطه عنوان کردند. کم آبیاری شیوه‌ای از اعمال مدیریت است که بر اساس آن ضمن وارد نیامدن خسارت شدید به گیاه در اثر تنش رطوبتی و با قبول کاهش مقداری از عملکرد، در مقدار آب آبیاری صرفه‌جویی می‌شود. تنش ملایم ناشی از کم‌آبیاری می‌تواند به‌دلیل تأخیر چندروزه در آبیاری و یا کاهش مقدار آب مصرفی در هر نوبت آبیاری باشد (۳۱).

کشت مخلوط نیز یکی از الگوهای کشت در کشاورزی پایدار محسوب می‌شود که با بهره‌گیری از اصل تنوع گیاهی در مزرعه موجب افزایش تولید، حفظ حاصلخیزی و کنترل فرسایش و در مجموع بهره‌برداری بهینه از منابع محیطی می‌شود. همچنین کشت مخلوط می‌تواند به‌عنوان راهبردی موفق برای افزایش عملکرد محصولات زراعی و کنترل علف‌های هرز مورد استفاده قرار گیرد (۲۱). کشت مخلوط با کاهش دمای زیر کانوپی باعث کاهش تبخیر از سطح خاک می‌شود (۴۵). این روش کشت می‌تواند رشد محصول و بهره‌وری را به حداکثر برساند (۵۳) و باعث شود مواد مغذی در محیط در حالت تعادل نگه داشته شوند (۸). این الگوی کشت باعث کاهش آسیب‌های ناشی از آفات و بیماری‌ها (۲۰)، بهبود مقدار (۲۹) و کیفیت محصولات می‌شود (۷).

تاکنون پژوهش‌های مختلفی در زمینه بررسی اثر سطوح رطوبتی و کشت مخلوط بر شاخص‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاهان مختلف انجام گرفته است. شاه‌نظری و همکاران (۴۷) با بررسی آثار تنش ناحیه‌ای بر عملکرد و کارایی مصرف آب در سیب‌زمینی گزارش کردند اعمال آبیاری ناکامل بر ریشه در طول فصل رشد سطح برگ را کاهش می‌دهد اما در انتهای فصل رشد، سطح برگ در آبیاری ناکامل بیشتر از آبیاری کامل بوده است. میرهاشمی و همکاران (۳۵) با بررسی کشت مخلوط زنیان و شنبلیله گزارش کردند مقادیر وزن خشک، شاخص سطح برگ و همچنین سرعت رشد در کلیه تیمارها در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص بیشتر بود. محمدیان و همکاران (۳۷) اثر کشت مخلوط بر سه توده کنجد را بررسی کرده و گزارش کردند کشت مخلوط از نظر شاخص‌های مورفولوژیک مانند ارتفاع بوته، تعداد گره ساقه، زیست‌توده و تعداد شاخه و از نظر مقدار شاخص‌های فیزیولوژیک مانند سرعت رشد و شاخص سطح برگ نسبت به کشت خالص مقدار بیشتری را به خود اختصاص داد. کوچکی و همکاران (۲۵) با بررسی عملکرد سه گیاه سیاه‌دانه، نخود و لوبیا در کشت مخلوط گزارش کردند که عملکرد در کشت خالص نسبت به کشت مخلوط بیشتر بوده است. میلانی و همکاران (۳۴) ارتباط معنی‌دار و قوی دمای تاج را با میزان رطوبت گیاه گزارش کردند. آنها هدایت روزنه‌ای و پتانسیل آب برگ را شاخص‌های گیاهی مهم در برنامه‌ریزی آبیاری درخت بادام عنوان کردند. دباغ و همکاران (۱۰) با بررسی تأثیر نوع کشت بر دو گیاه ذرت و لوبیا، افزایش شاخص سطح برگ و در نتیجه افزایش درصد نور دریافتی در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص دو گیاه را گزارش کردند. گلستانی‌فر و همکاران (۱۴) در پژوهشی به‌منظور ارزیابی شاخص‌های رقابتی گندم و چاودار در شرایط تنش خشکی کاهش عملکرد بیولوژیک دو گیاه را در شرایط تنش خشکی به‌دلیل شدت رقابت درون گونه‌ای و برون گونه‌ای گزارش کردند. حقانی‌نیا و همکاران (۱۷) با ارزیابی عملکرد کیفیت علوفه و سودمندی کشت مخلوط جو و خلر گزارش کردند که نسبت برابری زمین در تمامی الگوهای کشت بیشتر از ۱ بوده و کشت مخلوط نسبت به کشت خالص عملکرد مناسب‌تری داشته است. مقبلی و همکاران (۳۶) در پژوهشی با هدف ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد در کشت مخلوط پیاز و

شنبلبه گزارش کردند بهره‌وری واقعی در کشت مخلوط بیشتر از کشت خالص آن دو بوده است؛ همچنین کشت مخلوط به استفاده مؤثرتر از منابع کمک می‌کند. باراکلوف و کت (۳) با بررسی اثر تنش رطوبتی بر گیاه گندم افزایش شاخص سبزینگی را با افزایش تنش رطوبتی گزارش کردند. پاگتور و همکاران (۴۲) با بررسی گیاه نی گزارش کردند که تحت شرایط تنش رطوبتی به‌دلیل کاهش اندازه و تولید برگ‌های جدید و همچنین افزایش ریزش برگ‌های گیاه، شاخص سطح برگ کاهش یافته است و دلیل آن را حساسیت بیشتر برگ‌های نی به کمبود رطوبت نسبت به دیگر بخش‌های آن عنوان کردند. در پژوهشی اثر کشت مخلوط گوجه‌فرنگی با چهار گونه جعفری، ریحان، کاهو و خردل سفید که به سازگاری خوب با محصول گوجه‌فرنگی شناخته شده‌اند مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که کشت مخلوط اثر مثبتی بر کیفیت میوه گوجه‌فرنگی، کارآیی مصرف انرژی و کاهش آلودگی به جنس نماتد (*Meloidogyne*) دارد و همچنین گزارش شد جعفری، ریحان و کاهو توان رقابت کمتری با گوجه‌فرنگی داشته و کاهش قابل‌توجهی در بهره‌وری گوجه‌فرنگی ایجاد نمی‌کنند (۵۰). ژانگ و همکاران (۵۵) آثار کم‌آبیاری و تراکم بوته را بر عملکرد گیاه پنبه در سین کیانگ چین بررسی کردند. نتایج آنها نشان داد تراکم و عملکرد پنبه تحت تأثیر کم‌آبیاری افزایش یافته است.

بررسی منابع نشان می‌دهد آثار کم‌آبیاری و کشت مخلوط بر گیاهان مختلف متفاوت است و برای در دست داشتن اطلاعات درست از هر منطقه و هر گیاه باید این آزمایش‌ها برای مناطق و گیاهان مختلف تکرار شود. با توجه به اینکه تاکنون در مورد آثار همزمان کشت مخلوط و کم‌آبیاری بر شاخص‌های رشدی ریحان و گوجه‌فرنگی پژوهشی صورت نگرفته است، پژوهش حاضر با هدف بررسی شاخص‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک ریحان و گوجه‌فرنگی تحت تأثیر کشت مخلوط و کم‌آبیاری در شرایط گلخانه‌ای انجام پذیرفت.

مواد و روش‌ها

مکان آزمایش

این پژوهش در گلخانه گروه علوم و مهندسی خاک دانشگاه تبریز به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور و جمعاً ۱۲ تیمار در سه تکرار و با مجموع ۳۶ جعبه روی دو گیاه ریحان و گوجه‌فرنگی اجرا شد. دوره کشت ۵ ماهه از اواخر زمستان سال ۱۳۹۵ تا پایان بهار سال ۱۳۹۶ به طول انجامید. فاکتورهای مورد بررسی شامل نوع کشت (کشت خالص گوجه‌فرنگی (T)، کشت خالص ریحان (B) و کشت مخلوط (B۵۰:T۵۰)) و دوره‌های زمانی آبیاری بر اساس گنجایش مزرعه‌ای (FC) (آبیاری بدون تنش آبی در ناحیه ریشه ۱FC–۰/۸۵ و سطوح تنش FC ۰/۸۵–۰/۷، ۰/۷FC–۰/۵ و FC ۰/۵–۰/۳) بود. در این پژوهش از جعبه‌های کشت به ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر، طول ۳۵ سانتی‌متر و عرض ۲۸ سانتی‌متر حاوی ۲۰ کیلوگرم خاک با کلاس بافتی لوم رسی سیلتی استفاده شد (جدول ۱).

تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک

برای اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک پس از هواخشک کردن خاک مورد استفاده و پیش از کشت، نمونه ترکیبی برداشته شد و پس از عبوردادن از الک دو میلی‌متری توزیع اندازه ذرات به روش هیدرومتری (۱۲)، pH به‌وسیله pH سنج در گل اشباع (۲۷) و درجه شوری به‌وسیله EC سنج بر مبنای رسانایی الکتریکی عصاره گل اشباع (EC) (۵۲) اندازه‌گیری شد. مقدار کربن آلی به روش والکی و بلاک (۵۱) و کربنات کلسیم معادل به روش تیتراسیون (۲۲) تعیین شد. رطوبت خاک در نقطه پژمردگی دائم (در پتانسیل ماتریک ۱۵۰۰- کیلوپاسکال) و گنجایش مزرعه‌ای (در پتانسیل ماتریک ۳۰- کیلوپاسکال) به‌وسیله دستگاه صفحه فشار اندازه‌گیری شدند (۴). عناصر غذایی خاک شامل فسفر به روش اولسن (۴۱)، پتاسیم به روش شعله‌سنجی با استفاده از دستگاه فلیم‌فتومتر (۲۲)، نیتروژن کل به روش کجلدال (۱۶)، آهن، منگنز، روی و مس قابل جذب هم با استفاده از طیف‌سنج جذب اتمی (۲۲ و ۱۶) اندازه‌گیری شدند.

جدول ۱. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش

کلاس بافت خاک	شن	سیلت	رس	کربن آلی	نیتروژن کل	رطوبت حجمی گنجایش مزرعه‌ای (FC)	رطوبت حجمی نقطه پژمردگی (PWP)	کربنات کلسیم معادل (CCE)	pH	EC
	(%)									(dS/m)
لوم رسی سیلتی	۵/۵	۵۸/۴	۳۶/۱	۲/۰۱	۰/۲۳	۳۴	۱۰/۴	۲۰	۷/۱۲	۲/۵۴

ادامه جدول ۱

فسفر	پتاسیم	آهن	روی	مس	منگنز
(mg/kg)					
۹	۷۴۰	۰/۸	۲/۵	۰/۷	۱/۴

به‌منظور تأمین نیاز غذایی گیاهان بر اساس آزمون خاک ۶۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم نیتروژن از منبع کود اوره، ۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم فسفر از منبع سوپرفسفات تریپل، ۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم آهن از منبع سولفات آهن، ۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم مس از منبع سولفات مس و ۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم منگنز از منبع سولفات منگنز با در نظر گرفتن وزن خاک جعبه‌های کشت به گلدان‌ها افزوده شد. در این آزمایش کود اوره در دو نوبت (پیش از کشت گیاه و یک ماه پس از کشت) به خاک افزوده شد (جدول ۱).

به‌منظور ایجاد تراکم مناسب، در کشت خالص گوجه‌فرنگی ۲ نشاء برای هر جعبه کشت در نظر گرفته شد (۳۳)، در کشت خالص ریحان در هر جعبه کشت ۱۴ بوته ریحان حفظ شد (۴۳) و برای کشت مخلوط در هر جعبه کشت یک نشاء گوجه‌فرنگی و هفت بوته ریحان استقرار یافت. به‌منظور اعمال سطح رطوبتی بدون تنش، محدوده‌ای که بیشترین مقدار آب قابل استفاده برای هر دو گیاه در آن وجود دارد (محدوده گنجایش مزرعه‌ای) در نظر گرفته شد. با توجه به تغییرات سریع‌تر میزان رطوبت در محدوده رطوبتی نزدیک به گنجایش مزرعه‌ای و برای افزایش دقت دو تیمار اول (۱FC–۰/۸۵ و FC ۰/۸۵–۰/۷) نسبت به تیمارهای سوم و چهارم در محدوده کوچک‌تری (۱۵ درصد) بررسی شدند. کنترل تنش‌های رطوبتی مورد آزمایش از طریق کنترل میزان آب موجود در خاک هر گلدان با اندازه‌گیری‌های روزانه رطوبت گلدان‌ها تعیین شد. به عنوان مثال برای نگهداری رطوبت خاک گلدان در محدوده (۰/۷FC–۰/۵) آبیاری در این تیمار رطوبتی زمانی صورت گرفت که رطوبت خاک به حدود حد پایین دامنه تعیین شده (یعنی حدود ۰/۵FC) رسید. پس از رسیدن به این حد مقدار رطوبت لازم در واحد سطح برای رسیدن رطوبت به حد ۰/۷FC افزوده می‌شد. برای اندازه‌گیری و کنترل رطوبت خاک در جعبه‌های کشت از حسگرهای مقاومت الکتریکی و دستگاه اهم‌متر استفاده شد. برای تبدیل مقاومت الکتریکی حسگر به رطوبت خاک منحنی واسنجی تبدیل مقاومت حسگر به رطوبت برای خاک مورد بررسی رسم شد و هر زمان با اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی توسط دستگاه اهم‌متر و قرار دادن آن در منحنی واسنجی مقدار رطوبت خاک به‌دست آمد. در هر جعبه کشت دو حسگر برای قرائت مقاومت قرار داده شد و با میانگین‌گیری از قرائت دو حسگر مقدار رطوبت هر گلدان تعیین شد.

تعیین عملکرد: شاخص سبزینگی برگ هر بوته در چندین نوبت به وسیله دستگاه کلروفیل‌متر SPAD ۵۰۲ اندازه‌گیری شد

و میانگین آنها گزارش شد. هدایت روزنه‌ای به وسیله دستگاه پرومتر، و دمای برگ با استفاده از دماسنج فروسرخ اندازه‌گیری شدند. به‌منظور شاخص سطح برگ، مساحتی مشخص بر روی یک سطح صاف اندازه‌گیری شد و این فضا با برگ‌های ریحان و گوجه‌فرنگی جداگانه به‌صورت کامل پر شد. سپس برگ‌ها وزن شده و مشابه رابطه (۱) نسبت بین سطح و وزن برگ‌ها به‌دست آمد. در ادامه با قراردادن وزن کل برگ‌های هر گیاه (۴۴) در رابطه (۱) شاخص سطح برگ آنها تعیین شد:

$$\text{نسبت سطح به وزن برگ} = \frac{\text{سطح برگ}}{\text{وزن برگ}} \quad (۱)$$

این نسبت برای برگ گوجه‌فرنگی برابر با ۲۸/۱۲ سانتی‌متر مربع و برای برگ ریحان برابر ۳۷/۵ سانتی‌متر مربع به‌دست آمد.

وزن تازه و خشک بخش هوایی بوته با اندازه‌گیری وزن تازه در زمان برداشت و وزن خشک پس از قراردادن در آون به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۷۵ درجه سلسیوس تعیین شد. تجزیه واریانس و تحلیل داده‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۱ و رسم نمودارها و جداول با Excel انجام شد. برای مقایسه میانگین داده‌ها نیز از آزمون مقایسه میانگین دانکن استفاده شد.

نتایج و بحث

گیاه گوجه‌فرنگی

جدول (۲)، نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای آزمایشی بر پارامترهای گیاهی اندازه‌گیری شده گوجه‌فرنگی را نشان می‌دهد. تأثیر سطوح رطوبتی بر شاخص سبزینگی، هدایت روزنه‌ای، سطح برگ، وزن تازه و خشک بخش هوایی و دمای برگ در سطح احتمال ۱ درصد و اثر نوع کشت بر شاخص سبزینگی، هدایت روزنه‌ای، سطح برگ و وزن تازه و خشک بوته در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد. اما نوع کشت بر دمای برگ‌ها اثر معنی‌داری نداشت. اثر برهم‌کنش نوع کشت × سطوح رطوبتی نیز بر شاخص سبزینگی، سطح برگ‌ها، وزن تازه و خشک بخش هوایی در سطح احتمال ۱ درصد و بر دمای برگ در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد.

شاخص سبزینگی برگ در گوجه‌فرنگی

پایداری کلروفیل یکی از معیارهایی است که برای ارزیابی مقاومت گیاهان به خشکی و برای انتخاب ارقام مقاوم پیشنهاد شده است (۲۶). شاخص سبزینگی گوجه‌فرنگی در کشت مخلوط به طور میانگین کمتر از کشت خالص گوجه‌فرنگی بود. بیشترین تفاوت دو نوع کشت در تیمارهای رطوبتی ۱FC–۰/۸۵ و ۰/۵FC–۰/۳ رخ داد. کاهش اندازه برگ‌ها با افزایش تنش رطوبتی از عوامل مؤثر بر این شاخص بود. بیشترین مقدار شاخص سبزینگی برگ (۷۲/۳۳) در گیاه گوجه‌فرنگی مربوط به سطح رطوبتی ۰/۵FC–۰/۳ و کشت خالص بود. این نتیجه با روند تغییرات این شاخص در سطوح دیگر رطوبتی هم‌خوانی نداشت که می‌تواند به‌دلیل اثر تغلیظ رخ داده باشد. بدین مفهوم که زمانی که بوته کوچک و اندازه برگ‌ها کاهش یابد، تعداد روزنه‌ها در سطح افزایش می‌یابد و در نتیجه دی‌اکسید کربن بیشتری وارد گیاه شده و شاخص سبزینگی مقدار بیشتری را نشان می‌دهد. محمودی و همکاران (۳۰) نیز این نتیجه را برای گیاه یونجه در شرایط گلخانه‌ای مشاهده کرده‌اند. کمترین مقدار شاخص سبزینگی (۳۹/۰۳) نیز در کشت مخلوط و در سطح رطوبتی ۰/۵FC–۰/۳ مشاهده شد. در سطوح دیگر رطوبتی شاخص سبزینگی با افزایش کم‌آبیاری با کاهش همراه بود. اما این کاهش تا سطح رطوبتی ۰/۸۵FC–۰/۷ تفاوت معنی‌داری با سطح بدون تنش (۱FC–۰/۸۵) نداشت (شکل ۱-الف). نتایج این پژوهش با نتایج حکیمی‌نیا (۱۸) برای گیاه پیاز خوراکی و رودزانی و همکاران (۴۶) برای گیاه لوبیا مبنی بر کاهش میزان سبزینگی با افزایش تنش رطوبتی همخوانی دارد.

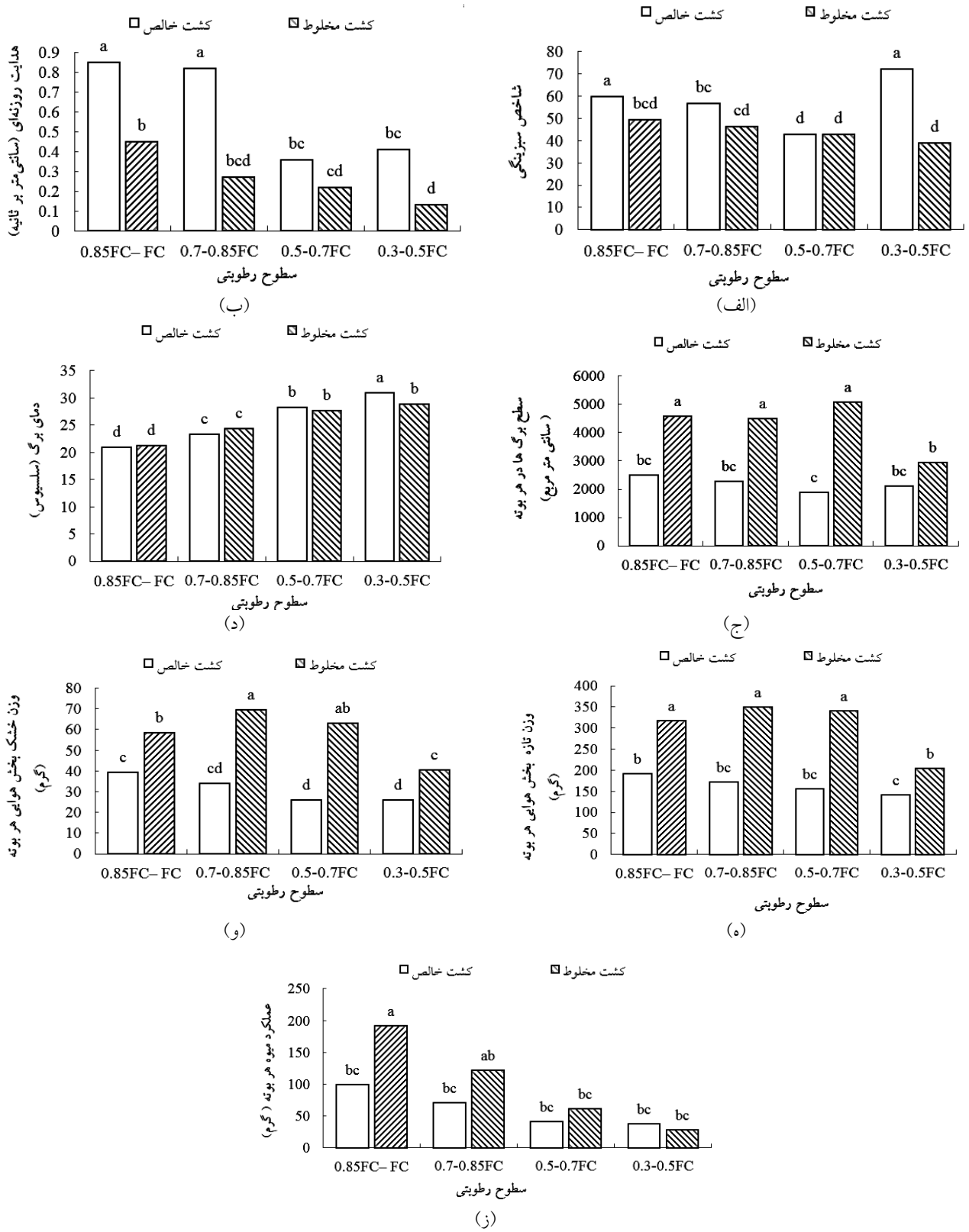
هدایت روزنه‌ای برگ گوجه‌فرنگی

تنش رطوبتی در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص به مقدار بیشتری هدایت روزنه‌ای را تحت تأثیر قرار داده است به

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس اثر فاکتورهای سطوح رطوبتی (A)، کشت (B) بر صفات اندازه‌گیری شده گوجه‌فرنگی

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		شاخص سبزینگی	هدایت روزنه‌ای (سانتی‌متر بر ثانیه)	سطح برگ (مترمربع)	دمای برگ (درجه سلسیوس)	وزن تازه بوته (گرم)	وزن خشک بوته (گرم)	عملکرد میوه (گرم در بوته)
A	۳	۲۳۵/۵۹**	۰/۱۳**	۱۳۴۲۳۰۲/۶۷**	۹۴/۱۷**	۱۰۰۳۷/۹۵**	۳۹۹/۶۵**	۴۸/۵۷**
B	۱	۱۱۸۴/۴۱**	۰/۳۹**	۲۶۱۴۰۳۸۵/۰۴**	۱/۳۶ns	۱۱۳۲۰۴/۵۶**	۴۱۵۷/۶۶**	۲۳/۷۵*
A×B	۳	۲۶۹/۴۶**	۰/۰۱۷ns	۱۴۱۴۰۴۷/۲۴**	۲/۴۱*	۴۹۳۳/۵۰**	۱۹۲/۶۷**	۹/۲۰ns
خطای آزمایش	۱۶	۳۵/۴۸	۰/۱۱	۲۰۹۶۹۱/۶۰	۰/۷۳	۶۴۳/۴۳	۲۴/۹۷	۳/۱۷
ضریب تغییرات (٪)	–	۲۳/۳۸	۴۷/۶۱	۳۹/۵۴	۱۴/۰۹	۳۶/۵۱	۳۵/۱۷	۳۸/۰۷

**، * و ns به ترتیب بیان‌گر اثر معنی‌داری در سطوح ۱ درصد و ۵ درصد و اثر غیرمعنی‌دار است.



شکل ۱. مقایسه میانگین: الف) شاخص سبزینگی، ب) هدایت روزنه‌ای برگ‌ها، ج) سطح برگ‌ها، د) دمای برگ، ه) وزن تازه بخش هوایی، و) وزن خشک بخش هوایی و ز) عملکرد میوه گوجه‌فرنگی تحت تأثیر برهم‌کنش سطوح رطوبتی و نوع کشت؛ حروف متفاوت بیانگر تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۱ درصد است.

صورتی که بیشترین میزان هدایت روزنه‌ای (۰/۸۵ سانتی‌متر بر ثانیه) در کشت خالص و در سطح رطوبتی FC۱–۰/۸۵ مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با مقدار آن در سطح رطوبتی FC۰/۸۵–۰/۷ و همان کشت با مقدار ۰/۸۲ سانتی‌متر بر ثانیه نداشت. کمترین میزان هدایت روزنه‌ای در تیمار FC۰/۵–۰/۳ و در کشت مخلوط (۰/۱۳ سانتی‌متر بر ثانیه) به‌دست آمد. به‌طور کلی میانگین هدایت روزنه‌ای در کشت خالص گوجه‌فرنگی نسبت به کشت مخلوط به‌ترتیب با افزایش تنش رطوبتی، ۰/۴۰، ۰/۵۴، ۰/۱۴ و ۰/۲۸ سانتی‌متر بر ثانیه بیشتر بود (شکل ۱–ب). در شرایط تنش رطوبتی گیاهان برای مقابله با از دست دادن آب پاسخ‌های مختلفی از خود نشان می‌دهند که بستن روزنه‌ها اولین پاسخ به این شرایط است؛ این کار باعث کاهش تعرق در گیاهان می‌شود. کاهش هدایت روزنه‌ای نشان از کاهش جذب آب و کمبود رطوبت در گیاه است. همچنین شواهد نشان می‌دهد که کاهش هدایت روزنه‌ای سبب کاهش فتوسنتز و عملکرد می‌گردد (۲۸). افشاری‌بهبهانی‌زاده و همکاران (۱) و نصیری (۴۰) نیز نتایجی مبنی بر کاهش هدایت روزنه‌ای با کاهش سطح رطوبتی ارائه دادند.

سطح برگ‌های گوجه‌فرنگی

به‌صورت کلی کشت مخلوط باعث افزایش سطح برگ‌های گوجه فرنگی و افزایش تنش رطوبتی منجر به کاهش سطح برگ‌ها در هر دو نوع کشت شده است. بیشترین مقدار سطح برگ (۵۰۹۱/۵۶ سانتی‌مترمربع در بوته) مربوط به سطح رطوبتی FC۰/۷–۰/۵ و کشت مخلوط بود که اختلاف معنی‌داری با سطوح FC۰/۸۵–۰/۷ و FC۱–۰/۸۵ در همان نوع کشت نداشت. کمترین مقدار سطح برگ نیز در سطح رطوبتی FC۰/۷–۰/۵ (۱۸۹۰/۳۳ سانتی‌مترمربع در بوته) و در کشت خالص رخ داد که نسبت به کشت مخلوط در همان سطح ۶۳ درصد کمتر بود. به‌طور کلی سطح برگ‌های گوجه‌فرنگی در کشت مخلوط در تمام سطوح رطوبتی به‌طور قابل ملاحظه‌ای مقدار بیشتری را نسبت به کشت خالص نشان دادند؛ این اختلاف در سطح رطوبتی FC۰/۵–۰/۳ به حداقل رسید (شکل ۱–ج). طریق الاسلامی و همکاران (۴۹) عنوان کردند که تنش خشکی مانع توسعه برگ‌های جدید و پیری برگ‌ها می‌شود. همچنین کاهش سطح برگ ممکن است به دلیل کاهش اندازه برگ همراه با کاهش توسعه برگ‌های جداگانه در گیاه باشد. افزایش پیری زودرس برگ‌ها در اثر تنش خشکی در گیاه سویا (۵) و در لوبیای چیتی (۱۱) نیز گزارش شده است. هان‌مینگ و همکاران (۱۹) نیز افزایش سطح برگ در کشت مخلوط نسبت به خالص را گزارش کرده‌اند.

دمای برگ گوجه‌فرنگی

نوع کشت تأثیر معنی‌داری بر دمای برگ نداشت اما این پارامتر به شکل بسیار مناسبی کاهش رطوبت درون گیاه را تحت تأثیر تنش‌های رطوبتی مختلف نشان داد. نتایج مقایسه میانگین دمای برگ نشان داد که با کاهش رطوبت از سطح بدون تنش (FC۱–۰/۸۵) به تنش شدید (FC۰/۵–۰/۳) دما به‌صورت معنی‌داری افزایش یافت. نتایج نشان می‌دهد به‌ترتیب در سطوح FC۱–۰/۸۵ و FC۰/۸۵–۰/۷ به‌دلیل در دسترس بودن رطوبت کافی برای گوجه‌فرنگی، دما تغییرات کمتری نسبت به دو سطح دیگر از خود نشان داده است. به طور میانگین مقدار دما در سطح بدون تنش (FC۱–۰/۸۵) نسبت به سطوح دیگر رطوبتی به‌ترتیب ۱۳، ۳۲ و ۴۲ درصد کمتر بود (شکل ۱–د). امینی و میلانی (۲) و نصیری (۴۰) افزایش دمای برگ در اثر کم‌آبیاری و افزایش تنش رطوبتی در گیاهان عدس و ذرت را گزارش کردند. به نظر می‌رسد که به دنبال کاهش آب قابل‌دسترس در اثر کمبود رطوبت خاک، پتانسیل آب گیاه، هدایت روزنه‌ای و در نهایت تعرق کاهش می‌یابد. بر مبنای بیلان انرژی در سطح برگ، کاهش تعرق منجر به افزایش دمای تاج پوشش برگ می‌شود (۶).

وزن تازه و خشک بخش هوایی در گوجه‌فرنگی

نتایج تجزیه واریانس وزن تازه و خشک بخش هوایی گوجه‌فرنگی تأثیر معنی‌دار نوع کشت و سطوح رطوبتی به

تنهایی و اثر برهم‌کنش آنها را در سطح احتمال ۱ درصد نشان می‌دهد (جدول ۲). وزن تازه و خشک گوجه‌فرنگی با تغییر نوع کشت و تنش رطوبتی برتری کشت مخلوط را نسبت به کشت خالص در این گیاه نشان داد. بیشترین وزن تازه بخش هوایی در سطح رطوبتی ۰/۸۵FC–۰/۷ و کشت مخلوط با میانگین ۳۴۹/۷۳ گرم در بوته و کمترین آن در سطح رطوبتی ۰/۵FC–۰/۳ و کشت خالص با میانگین ۱۴۱/۹۴ گرم در بوته به دست آمد. همچنین بیشترین و کمترین وزن خشک بخش هوایی نیز در دو تیمار یاد شده برابر ۶۹/۴۲ و ۲۶/۰۳ گرم در بوته به دست آمد. بررسی روند تغییرات وزن تازه و خشک بخش هوایی گیاه گوجه‌فرنگی نشان می‌دهد با افزایش تنش رطوبتی از مقدار وزن دو پارامتر کاسته شده است اما با مقایسه وزن تازه و خشک تک بوته در دو نوع کشت می‌توان دریافت که کشت مخلوط سازگاری بهتری را نسبت به کشت خالص نشان داده و توانسته به مراتب از کشت خالص استفاده مؤثرتری از آب و عناصر غذایی درون خاک داشته باشد (شکل‌های ۱–ه و ۱–و). کاهش تولید ماده خشک نشان می‌دهد کاهش جذب در فتوسنتز منجر به کاهش رشد، گسترش برگ و همچنین کاهش میزان جذب نور شده و گیاهان کوچک‌تر می‌شوند (۴۶). افزایش عملکرد در الگوی کشت مخلوط به این مفهوم است که گیاه توانسته از امکانات موجود بهره‌برداری کرده و سودمندی زراعی بیشتری نسبت به کشت خالص حاصل شود و دلیل آن به احتمال زیاد مهیا بودن فضای اکولوژیک مناسب، تفاوت سیستم ریشه‌ای، تفاوت مورفولوژیک دو گیاه و در نتیجه استفاده حداکثری از منابع محیطی است (۲۴). قاسمی گلزانی و لطفی (۱۳) نیز این کاهش عملکرد را تحت تأثیر تنش رطوبتی برای سویا گزارش کردند.

عملکرد میوه گوجه فرنگی

میوه گوجه‌فرنگی در سطوح اول و دوم تیمارهای رطوبتی به صورت معنی‌داری در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص عملکرد مناسب‌تری داشت. مقایسه میانگین‌های اثر برهم‌کنش نوع کشت و سطوح رطوبتی نشان‌دهنده افزایش عملکرد میوه گوجه‌فرنگی در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص در تمام سطوح رطوبتی است. بیشترین عملکرد میوه در کشت مخلوط و سطح رطوبتی بدون تنش با ۱۹۱/۳۳ گرم در بوته اندازه‌گیری شد که اختلاف معنی‌داری با سطح رطوبتی ۰/۸۵FC–۰/۷ در همان نوع کشت نشان نداد. کمترین عملکرد میوه با اختلاف ناچیز با کشت خالص مربوط به کشت مخلوط و سطح کم‌آبیاری ۰/۵FC–۰/۳ با ۲۸/۳۳ گرم در بوته بود. اختلاف عملکرد میوه بین کشت مخلوط و خالص در چهار سطح رطوبتی به ترتیب ۴۸، ۴۲، ۳۲ و ۲۵ درصد بود که به جز در سطح رطوبتی ۰/۵FC–۰/۳، در بقیه سطوح رطوبتی کشت مخلوط نسبت به کشت خالص کارایی بهتری را نشان داده است (شکل ۱–ز). گوجه‌فرنگی در کشت مخلوط بر گیاه ریحان غالبیت داشت و با گذشت زمان رشد سریع‌تری نسبت به گیاه ریحان داشت. به نظر می‌رسد این گیاه با گستراندن سریع‌تر ریشه توانسته جذب مناسب‌تری از آب و عناصر غذایی نسبت به کشت خالص داشته باشد و در نتیجه عملکرد میوه آن نسبت به کشت خالص در واحد بوته بیشتر شده است. نتایج متفاوتی توسط پژوهش‌گران برای عملکرد میوه تحت تأثیر نوع کشت گزارش شده است. به عنوان مثال رضایی چیانه (۱۳۸۹) کاهش عملکرد میوه باقلا را تحت تأثیر کشت مخلوط گزارش کردند. اما یافته‌های حدیدی و همکاران (۲۰۱۱) حصول بیشترین عملکرد میوه کدو تنبل در کشت مخلوط کدو تنبل با لوبیا را نشان داد.

ریحان

بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳)، اثر سطوح رطوبتی در گیاه بر وزن تازه و خشک بخش هوایی، سطح برگ و دمای برگ در سطح ۱ درصد و بر شاخص سبزینگی در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد. اثر نوع کشت در ریحان بر شاخص سبزینگی، وزن تازه و خشک بخش هوایی و سطح برگ ریحان در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد. اثر برهم‌کنش کشت × سطوح رطوبتی نیز در گیاه ریحان بر وزن تازه و خشک بخش هوایی و

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس اثر فاکتورهای سطوح رطوبتی (A) و کشت (B) بر صفات اندازه‌گیری شده ریحان

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		شاخص سبزینگی	هدایت روزنه‌ای (سانتی‌متر بر ثانیه)	وزن تازه ۷ بوته (گرم)	وزن خشک ۷ بوته (گرم)	دمای برگ (درجه سلسیوس)	سطح برگ ۷ بوته (مترمربع)
A	۳	۱۰/۴۴*	۰/۲۶ns	۰/۸۲**	۰/۸۰**	۳۴/۹۵**	۱/۷۸**
B	۱	۱۳۱/۶۰**	۰/۲۱ns	۱۰/۶۰**	۲۰/۳۳**	۲/۸۰ns	۱۴/۶۷**
A×B	۳	۲/۸۸*	۰/۲۴ns	۰/۳۲**	۰/۷۷**	۲/۱۵ns	۱/۴۲**
خطای آزمایش	۱۶	۰/۶۰	۰/۱۷	۰/۰۴	۰/۰۹۳	۱۵/۸۹	۰/۰۶
ضریب تغییرات (٪)	–	۱۸/۰۱	۳۰/۱۳	۲۳/۶۸	۸۴/۲۵	۹/۹۲	۱۴/۴۹

**، * و ns به‌ترتیب بیانگر اثر معنی‌دار در سطوح ۱ و ۵ درصد و اثر غیرمعنی‌دار است.

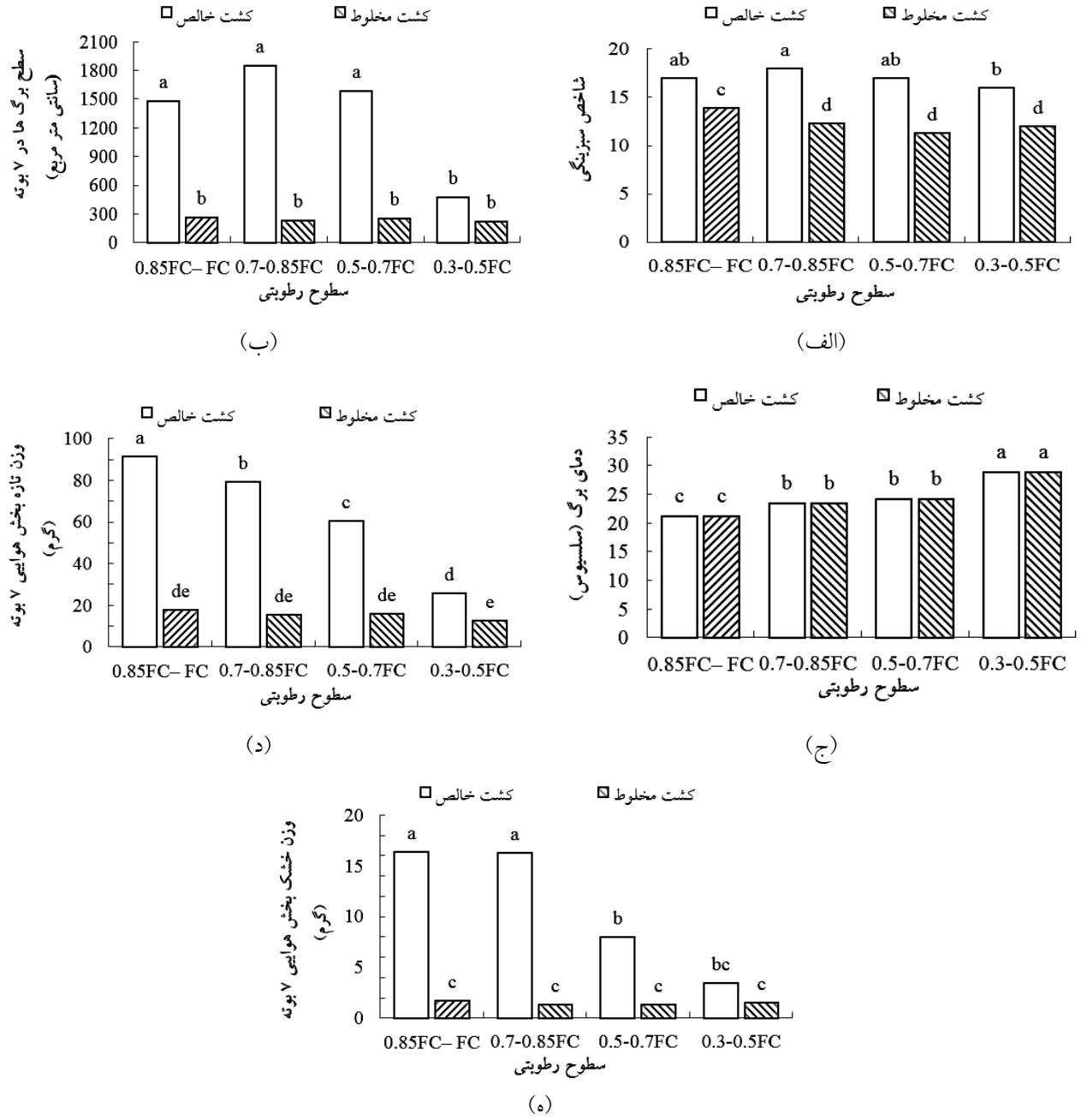
سطح برگ در سطح احتمال ۱ درصد و بر شاخص سبزینگی در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد.

شاخص سبزینگی برگ ریحان

بیشترین میزان شاخص سبزینگی برگ ریحان در تیمار ۰/۷-۰/۸۵FC و در کشت خالص به دست آمد. همچنین کمترین میزان آن (۱۱/۰۳) نیز مربوط به تیمار ۰/۷FC-۰/۵ و در کشت مخلوط به دست آمد (شکل ۲-الف). نتایج نشان داد در کشت خالص سطوح رطوبتی تأثیر معنی‌داری بر شاخص سبزینگی نداشت و تغییرات دارای روند مشخصی نبود. اما این شاخص در کشت مخلوط به طور معنی‌داری تحت تأثیر سطوح رطوبتی قرار گرفت؛ با افزایش کم‌آبیاری در کشت مخلوط کاهش شاخص سبزینگی مشاهده شد. غالبیت گوجه‌فرنگی بر ریحان در جذب آب و نور در کشت مخلوط می‌تواند عامل کاهش سبزینگی ریحان در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص باشد. نصیری‌نژاد و همکاران (۳۹) نیز کاهش شاخص سبزینگی را برای گیاه آفتابگردان در کشت آفتابگردان-تاج خروس نسبت به کشت خالص آن دو گزارش کردند و علت آن را رقابت دو گیاه برای نور و دی‌اکسید کربن عنوان کردند. طالبی (۴۸) از تنش خشکی به‌عنوان دلیل کاهش مقدار کلروفیل در گیاه گندم نام برد. همچنین کاهش شاخص سبزینگی با افزایش کم‌آبیاری برای گیاه لوبیا (۴۶)، و گیاه برنج (۹) نیز گزارش شده است.

سطح برگ‌های ریحان

اثر سطوح رطوبتی در کشت خالص نسبت به کشت مخلوط بر سطح برگ‌های ریحان متفاوت بود؛ در کشت مخلوط تغییرات سطح برگ با افزایش کم‌آبیاری معنی‌دار نشد اما در کشت خالص کم‌آبیاری با مساحت سطح برگ رابطه عکس داشت و با افزایش کم‌آبیاری مساحت سطح برگ‌ها کاهش یافت. نتایج مقایسه میانگین سطح برگ‌های ریحان نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین کشت خالص و کشت مخلوط بود. بیشترین مساحت برگ ۷ بوته ریحان در سطح رطوبتی ۰/۷-۰/۸۵FC و کشت خالص با میانگین (۱۸۴۶ سانتی‌مترمربع) به‌دست آمد و کمترین مساحت برگ نیز در کشت مخلوط ۰/۳-۰/۵FC با میانگین (۲۲۵ سانتی‌مترمربع) به‌دست آمد. به‌طور کلی میانگین سطح برگ‌های ریحان در کشت خالص نسبت به کشت مخلوط به‌ترتیب با افزایش تنش رطوبتی، ۵/۶، ۸/۲، ۶/۷ و ۱/۸ برابر بیشتر شد (شکل ۲-ب). افزایش سطح برگ در کشت خالص می‌تواند به‌دلیل برخورداری ریحان از فضای بیشتر رشد نسبت



شکل ۲. مقایسه میانگین: الف) شاخص سبزینگی، ب) سطح برگ‌ها، ج) دمای برگ، د) وزن تازه بخش هوایی و ه) وزن خشک بخش هوایی ریحان تحت تأثیر برهم‌کنش سطوح رطوبتی و نوع کشت؛ حروف متفاوت بیانگر تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۱ درصد است.

به کشت مخلوط و به‌دنبال آن توسعه بیشتر برگ‌ها باشد. در کشت مخلوط با گذشت زمان سایه‌اندازی گوجه‌فرنگی بر ریحان افزایش یافت؛ این امر سبب کاهش رسیدن نور به ریحان و در نتیجه کاهش میزان فعالیت‌های فتوسنتزی در ریحان گردید. درمجموع در این شرایط، رشد گیاه به شدت کاهش یافت. ماونک و مبا (۳۸) نیز کاهش سطح برگ بامیه را تحت تأثیر کشت مخلوط با کاساوا گزارش کردند. همچنین خضری و همکاران (۲۳) کاهش سطح برگ سورگوم را در اثر تنش

خشکی و سایه اندازی گیاهان بر یکدیگر و کاهش جذب نور و آب در کشت مخلوط سورگوم و لوبیا قرمز را گزارش کردند.

دمای برگ ریحان

نتایج بررسی دمای برگ در گوجه‌فرنگی و ریحان نشان داد می‌توان از این پارامتر به عنوان یک روش غیرمستقیم برای تخمین وضعیت آب در گیاه استفاده کرد . مقایسه میانگین دمای برگ در ریحان نشان داد که با افزایش کم‌آبیاری دمای برگ به طور معنی‌داری افزایش یافته است که نشان دهنده هم‌بستگی دمای برگ با رطوبت خاک است. در این نمودار بیشترین دما در رطوبت ۰/۳-۰/۵FC به‌دست آمده است که با سطوح رطوبتی ۰/۵-۰/۷FC، ۰/۷-۰/۸۵FC و ۰/۸۵-۱FC به‌ترتیب ۱۰، ۱۲ و ۲۲ درصد اختلاف نشان داشت (شکل ۲-ج). علت این یافته همان‌طور که در مورد گیاه گوجه‌فرنگی نیز اشاره شد بسته شدن روزنه‌ها برای جلوگیری از تعرق در شرایط کمبود رطوبتی خاک و در نتیجه افزایش دمای برگ‌ها است.

وزن تازه و خشک بخش هوایی ریحان

بیشترین میانگین وزن تازه بخش هوایی ۷ بوته ریحان در سطح رطوبتی بدون تنش (۰/۸۵-۱FC) و کشت خالص با ۹۱/۷۱ گرم و کمترین آن در سطح رطوبتی ۰/۳-۰/۵FC و کشت مخلوط (۱۲/۳۵ گرم) به دست آمد (شکل ۲). بیشترین وزن خشک بخش هوایی ریحان از سطح رطوبتی بدون تنش (۰/۸۵-۱FC) و در کشت خالص با ۲۴/۸۵ گرم و کمترین مقدار آن نیز در سطح رطوبتی ۰/۵-۰/۷FC و کشت مخلوط به میزان ۱/۳۰ گرم به دست آمد (شکل‌های ۲-د و ۲-ه). نتایج نشان‌دهنده کاهش چشم‌گیر ریحان تحت تأثیر کشت مخلوط و کاهش سطوح رطوبت است. گیاه گوجه‌فرنگی در کشت مخلوط با گذشت دوره رشد با توجه به ریشه‌دوانی سریع و استفاده حداکثری از فضای درون گلدان بر ریحان در رقابت بر سر جذب مواد غذایی و رطوبت غالبیت پیدا کرد و رشد سریع‌تری نسبت به ریحان داشت. از طرف دیگر رشد سریع گوجه‌فرنگی باعث کاهش دسترسی ریحان به نور کافی شد. سایه‌اندازی گسترده طی فصل رشد نیز از عوامل کاهش فتوسنتز و در نتیجه کاهش عملکرد ریحان بوده است. رضائی چیانه و همکاران (۴۵) نیز در کشت مخلوط شوید و شنبلیله بیشترین عملکرد بیولوژیک شنبلیله را در کشت خالص معرفی کردند. ژانگ و همکاران (۵۴) علت کاهش عملکرد گیاه در کشت مخلوط را به رقابت برای جذب منابع مانند نور، آب، مواد غذایی و فضا برای دو گیاه زارعی نسبت دادند.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد تأثیر نوع کشت و سطوح رطوبتی بر شاخص‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک دو گیاه متفاوت بود. کم‌آبیاری تا سطح رطوبتی ۰/۷-۰/۸۵FC کاهش معنی‌داری در اکثر شاخص‌های مورفولوژیک (سطح برگ و وزن تازه و خشک بوته) و عملکرد دو گیاه ایجاد نکرد. اما دمای برگ حساسیت بیشتری به کاهش رطوبت داشته و برای هر دو گیاه با ایجاد اولین سطح کم‌آبیاری به‌صورت معنی‌داری افزایش یافت. کم‌آبیاری به تنهای به صورت متفاوتی ویژگی‌های فیزیولوژیک دو گیاه را تحت تأثیر قرار داد. به عنوان مثال برای گیاه گوجه-فرنگی شاخص سبزینگی و میزان هدایت روزنه‌ای تا سطح کم-آبیاری ۰/۷-۰/۸۵FC اختلاف معنی‌داری با سطح بدون تنش نداشتند. در گیاه ریحان هدایت روزنه‌ای تحت تأثیر معنی‌دار کم‌آبیاری قرار نگرفت اما برای شاخص سبزینگی، کم‌آبیاری تا سطح رطوبتی ۰/۵-۰/۷FC به تنهایی تأثیر معنی‌داری بر این شاخص نداشت. گیاه گوجه‌فرنگی در کشت مخلوط به‌طور چشمگیری با افزایش شاخص‌های مورفولوژیک همراه بود اما این نتایج برای گیاه ریحان به‌صورت عکس خود را نشان داد و نسبت به کشت خالص آن عملکرد به مراتب کمتری داشت. شاخص‌های فیزیولوژیک (شاخص سبزینگی و هدایت روزنه-ای) در هر دو گیاه در کشت خالص نسبت به کشت مخلوط مقادیر بیشتری را نشان دادند. به طور کلی کم‌آبیاری و نوع کشت عملکرد دو گیاه را تحت تأثیر رقابت درون گونه‌ای و

برون گونه‌ای قرار دادند. کم‌آبیاری تا سطح رطوبتی ۰/۷FC- ۰/۵ سبب کاهش عملکرد میوه دو گیاه نسبت به سطح بدون تنش شد. با توجه به نتایج نوع کشت، گوجه‌فرنگی در رقابت برون گروهی نسبت به ریحان رقیب قوی‌تری بود و عملکرد ریحان را به‌صورت چشمگیری تحت تأثیر قرار داد. به‌طور کلی گیاه گوجه‌فرنگی در کشت مخلوط با گذشت دوره رشد با توجه به ریشه‌دوانی سریع و استفاده حداکثری از فضای درون گلدان در رقابت بر سر جذب مواد غذایی و رطوبت بر ریحان غالبیت پیدا کرد و رشد سریع‌تری نسبت به ریحان داشت. از طرف دیگر رشد سریع گوجه‌فرنگی باعث کاهش دسترسی ریحان به نور کافی شد. سایه‌اندازی گسترده طی فصل رشد نیز از عوامل کاهش فتوسنتز و در نتیجه کاهش عملکرد ریحان بوده است. در نهایت بر اساس نتایج این پژوهش می‌توان گفت کشت مخلوط ریحان و گوجه‌فرنگی و آبیاری تا سطح ۵۰ درصد گنجایش مزرعه‌ای برای دو گیاه ریحان و گوجه‌فرنگی منجر به کاهش هدررفت آب و افزایش عملکرد میوه مجموع دو گیاه با توجه به آب مصرفی شده است. با این وجود در خصوص برتری کشت مخلوط نسبت به کشت خالص نیاز به بررسی جوانب دیگر مانند اولویت اهمیت گیاه است.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه تبریز به‌دلیل تأمین هزینه انجام این پژوهش سپاسگزاری می‌شود. همچنین از کلیه داوران این مقاله صمیمانه تشکر می‌کنیم.

منابع مورد استفاده

1. Afshar_ Behbahanizadeh, S., G. A. Akbari, M. Shahbazi and I. Alahdadi. 2014. Measuring leaf temperature and stomatal conductance to evaluate leaf water content in barley cultivars under terminal drought stress. Int. J. Biosci. 4(1): 298–305.
2. Amini, R. and M. Alami-Milani. 2013. Effect of mulching in soil, canopy and leaf temperature of lentil *(Lens culinaris* Medick). Int. J. Farm. Alli. Sci. 20: 797–802.
3. Barraclough, P. B and J. Kate, 2001. Effect of water stress on chlorophyll meter reading in wheat. Plant Nutrition Dev. Plant Soil Sci. 92: 722–723.
4. Black, C.A. 1965. Methods of Soil Analysis. Part I and II. American Society of Agronomy. Inc. Madison, Wisconsin, USA, 770p.
5. Brevedan, R. E and D. B. Egli, D. B. 2003. Short periods of water stress during seed filling leaf senescence, and yield of soybean. Crop Sci. 75: 2083–2088.
6. Carcova, J., G. A. Maddonni, and C. M. Ghersa. 1998. Crop water stress index of three maize hybrids grown in soils with different quality. Field Crops Res. 55: 165–174.
7. Caviglia, O. P., V. O. Sadras and F. H. Andrade 2011. Yield and quality of wheat and soy-bean in sole- and double-cropping. Agron. J. 103(4): 1081–1089.
8. Cecilio, A. B., B. L. A. Rezende, J. C. Barbosa and L. C. Grangeiro. 2011. Agronomic efficiency of intercropping tomato and lettuce. An Acad Bras Cienc 83(3): 1109–1119.
9. Chutia, J., S. P. Borah. 2012. Water stress effects on leaf growth and chlorophyll content but not the grain yield in traditional rice (*Oryza sativa* Linn.) genotypes of Assam, India II. Protein and proline status in seedlings under peg induced water stress. Am. J. Plant Sci. 3: 971–980.
10. Dabbagh Mohammadi-Nassab, A., R. Amini and E. Tamari. 2015. Evaluation of maize and three cultivars of common bean intercropping with application of biofertilizers and chemical fertilizers. J. Agric. Sci. Sustain. Prod. 25: 99–113. (In Farsi).
11. Emam, Y., A. Shekoofa, F. Salehi, A. H. Jalali and M. Pessarakli. 2012. Drought stress effects on two common bean cultivars with contrasting growth habits. Arch. Agron. Soil Sci. 58: 527–534.
12. Gee, G. W and J. W. Bauder. 1986. Particle size analysis. In: Klute, (Ed.) Methods of Soil Analysis. Part 1, 2nd ed. Am Society. Agron, Madison, WI: 383–411.
13. Ghassemmi-Golezani, K., and R. Lotfi. 2012. Response of soybean cultivars to water stress at reproductive stages. Int. J. Plant, Anim. Environ. Sci. 2: 198–202.
14. Golestani_far, F., S. Mahmoodi, G. R. Zamani and M. HSayyari_Zahan. 2017. Evaluation of competitive parameters

of wheat (*Triticum aestivum* L.) and rye (*Secale cereal* L.) under drought steers condition by using reciprocal yield model Envir. Stresses. Crop Sci. 10(2): 203–212. (In Farsi)
15. Gupta, P. K. 1999. Soil, Plant, Water and Fertilizer Analysis. Published by Agrobios , New Delhi, India.
16. Gupta, P. K. 2000. Soil, Plant, Water, and Fertilizer Analysis. Agrobios, New Delhi, India.
17. Haghaninia, M., A. Javanmard, S. Mollaaliabasiyan. 2018. Evaluation of forage yield and quality and advantages of barley (*Hordeum vulgare* L.) grass pea (*Lathyrus sativus* L.) intercropping using mycorrhiza. J. Agric. Sci. Sustain. Prod. 28(3): 222–242. (In Farsi)
18. Hakiminya, A. 2010. Deficit irrigation during different growing stages affects growth characteristics, yield and water use efficiency of onion. MSc Thesis. Tabriz University. Tabriz, Iran. (In Farsi)
19. Hanming, H., Y. Lei, F. Liming, Z. H. Lihua, W. Han, Y. Jing and L. Chengyun. 2012. The effect of intercropping of maize and soybean on microclimate. International CCTA: 257-263. Springer, Berlin, Heidelberg.
20. Hauggaard-Nielsen, H., P. Ambus and E.S. Jensen. 2001. Interspecific competition, nuse and interference with weeds in pea–barley intercropping. Field Crops Res. 70(2): 101–109.
21. Hoda Abbadian, H., M. Yarnia, H. Pirdashti, R. Abbasi and F. Farahvash. 2013. Evaluation of basil (*Ocimum basilicum*) and cowpea (*Vigna unguiculata*) intercropping at different nitrogen fertilizer levels and its effect on weed density. Iran. J. Weed Sci. 9(2): 187-199. (In Farsi)
22. Jones, B. J. R. 2001. Laboratory Guide for Conducting Soil Tests and Plant Analysis. CRC Press, USA.
23. Khezri, A. H., A. Rezai-Estakhruiyeh and S. Golestani-Kermani. 2018. Evaluation of intermittent and regular irrigation effects on yield and some of its components in mixed crops (sorghum-red beans). J. Irrig. Sci. Eng. 41(2): 77–92. (In Farsi)
24. Kiani, S., S. A. Siadat, M. R. Moradi-Telavat, A. R. Abdali Mashhadi and M. Sare. 2014. Effect of nitrogen rates on yield and quality of forage in intercropping of barley (*Hordeum vulgare* L.) and fennel (*Foeniculum vulgare* L.). Iran. J. Crop Sci. 16(2): 77–90. (In Farsi)
25. Kochaki, A. R., M. Nasiri-Mahallati, Z. Boroumand-Reza zadeh, M. Jahani and L. Jafari. 2014. Investigating the effect of black currant (*Nigella sativa* L.) on mixing with chickpea (*Cicer arietinum* L.) and beans (*Phaseoluse vulgaris* L.). Iran. J. Field Crops Reserche 12(1): 1–8. (In Farsi)
26. Lawler, D. W and G. Cornic. 2002. Photosynthetic carbon assimilation and metabolism in relation to water deficits in higher plants. Plant Cell Environ. 25: 275–294.
27. Lean, E. O. 1982. Soil pH and lime requirement Chemical and Microbiological Properties. Methods of Soil Analysis 2: 199–224.
28. Levitt, J. 1980. Response of Plant to Environmental Stresses. Academic Press Inc, NewYork.
29. Li, L., J. H. Sun, F. S. Zhang, X.L. Li, S. C. Yang and Z. Rengel Z. 2001. Wheat/maize or wheat/soybean strip intercropping I. Yield advantage and interspecific inter-actions on nutrients. Field Crops Res. 71(2): 123–137.
30. Mahmoudi, Sh., N. A. Najafi, and A. Reyhanitabar. 2014. Effect of soil moisture and sewage sludge compost on leaf chlorophyll index and some characteristics of alfalfa growth in greenhouse conditions. J. Sci. Technol. Greenhouse. Cult. 5(20): 205–218. (In Farsi)
31. Majnoni-harris, A. k and A. Asadi. 2013. Principles and concepts of irrigation. Pub. Tabriz. (In Farsi)
32. Mandumbu, R. P., C. Jowah and T. Karavina. 2011. Handisen. Engrafted weed management in Zimbabwe's smallholder sector, where are we?: A review. Mod. Appl. Sci. 5 (5): 111–117.
33. Martin, M. M and P. H. Christian. 2013. High-density planting of tomato cultivar's with early decapitation of growing point increased yield in a closed hydroponic system. Acta Agriculture Scandinavia, section B. Soil & Plant Sci. 63(8): 676–682.
34. Milani, A., M.R. Neyshabouri, M.R. Mosaddeghi and D. Zare-Haghi. 2015. Stomatal conductance response to leaf water potential changes and crown temperature in almond tree under salt stress and water shortages. J. water. Res. Agric. 29(3): 298–316. (In Farsi)
35. Mirhashmi, S. M., A. Kochaki, M. Parsa and M. Nasiri-mahallati. 2009. Evaluation of growth indices of Ajowan and Fenugreek in pure culture and intercropping based on organic agriculture. Iran. J. Crop Res. 7(2): 685–694. (In Farsi)
36. Moghabeli, T., S. Bolandnazar, J. Panahande and Y. Raei. 2019. Evaluation of yield and its components on onion and fenugreek intercropping ratios in different planting densities. J. Cleaner Prod. 213: 634–641.
37. Mohammadian, M., P. Rezvani-moghaddam, H. Zarghani and A.A. Yanagh. 2014. Evaluation of morphological and physiological indices of intercropping of three sesame seeds (Sesamum indicum). Iran. J. crop Res. 11(3): 421–429. (In Farsi)
38. Muoneke, C.O and E. U. Mbah. 2007. Productivity of cassava/okra intercropping systems as influenced by okra planting density. Afr. J. Agric. Res. 2: 223–231.
39. Nasirnejad, M., A. Bagheri and A. Jafari. 2012. Evaluation the effect of C3 and C4 weeds and different levels of nitrogen on growth and biomass production of sunflower (*Heliantheus annus* L.). J. Plant Ecophysiol. 4(2): 14–24.

(In Farsi)
40. Nasiry, M. 2015. Pumice mulch and deficit irrigation effects on water relations, forage corn yield, and weeds control. MSc Thesis. University of Tabriz. Tabriz, Iran. (In Farsi)
41. Olsen. S. R and L. E. Sommers. 1982. Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Agronomy Mongraphs, 9(2): 403–430.
42. Pagter, M., C. Bragato and H. Brix. 2005. Tolerance and physiological responses of (*Phragmites australis*) to water deficit. Aquatic Botany J. 81: 285–299.
43. Pirkouhi, M.G. H., A. Nobahar and A. Dadashi. 2012. Effects of variety, planting pattern and density of plant phenology traits basil plants (*Ocimum basilicum* L.). Int. J. Agric. Crop Sci. 4(17): 1221–1227.
44. Rahmani,R., S. Ghorbani and M. Naghash-zargaran. 2014. Measurement and modelling litter biomass and leaf area index using allometry in a Beech-Hornbeam stand in the mid-elevation of the Hyrcanian region. For. Poplar Res. 22(4): 687–701. (In Farsi)
45. Rezaei- chiyaneh, E., M. Tajbakhsh, M. Jamali and M. Ghiyasi. 2016. Evaluation of yield and indices advantages at different intercropping patterns of dill (*Anethun graveolens* L.) and fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.). Plant Prod. Technol. 16(1): 15–27. (In Farsi)
46. Rudzani, M., M. Diana and J.M. Steyn. 2017. The effect of drought stress on yield, leaf gaseous exchange and chlorophyll fluorescence of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Agric. Water Manag. 180: 118–125.
47. Shahnazari, A., F. Liu, M.N. Andersen, S.E. Jacobsen and C. R. Jensen. 2007. Effects of partial root-zone drying on yield, tuber size and water use efficiency in potato under field conditions. Field Crops Res. 100: 117–124.
48. Talebi, R. 2011. Evaluation of chlorophyll content and canopy temperature as indicators for drought tolerance in durum wheat (*Triticum durum* Desf.). Aust. J. Basic Appl. Sci. 5(11): 1457–1462.
49. Tarigh-alislami, M., R. Zarghami, M. Mashhadi, A. Bowjari And M. Ovisi. 2012. Effect of nitrogen fertilizer and water deficit stress on physiological indices of corn (*Zea mays* L.). J. Agron. Plant B 8(1): 161–174. (In Farsi)
50. Tringovska, I., V. Yankova. D. Markova and M. Mihov. 2015. Effect of companion plants on tomato greenhouse production. Prod. Sci. Hortic. 42: 20–27.
51. Walkley, A and I. A. Black. 1934. Estimation of soil organic carbon by the chromic acid titration method. Soil Sci. 37: 29–38.
52. Western, A. W., R. B. Grayson, G. Bloschl, G. R. Willgoose and T. A. Mcmahon. 1999. Observed spatial organization of soil moisture and its relation to terrain indices. Water Resour. Res. 35(3): 797–810.
53. Yuanyuan, R., L. Jiajia, W. Zhiliang and Z. H. Suiqi. 2016. Planting density and sowing proportions of maize–soybean intercrops affected competitive interactions and water-use efficiencies on the Loess Plateau, China. Eur. J. Agron. 72: 70–79.
54. Zhang, X., G. Huang, X. Bian and Q. Zhao. 2013. Effects of root interaction and nitrogen fertilization on the chlorophyll content, root activity, photosynthetic characteristics of intercropped soybean and microbial quantity in the rhizosphere. Plant Soil. Envir. 59: 80–88.
55. Zhang, D., Z. Luo, S. Lio, W. Li, W. Tang and H. Dong. 2019. Effects of deficit irrigation and plant density on the growth, yield and fiber quality of irrigated cotton. Field Crops Res. 197: 1–9.
56. Zotarelli, L., J. M. Scholberg, M. D. Dukes, R. Mun˜oz-Carpena and J. Icerman. 2009. Tomato yield, biomass accumulation, root distribution and irrigation water use efficiency on a sandy soil, as affected by nitrogen rate and irrigation scheduling. Agric. Water Manag. 96: 23–34.

Evaluation of Some Physiological and Morphological Characteristics of Basil and Tomato Under Intercropping and Deficit Irrigation in Greenhouse Conditions

Y. Salehi[1] D. Zarehaghi[2], M. R. Neyshabouri[2], and A. Dabbagh Mohammadi Nasab[3]

(Received: 20 July 2019; Accepted: 11 May 2020)

Abstract

Intercropping in compared to monoculture can increase yield sustainability. Deficit irrigation as a limiting factor for growth, affects the plant's yield characteristics. Therefore, The aim of this study was to investigate the effect of cultivation type: monoculture tomato (T), monoculture basil (B) and intercropping (50T:50B), and different moisture levels including four irrigation periods based on soil field capacity (FC): irrigation without water stress in the root zone 0.85–1FC, and deficit irrigation levels of 0.7–0.85FC, 0.5–0.7FC and 0.3–0.5FC, with a factorial arrangement (with two factors) in a completely randomized design and a total of 12 treatments in three replications. Plant characteristics including greenness index, stomatal conductance, leaf area index, leaf temperature and fresh and dry weights were measured. Based on the results, the highest fresh and dry weights of aerial part of the tomato were obtained in 0.7–0.85FC treatment with intercropping (349.73 and 69.42 g per plant) and their lowest values were obtained in the irrigation level 0.3–0.5FC with monoculture (204.66 and 40.42 g per plant). Tomato leaf area index was not significantly decreased up to water stress level of 0.5–0.7FC. For basil, the highest fresh and dry weights of the plant (91.71 and 16.39 g per plant) and leaf area index (1845.99 cm^2 per plant) were obtained in monoculture, and at non-stress level and 0.7–0.85FC, respectively. Tomato was dominant in intra-specific competition with basil and significantly influenced basil yield. Finally, according to the results of this study intercropping of basil and tomato and water level up to 50% of field capacity resulted in reduction of water loss and increased fruit yield of two plants by considering consumed water.

Keywords: Moisture stress, Monoculture, Yield, Greenness index, Stomatal conductance.

1. Dept. of Soil Sci., Faculty of Agric., Univ. of Zanjan, Iran.
2. Dept. of Soil Sci., Faculty of Agric., Univ. of Tabriz, Iran.
3. Dept. of Plant Ecophysiology, Faculty of Agric., Univ. of Tabriz, Iran.
* Corresponding Author, Email: yasin90salehi@gmail.com