

بررسی تأثیر کم آبیاری بر صفات مورفولوژیک و تولید ارقام مختلف یونجه در شرایط آب و هوایی خوزستان - اهواز

کوروش بهنام فر^{۱*}، سید عطااله سیادت^۲، عبدالمهدی بخشنده^۲،
خلیل عالمی سعید^۳، سید محمود کاشفی پور^۴ و علی اشرف جعفری^۵

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۴/۲۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۸/۱۸)

چکیده

به منظور مطالعه تأثیر کم آبیاری بر صفات مورفولوژیک ارقام یونجه دائمی (*Medicago sativa*)، آزمایشی به صورت کرت‌های یک‌بار خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۱ - ۹۰ در اراضی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان اجرا شد. تیمار آبیاری در چهار سطح به عنوان فاکتور اصلی و بر اساس رطوبت قابل استفاده خاک در منطقه ریشه (آبیاری پس از تخلیه ۵۰٪، ۶۵٪ و ۸۰٪ کل آب در دسترس گیاه در منطقه ریشه و آبیاری سنتی به عنوان شاهد) و ارقام یونجه به عنوان فاکتور فرعی نیز در چهار سطح (بغدادی، مساسرسا، یزدی و همدانی) در نظر گرفته شد. نتایج به دست آمده از میانگین ۵ برداشت متوالی نشان داد در کلیه ارقام مورد بررسی بالاترین میزان عملکرد علوفه خشک در تیمار شاهد تولید شد که با تأخیر در آبیاری روند کاهشی داشت. رقم بغدادی در کلیه تیمارهای آبیاری دارای بالاترین عملکرد علوفه خشک بود. با تأخیر در آبیاری تا تیمار ۵۰٪ تخلیه رطوبتی خاک، نسبت برگ به ساقه در حدود ۲۲٪ (میانگین کل ارقام) افزایش یافت. ارتفاع ساقه، شاخص سطح برگ و وزن تک ساقه نیز با تأخیر در آبیاری روند کاهشی داشتند. نسبت سطح برگ به وزن برگ (SLA) با تأخیر در آبیاری کاهش یافت اما شدت این کاهش در رقم بغدادی بیشتر از سایر ارقام بود. کم آبیاری اثرات متفاوتی بر تعداد ساقه در واحد سطح، در ارقام مختلف داشت، به طوری که در رقم بغدادی با اعمال تیمارهای کم آبیاری نسبت به آبیاری مرسوم، افزایش یافت. در رقم مساسرسا نیز این وضعیت تا تیمار آبیاری پس از ۶۵٪ تخلیه مشاهده شد، در حالی که در دو رقم دیگر روند کاهشی داشت. به طور کلی ارقام بغدادی و مساسرسا با کمترین تأثیرپذیری از کم آبیاری در صفات مورد بررسی، به عنوان ارقام با تحمل بالا در منطقه مشخص شدند.

واژه‌های کلیدی: تخلیه رطوبتی خاک، ارتفاع ساقه، شاخص سطح برگ، تعداد برگ، نسبت برگ به ساقه، تعداد ساقه

۱. دانشجوی سابق دکتری، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان و محقق مرکز

تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

۲ و ۳. به ترتیب استاد و استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان

۴. استاد گروه سازه‌های آبی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

۵. استاد پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، تهران

*. مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: ko_behnamfar@yahoo.com

مقدمه

کمبود آب موجب مختل شدن فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاهان و تغییر در متابولیسم کربوهیدرات‌ها و نیتروژن، تغییر در ساختمان پروتئین‌ها و فعالیت آنزیم‌ها و کاهش هورمون‌های تحریک کننده رشد می‌شود (۳۰) و این تغییرات فیزیولوژیکی در نهایت منجر به تغییرات مورفولوژیکی در بذر، گیاهچه، برگ، ارتفاع گیاه و... می‌گردد (۱۳). در پاسخ به کمبود آب گیاهان این توانایی را دارند که برای جلوگیری از پسابدگی بافت‌ها تعرق را از طریق کاهش سطح برگ، پایین آوردن (۱۴) و (۱۵). اریک و همکاران (۱۰) بیان نمودند که یونجه برای رشد و نمو در دامنه گسترده‌ای از شرایط آب و هوایی دارای مکانیسم‌های متفاوتی برای ایجاد سازگاری به شرایط محیطی نامساعد و به‌خصوص خشکی می‌باشد که تغییرات مورفولوژیکی از اولین مکانیسم‌های خاص برای مقابله با شرایط دشوار محیطی می‌باشند. تحقیقات روی یونجه نشان داده است که با کاهش رطوبت خاک تعداد ساقه در گیاه، ارتفاع ساقه، وزن ریشه و بخش هوایی گیاه کاهش می‌یابد. هم‌چنین در شرایط تنش شدید اغلب درصد وزن برگ‌ها افزایش یافته و می‌تواند با کوتاه شدن میان‌گره‌ها و قطر ساقه هم همراه باشد. به‌عبارت دیگر، در گیاهان تحت تنش وزن بافت‌های ساقه نسبت به وزن برگ‌ها کاهش می‌یابد (۱۳). در بررسی‌های انجام شده توسط ایریگیون و همکاران (۱۲) مشخص شد که با افزایش تنش خشکی، طول ریشه و ساقه کاهش می‌یابد و کاهش در جوانه‌های قاعده‌ای، تعداد شاخه‌ها، اندازه برگ، طول میان‌گره و وزن ماده خشک نیز دیده می‌شود. هم‌چنین نسبت سطح برگ به وزن برگ که بیانگر ضخامت برگ می‌باشد، نیز تحت شرایط تنش خشکی کاهش می‌یابد (۱۶ و ۱۷). بالاتر بودن این نسبت بیانگر سطح برگ بیشتر در ماده خشک برگ و در نتیجه کاهش قابلیت کنترل تلفات آب می‌باشد (۴). به‌طورکلی با حضور تنش خشکی، کاهش رشد در تمام اندام‌های گیاه مشاهده می‌گردد (۱۳). زمانیان و همکاران (۳۵)، ضمن با اهمیت دانستن خصوصیات مورفولوژیک یونجه، تولید

ماده خشک آن را تحت شرایط محیطی وابسته به بسیاری از خصوصیات فنولوژیک و مورفولوژیک گیاه دانستند. پیتر و همکاران (۲۱) و اسمیت و هامل (۳۲) عملکرد علوفه یونجه را تابع سه عامل تعداد بوته در واحد سطح، تعداد ساقه در بوته و عملکرد تک ساقه اعلام داشتند ولی سنگل (۲۸) اجزای عملکرد علوفه را ارتفاع ساقه، تعداد ساقه در گیاه و عملکرد تک ساقه دانست. والنس و چرنی (۳۴) عملکرد تک ساقه را مهم‌ترین جزء عملکرد یونجه اعلام کرد درحالی‌که هارت (۱۱) میانگین تعداد ساقه در واحد سطح را بهترین خصوصیت مورفولوژیک مؤثر بر عملکرد یونجه دانسته و ۶۳ درصد کل تغییرات را مربوط به همین مؤلفه گزارش کرد.

مارتینز (۱۸) علت کاهش علوفه یونجه را در تنش‌های کم‌آبی مربوط به کاهش تعداد ساقه در گیاه، ارتفاع ساقه و هم‌چنین کاهش میزان فتوسنتز، بسته شدن روزنه‌ها و کاهش تثبیت نیتروژن دانست. کاتیک و همکاران (۲۰) در آزمایشی ۵ رقم یونجه را در شرایط تنش خشکی و عدم تنش خشکی مقایسه کردند و کاهش عملکرد علوفه خشک را از ۲۳۰۰۰ کیلوگرم (در مجموع ۵ چین) از تیمار عدم تنش خشکی به ۱۷۵۹۰ کیلوگرم در هکتار (در مجموع ۵ چین) در تیمار تنش خشکی گزارش کردند. اسیلان و حاجیلویی (۵) در بیان نتایج بررسی‌های خود اعلام کرد که اثر تنش خشکی بر روی تعداد ساقه در واحد سطح (مترمربع) بسیار معنی‌دار بود. به‌طوری‌که با افزایش تنش کم‌آبی از تعداد ساقه در مترمربع کاسته شد. بالاترین تعداد ساقه ۳۲۵/۲ عدد از تیمار تنش کم‌آبی ملایم و کمترین تعداد ساقه ۲۶۹/۷ از تنش شدید کم‌آبی حاصل گردید. کاهش تعداد ساقه در یونجه در هنگام کمبود آب توسط مارتینز (۱۸) و سعید و نادى (۲۷) نیز گزارش شده است، کاهش در تعداد ساقه احتمالاً یکی از استراتژی‌های یونجه برای کاهش سطح تعرق کننده محسوب می‌شود و بدین طریق گیاه تلفات آبی را کم می‌کند. اسیلان و حاجیلویی (۵) اختلاف بین ارقام را در تولید تعداد ساقه در واحد سطح، نیز معنی‌دار اعلام کردند به‌طوری‌که ارقام سازگار منطقه جیرفت (نیک‌شهری و

بمی و تا حدودی بغدادی) دارای تعداد ساقه بیشتری در مترمربع نسبت به ارقام یزدی و رنجر بودند. بالاترین تعداد ساقه از رقم بمی، $334/4$ بوته در مترمربع و کمترین، 243 ساقه در مترمربع از رقم رنجر به دست آمد. سنگل (28) هم تفاوت معنی داری را بین ارقام از لحاظ تولید تعداد ساقه در واحد سطح مشاهده کرد. اکوتیپ یونجه *Kasimoyiu* بیشترین تعداد ساقه و اکوتیپ‌های *Alakoy* و *Cayirbasi* کمترین تعداد ساقه را دارا بودند. بوکستن (7) نیز کاهش رشد ساقه در اثر تنش خشکی را اعلام نمود. این کاهش رشد ناشی از کاهش قطر ساقه و طول میان‌گره است (6 ، 18 ، 22 و 27). اسیلان و حاجیلویی (5) نیز کاهش ارتفاع ساقه با افزایش تنش کم‌آبی را گزارش کردند به طوری که بالاترین ارتفاع ساقه یونجه $47/3$ سانتی‌متر از تیمار تنش کم‌آبی ملایم و کمترین ارتفاع ساقه از تیمار تنش کم‌آبی شدید $39/8$ حاصل شد. بین ارقام مختلف نیز از نظر ارتفاع ساقه تفاوت معنی داری وجود داشت. به طوری که بالاترین ارتفاع با $50/0$ سانتی‌متر از رقم بمی و پس از آن ارقام نیک‌شهری و بغدادی به ترتیب با ارتفاع $48/8$ و $47/8$ سانتی‌متر قرار گرفتند و در ارقام رنجر و یزدی با $30/9$ سانتی‌متر دارای کمترین ارتفاع ساقه بودند. سنگل (28) نیز اختلاف معنی‌دار بین اکوتیپ‌های مورد بررسی خود را از نظر ارتفاع ساقه گزارش کرد. افزایش نسبت برگ به ساقه با افزایش تنش کم‌آبی توسط اسیلان و حاجیلویی (5) با $1/25$ در تیمار تنش کم‌آبی ملایم تا $1/43$ در تیمار تنش شدید اعلام شد. افزایش نسبت برگ به ساقه در اثر تنش خشکی توسط سعید و نادری (27) و مارتینز (18) نیز گزارش شده است. اثر تنش کم‌آبی بر روی تعداد گره در بررسی‌های اسیلان و حاجیلویی (5) معنی‌دار بود و بیشترین تعداد گره با $7/7$ از تنش کم‌آبی ملایم و کمترین تعداد گره با $6/2$ از تیمار تنش شدید کم‌آبی به دست آمد. تفاوت بین ارقام یونجه از نظر تعداد گره نیز معنی‌دار بود، ارقام بمی، نیک‌شهری، بغدادی و یزدی با تولید $7/3$ تا $7/4$ گره تقریباً تعداد گره یکسانی داشته ولی نسبت به رقم رنجر برتری نشان دادند. کاهش تعداد گره در کل بوته یونجه با تأخیر در آبیاری توسط

رستمی و یزدی صمدی (25) نیز اعلام شده است. با توجه به کاهش منابع آبی مخصوصاً در بهار و تابستان در استان خوزستان و ضرورت صرفه‌جویی در مصرف آب آزمایش حاضر با هدف بررسی تأثیر کم‌آبیاری بر صفات مورفولوژی که اثرات مستقیمی بر تولید علوفه دارند بر ارقام مختلف یونجه طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق چهار رقم یونجه دائمی (*Medicago sativa*) تحت تیمارهای مختلف آبیاری، به صورت کرت‌های یک‌بار خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی $91 - 90$ در اراضی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اهواز از نظر صفات مورفولوژی و عملکرد علوفه بررسی شدند. تیمار آبیاری در چهار سطح به‌عنوان فاکتور اصلی و بر اساس رطوبت قابل استفاده خاک (آبیاری پس از تخلیه 50% ، 65% و 80% کل آب در دسترس گیاه در منطقه ریشه (AWC) و آبیاری سنتی به‌عنوان شاهد) و ارقام یونجه به‌عنوان فاکتور فرعی (بغدادی، مساسرسا، یزدی و همدانی) در نظر گرفته شدند.

هر کرت آزمایشی شامل شش خط کاشت به طول $3/5$ متر و فاصله بین خطوط 20 سانتی‌متر (عرض کرت $1/2$ متر)، فاصله بین کرت‌های فرعی نیم متر و فاصله بین کرت‌های اصلی 2 متر برای جلوگیری از نشست آب و فاصله بین تکرارها 2 متر در نظر گرفته شد. میزان مصرف کودهای شیمیایی بر اساس نتایج تجزیه خاک (جدول ۱) و توصیه‌های کودی بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات، به‌میزان 30 کیلوگرم نیتروژن خالص از منبع کود اوره (به‌عنوان استارتر پس از سبز شدن) و 200 کیلوگرم فسفر بر حسب P_2O_5 از منبع سوپرفسفات تریپل و 40 تن کود دامی (براساس نتایج آزمایشات قبلی) در هکتار مصرف شد. میزان بذر مصرفی نیز بر اساس نتایج تحقیقات 15 کیلوگرم در هکتار (1) و تاریخ کاشت اواسط مهرماه 1390 بود. تیمارهای آبیاری پس از استقرار کامل گیاهان در بهار 1391 و

جدول ۱. نتایج تجزیه خاک قطعه زمین مورد نظر جهت اجرای آزمایش قبل از کاشت

عمق (cm)	شوری (dS/m)	اسیدیته	مواد آلی (%)	فسفر (ppm)	پتاسیم (ppm)	بافت خاک
۰ - ۳۰	۴/۶	۷/۲	۱/۱	۱۸/۸	۳۱۱	Silty clay
۳۰ - ۶۰	۳/۸	۷/۴	۱	۱۸/۶	۲۹۶	Silty clay

از آزمون دانکن (۵٪) جهت مقایسات میانگین استفاده شد.

نتایج

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تیمارهای آبیاری، ارقام یونجه و نیز اثر متقابل آنها بر عملکرد علوفه خشک، نسبت برگ به ساقه، طول ساقه، تعداد برگ، وزن تک ساقه، تعداد ساقه در مترمربع، شاخص سطح برگ و نسبت سطح برگ به وزن برگ اثرات معنی داری داشتند (جدول ۲). همان گونه که در جدول مقایسات میانگین اثر متقابل تیمارها مشاهده می شود (جدول ۳) با تأخیر در آبیاری عملکرد علوفه خشک در ارقام مختلف در حد معنی داری کاهش یافت. در کلیه ارقام مورد بررسی بالاترین میزان عملکرد علوفه خشک در تیمار شاهد (آبیاری سنتی) تولید شد. این مقدار در رقم بغدادی ۱۷/۵۵ تن، در رقم مساسرسا ۱۶/۱۶ تن، در رقم یزدی ۱۴/۰۲ تن و در رقم همدانی ۱۲/۲۱ تن بر هکتار بود که با تأخیر در آبیاری عملکرد علوفه خشک روند کاهشی داشت، به طوری که در آبیاری پس از ۵۰٪ تخلیه رطوبتی خاک در رقم بغدادی به ۱۶/۰۲ تن، در رقم مساسرسا به ۱۳/۵۶ تن، در رقم یزدی به ۱۱/۶۵ تن و در رقم همدانی به ۱۰/۴۱ تن بر هکتار رسید و در آبیاری پس از ۸۰٪ تخلیه رطوبتی خاک در رقم بغدادی به ۱۱/۱۵ تن علوفه خشک، در رقم مساسرسا به ۹/۱۰ تن، در رقم یزدی به ۸/۰۲ تن و در رقم همدانی به ۶/۴۵ تن بر هکتار رسید که با نتایج به دست آمده توسط اسپلان و حاجیلویی (۵) در بررسی اثرات تنش کم آبی بر پنج رقم یونجه هم خوانی دارد، افشارمنش و همکاران (۲) نیز در بررسی اثر تنش کم آبی بر چهار رقم یونجه در منطقه جیرفت و سلاما و همکاران (۳۱) در تونس نیز نتایج

پس از یک چین برداری به منظور همسان سازی گیاهان اعمال شد. زمان آبیاری بر اساس کل آب قابل دسترس گیاه در عمق فعال ریشه (۶۰ cm) با نمونه برداری های مکرر خاک تعیین، مقدار آب آبیاری نیز با توجه به ابعاد کرت محاسبه و در هر آبیاری توسط کتور اندازه گیری و وارد کرت ها شد. به منظور مقایسه تیمارهای مورد آزمایش با آبیاری مرسوم (عرف منطقه) یک تیمار شاهد در نظر گرفته شد که در آن، هر زمان در سطح خاک، خشکی مشاهده گردید تا حد اشباع شدن خاک، آبیاری صورت گرفت.

حجم آب برای تیمارهای کم آبیاری بر اساس فرمول زیر محاسبه شد:

$$V = (\theta_{VFC} - \theta_{VPWP}) \times 0.5 \times 0.6 \times 1.2 \times 2.3 / 0.8$$

که در این رابطه: A بیانگر تخلیه رطوبت قابل استفاده خاک (تیمارها)، ۰/۶ عمق فعال ریشه و ۳/۵ × ۱/۲ ابعاد کرت های آزمایشی بود.

در مجموع پنج چین برداشت شد، برداشت علوفه در اوایل مرحله گل دهی (۱۰ تا ۲۰٪ گل دهی) انجام و پس از اندازه گیری وزن تر، نمونه ها به آزمایشگاه منتقل شدند و در ابتدا تعداد کل ساقه ها شمارش و پس از آن بیست ساقه برای اندازه گیری های وزن تر و خشک تک ساقه، ارتفاع ساقه، تعداد برگ در ساقه، نسبت برگ به ساقه انتخاب شد، سپس به منظور تعیین عملکرد علوفه خشک، کل نمونه برداشت شده به مدت ۴۸ ساعت در اتوکلاو در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد خشک و درصد ماده خشک نیز محاسبه گردید. شاخص سطح برگ نیز از طریق تعیین سطح، وزن مشخصی از برگ ها و سپس از روش نسبت وزنی برای هر نمونه تعیین شد. نتایج آمار برداری ها با استفاده از نرم افزار آماری SAS مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت و

جدول ۲. خلاصه تجزیه واریانس اثر کم آبیاری بر ارقام یونجه

میانگین مربعات								درجه آزادی	منابع تغییرات
تعداد ساقه در مترمربع	وزن تک ساقه	شاخص سطح برگ	نسبت سطح برگ به وزن برگ	تعداد برگ	طول ساقه	نسبت برگ به ساقه	عملکرد علوفه		
۶۴۶/۳ ^{n.s}	۰/۰۰۲۳ ^{n.s}	۰/۰۰۸ ^{n.s}	۰/۰۰۰۱۶ ^{n.s}	۰/۰۱۴ ^{n.s}	۳/۹۶۸ ^{n.s}	۰/۰۰۱ ^{n.s}	۰/۳۵۸*	۲	تکرار
۱۹۵۷/۹**	۰/۱۲۶۹**	۱۰/۴۸۸**	۰/۰۴۱۵۶**	۳/۴۱۹**	۱۱۵/۹۹۱**	۰/۱۸۱**	۸۶/۳۸۴**	۳	آبیاری
۲۷۴/۸۸	۰/۰۰۰۰۴	۰/۰۱۴	۰/۰۰۰۰۴۰	۰/۲۵۲	۰/۸۲۴	۰/۰۰۰۶	۰/۰۶۳	۶	خطای الف
۱۷۶۳۰/۵**	۰/۰۷۵۷**	۵/۹۳۶**	۰/۰۱۷۴۵**	۰/۲۸۰*	۶۱/۱۴۳**	۰/۱۱۵**	۶۰/۷۷۶**	۳	رقم
۵۳۹۳/۹**	۰/۰۰۵۷**	۰/۵۸۷**	۰/۰۰۰۶۹۲**	۰/۳۹۱**	۱/۷۳۶*	۰/۰۱۵*	۰/۳۸۸*	۹	آبیاری × رقم
۴۵۸/۳۲	۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۲۷	۰/۰۰۰۰۴۴	۰/۱۰۹	۰/۷۵۶	۰/۰۰۰۶	۰/۱۶۵	۲۴	خطای ب
۴/۱۱	۳/۲۶	۵/۸	۵/۱	۲/۸۵	۲/۶۸	۵/۷۶	۹/۴۱		ضریب تغییرات (%)

** و * : دارای اختلاف معنی دار در سطوح ۱ و ۵ درصد n.s : بدون اختلاف معنی دار

جدول ۳. مقایسه میانگین اثر متقابل کم آبیاری و ارقام یونجه بر صفات مورد بررسی

وزن تک ساقه (گرم)	تعداد برگ در ساقه	طول ساقه (سانتی متر)	نسبت برگ به ساقه	عملکرد علوفه خشک (تن در هکتار)	ترکیب تیماری	
					رقم	آبیاری
۰/۸۴ ^a	۱۲/۴۰ ^a	۳۹/۳۶ ^a	۱/۱۶ ^{gh}	۱۷/۵۵ ^a	مرسوم	بغدادی
۰/۷۰ ^b	۱۱/۶۹ ^b	۳۶/۲۹ ^b	۱/۳۶ ^{cd}	۱۶/۰۲ ^b	%۵۰	
۰/۵۷ ^d	۱۰/۸۵ ^c	۳۳/۳۷ ^{cd}	۱/۴۴ ^{bc}	۱۳/۵۴ ^c	%۶۵	
۰/۴۹ ^e	۱۰/۶۵ ^c	۳۲/۰۲ ^{cde}	۱/۲۶ ^{ef}	۱۱/۱۵ ^{ef}	%۸۰	
۰/۷۳ ^b	۱۲/۵۰ ^a	۳۵/۹۱ ^b	۱/۱۰ ^h	۱۶/۱۶ ^b	مرسوم	مسامرسا
۰/۵۵ ^d	۱۱/۷۹ ^b	۳۳/۵۹ ^c	۱/۳۵ ^{cde}	۱۳/۵۹ ^c	%۵۰	
۰/۴۹ ^e	۱۱/۴۵ ^{bc}	۳۱/۷۰ ^{de}	۱/۳۱ ^{cdef}	۱۲/۰۵ ^d	%۶۵	
۰/۴۶ ^{ef}	۱۱/۲۷ ^{bc}	۳۰/۲۵ ^{ef}	۱/۲۷ ^{def}	۹/۱۰ ^g	%۸۰	
۰/۶۲ ^c	۱۲/۱۴ ^a	۳۵/۳۱ ^b	۱/۲۰ ^{fg}	۱۴/۰۲ ^c	مرسوم	یزدی
۰/۵۸ ^d	۱۲/۰۳ ^a	۳۲/۶۴ ^{cde}	۱/۴۹ ^{ab}	۱۱/۶۵ ^{de}	%۵۰	
۰/۴۹ ^e	۱۱/۳۵ ^{bc}	۳۱/۴۷ ^c	۱/۵۶ ^a	۱۰/۵۰ ^{fg}	%۶۵	
۰/۴۴ ^{fg}	۱۰/۹۰ ^c	۲۷/۳۴ ^g	۱/۵۸ ^a	۸/۰۲ ^h	%۸۰	
۰/۵۶ ^d	۱۲/۲۱ ^a	۳۳/۵۱ ^c	۱/۰۸ ^h	۱۲/۲۱ ^d	مرسوم	همدانی
۰/۴۹ ^e	۱۱/۳۹ ^{bc}	۳۱/۷۵ ^{de}	۱/۳۹ ^{bc}	۱۰/۴۱ ^{fg}	%۵۰	
۰/۴۱ ^{gh}	۱۱/۱۳ ^{bc}	۲۸/۸۶ ^{fg}	۱/۲۳ ^{efg}	۸/۱۸ ^h	%۶۵	
۰/۳۷ ^h	۱۱/۳۱ ^{bc}	۲۵/۳۵ ^h	۱/۲۹ ^{def}	۶/۴۵ ⁱ	%۸۰	

اعداد هر ستون که دارای یک حرف مشترک می باشند اختلاف معنی داری ندارند (دانکن %۵)

مشابهی به دست آورند. به طور کلی، کاهش رشد گیاهان زراعی در شرایط تنش خشکی به واسطه محدود شدن فتوسنتز صورت می‌گیرد (۱۳). بسته شدن روزنه‌ها در شرایط تنش، فراهمی دی‌اکسید کربن را برای سیستم فتوسنتزی مشکل می‌سازد (۹). فتوسنتز و رشد سلول همراه با هم، از جمله اولین پروسه‌هایی هستند که تحت تأثیر خشکی کاهش می‌یابند (۱۹). در شرایط تنش ملایم هدایت روزنه‌ای به مقدار اندک کاهش یافته و موجب کاهش غلظت CO_2 و در نتیجه محدودیت فتوسنتز می‌گردد اما با پیشرفت تنش خشکی، کاهش در فتوسنتز به دلیل عوامل غیر روزنه‌ای می‌باشد (۸).

مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که کمترین مقدار نسبت برگ به ساقه در کلیه ارقام مربوط به تیمار آبیاری سنتی بود. در رقم بغدادی با تأخیر در آبیاری تا تیمار ۶۵٪ تخلیه رطوبتی، به حداکثر مقدار خود (۱/۴۴) رسید و پس از آن رو به کاهش نهاد. بوکستون (۷) نیز گزارش نمود که در اثر اعمال تنش خشکی، نسبت برگ به ساقه در یونجه ۱۸ درصد افزایش پیدا کرد که علت عمده آن می‌تواند مربوط به کاهش رشد ساقه باشد. مارتینز (۱۸) نیز در بیان نتایج بررسی‌های خود اعلام کرد، نسبت برگ به ساقه در یونجه تحت تنش کم‌آبی تا ۲۰ درصد افزایش خواهد یافت که بخش زیادی از آن مربوط به عدم توسعه ساقه‌ها است که خود موجب افزایش کیفیت علوفه خواهد شد (۲۹). در ارقام مساسرسا، یزدی و همدانی نیز با اعمال اولین تیمار کم‌آبیاری این نسبت افزایش معنی‌داری داشت. رقم یزدی در سه تیمار کم‌آبیاری به ترتیب با میانگین ۱/۴۹، ۱/۵۶ و ۱/۵۸ دارای بالاترین مقادیر و ارقام همدانی و مساسرسا در آبیاری مرسوم به ترتیب با میانگین ۱/۰۸ و ۱/۱ دارای کمترین نسبت برگ به ساقه بودند (جدول ۳).

ارتفاع ساقه نیز تحت تأثیر کم‌آبیاری قرار گرفت، به نحوی که با تأخیر در آبیاری روند کاهشی داشت. ارتفاع ساقه در رقم بغدادی در آبیاری سنتی از ۳۹/۳۶ سانتی‌متر به ۳۲/۰۲ سانتی‌متر در آبیاری پس از ۸۰٪ تخلیه رطوبتی رسید. این مقدار در رقم مساسرسا از ۳۹/۹۱ به ۳۰/۲۵ سانتی‌متر و در رقم یزدی

از ۳۵/۳۱ به ۲۷/۳۴ سانتی‌متر و در رقم همدانی از ۳۱/۵۱ به ۲۵/۳۵ سانتی‌متر کاهش یافت (جدول ۳). اسیلان و حاجیلویی (۵) نیز نتایج مشابهی در بررسی‌های خود به دست آوردند و اعلام نمودند که تنش کم‌آبی موجب کاهش ارتفاع ساقه در ارقام یونجه خواهد شد. روتیلی و همکاران (۲۶) و سنگل (۲۸) نیز کاهش طول میان‌گره‌ها و در نتیجه کاهش ارتفاع ساقه را در یونجه، با افزایش تنش رطوبتی گزارش کردند. با تأخیر در آبیاری تعداد برگ در ساقه نیز کاهش معنی‌داری از خود نشان داد. به طوری که در رقم بغدادی از ۱۲/۴ در آبیاری مرسوم به ۱۰/۶۵ در تیمار آبیاری پس از ۸۰٪ تخلیه رسید و به همین ترتیب در رقم مساسرسا از ۱۲/۵ به ۱۱/۲۷ و در رقم یزدی از ۱۲/۱۴ به ۱۰/۹ و در رقم همدانی از ۱۲/۲۱ به ۱۱/۳۱ رسید که در این میان بیشترین عکس‌العمل به کم‌آبی مربوط به رقم بغدادی بود (جدول ۳). نتایج به دست آمده توسط زمانیان و همکاران (۳۵) نیز حاکی از کاهش تعداد برگ در ساقه در اثر تنش آبی می‌باشد.

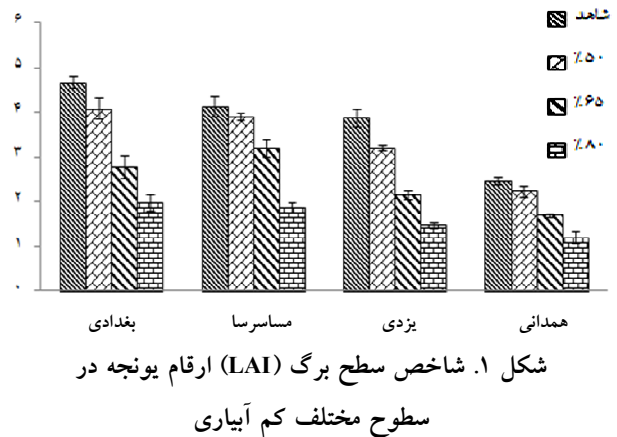
شاخص سطح برگ نیز با تأخیر در آبیاری در کلیه ارقام روند نزولی داشت. در رقم بغدادی از ۴/۶۷ در آبیاری مرسوم به ۱/۹۸ در آبیاری پس از ۸۰٪ تخلیه رطوبتی رسید و به همین ترتیب در رقم مساسرسا از ۴/۱۴ به ۱/۸۸، در رقم یزدی از ۳/۸۷ به ۱/۴۸ و در رقم همدانی از ۲/۴۷ به ۱/۲۰ رسید (شکل ۱). کاهش سطح برگ در اثر تنش خشکی در یونجه توسط محققان دیگر نیز گزارش شده است (۵ و ۲۷). یکی از اولین واکنش‌های گیاه به تنش آب کاهش توسعه برگ می‌باشد. اگرچه سطح برگ در رابطه با فتوسنتز حائز اهمیت است ولی سرعت بالای توسعه برگ می‌تواند اثرات نامطلوبی بر آب قابل استفاده گیاه داشته باشد. در شروع تنش آب، ممانعت از رشد سلولی منجر به کاهش توسعه برگ‌ها می‌شود. سطح برگ کمتر، موجب جذب آب کمتر از خاک و کاهش تعرق می‌شود. لذا گیاه با کاهش سطح برگ اولین خط دفاعی را برای مقابله با خشکی تشکیل می‌دهد (۳۳).

نسبت سطح برگ به وزن برگ (SLA) نیز با تأخیر در

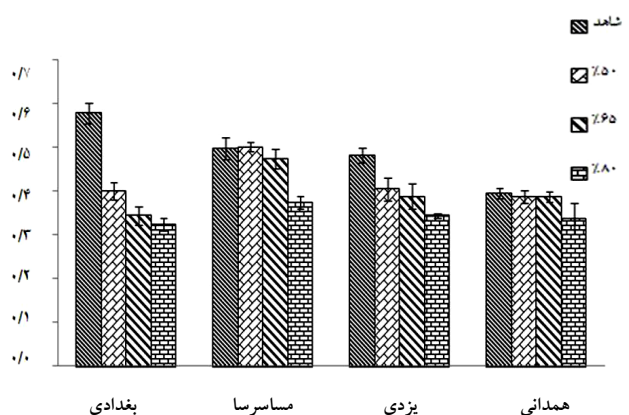
بود که بیانگر قابلیت بالای این رقم در سازگاری با شرایط کم آبیاری برای کاهش اتلاف آب می باشد (۴)، درحالی که در ارقام مساسرسا و همدانی این مقدار تنها در تیمار آبیاری پس از ۸۰٪ تخلیه کاهش یافت (شکل ۲). اریک و همکاران (۱۰) نیز در بررسی اثر تنش کم آبی بر چهار کولتیوار یونجه به نتایج مشابهی دست یافتند. هم چنین آنیا و هرزوغ (۳) SAL کمتر را در برخی از ارقام یونجه تحت شرایط تنش خشکی گزارش کرده و بیان نمودند که این موضوع یک ویژگی ژنتیکی در ارقام می باشد.

بررسی اثر متقابل تیمارها نشان داد که با تأخیر در آبیاری، به طور معنی داری از وزن تک ساقه ها کاسته شد. وزن تک ساقه در رقم بغدادی از ۰/۸۴ گرم در تیمار آبیاری سنتی به ۰/۷۰ گرم در تیمار آبیاری پس از ۵۰٪ تخلیه رسید. به عبارت دیگر در حدود ۱۸٪ کاهش یافت. در رقم مساسرسا از ۰/۷۳ گرم به ۰/۵۵ گرم (در حدود ۲۵٪ کاهش)، در رقم یزدی از ۰/۶۲ گرم به ۰/۵۸ گرم (در حدود ۶/۵٪ کاهش) و در رقم همدانی از ۰/۵۶ گرم به ۰/۴۹ گرم رسید (در حدود ۱۲/۶٪ کاهش) و البته این روند کاهش ادامه یافت (جدول ۳). ری و همکاران (۲۳) و اریک و همکاران (۱۰) نیز نتایج مشابهی را گزارش نمودند.

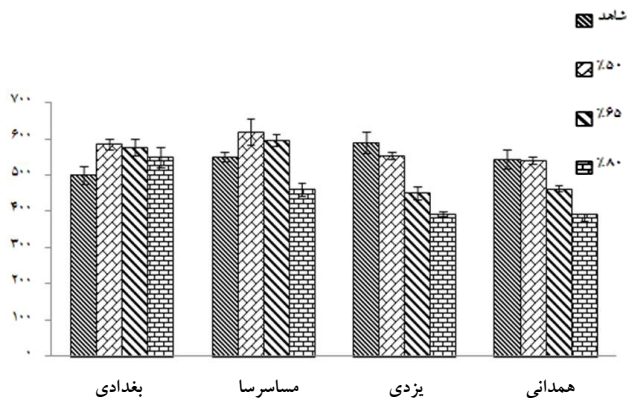
کم آبیاری اثرات متفاوتی بر تعداد ساقه در ارقام مختلف داشت. به طوری که در رقم بغدادی با اعمال تیمارهای کم آبیاری تعداد ساقه در واحد سطح نسبت به آبیاری مرسوم افزایش یافت، در رقم مساسرسا نیز این وضعیت تا تیمار آبیاری پس از ۶۵٪ تخلیه مشاهده شد اما پس از آن مجدداً کاهش یافت درحالی که در دو رقم یزدی و همدانی با تأخیر در آبیاری تعداد ساقه در واحد سطح روند کاهش داشت (شکل ۳) اسپلان و حاجیلویی (۵)، مارتینز (۱۸) و سعید و ناد (۲۷) کاهش تعداد ساقه در یونجه را تحت شرایط کم آبی گزارش نمودند و آن را یک استراتژی برای کاهش سطح تعرق در گیاه بیان نمودند.



شکل ۱. شاخص سطح برگ (LAI) ارقام یونجه در سطوح مختلف کم آبیاری



شکل ۲. نسبت سطح برگ به وزن برگ (SAL) ارقام یونجه در سطوح مختلف کم آبیاری



شکل ۳. تعداد ساقه در ارقام یونجه در سطوح مختلف کم آبیاری در مترمربع

آبیاری به طور کلی کاهش یافت اما شدت این کاهش در رقم بغدادی بیشتر از سایر ارقام بود، به نحوی که با اعمال اولین تیمار کم آبیاری در حدود ۳۱٪ و در تیمار بعدی در حدود ۳۵٪

نتیجه گیری

آب جلوگیری نماید که البته این تغییرات، کاهش عملکرد را نیز به دنبال داشت. در بین ارقام مورد بررسی ارقام بغدادی و مساسرسا کمترین تغییرات را در صفات مورفولوژی خود نشان دادند، هم چنین در هر سطح کم آبیاری بالاترین عملکرد علوفه را تولید نمودند که می تواند بیانگر تحمل پذیری بیشتر این ارقام به شرایط کم آبیاری در منطقه خوزستان باشد.

به طور کلی کم آبیاری بر صفات مورفولوژیک یونجه (ارتفاع ساقه، تعداد برگ، شاخص سطح برگ، وزن تک ساقه، تعداد ساقه در مترمربع، نسبت برگ به ساقه و نسبت سطح برگ به وزن برگ) اثرات معنی داری داشت و سبب ایجاد تغییراتی برای تحمل شرایط تنش زای کم آبی شد تا گیاه را قادر سازد از اتلاف

منابع مورد استفاده

1. Abadou, GH. R., A. A. Rahnama and G. Fathi. 2009. Effect of row spacing and seeding rate on yield components and seed yield of alfalfa (*Medicago sativa* L. cv. Mesasirsa) *Journal of Plant Production* 16(3):67-84. (In Farsi).
2. Afsharmanesh, GH., H. Heidari-Sharifabad, D. Mazaheri, GH. Noormohammadi and H. Madani. 2008. The effects of water deficit stress on hay alfalfa (*Medicago sativa*) yield and water use efficiency cultivars. *Pajouhesh & Sazandegi* 78: 132-140. (In Farsi).
3. Anyia, A. O. and H. Herzog. 2004. Water use efficiency, leaf area and leaf gas exchange of cowpeas under mid-season drought. *European Journal of Agronomy* 20:327-39.
4. Aranda, I., L. Castro, M. Pardos, L. Gil, J. A. Pardos. 2005. Effects of the interaction between drought and shade on water relations, gas exchange and morphological traits in cork oak (*Quercus suber* L.) seedlings. *Plant Ecology Manage* 210:117-129.
5. Asilan, K. S. and S. Hajiloe. 2010. Effect of water deficit stress on morphological of alfalfa (*Medicago sativa*) cultivars. *Crop Ecophysiology Journal* 2(1): 41-51. (In Farsi).
6. Bonner, D. M. 1997. Coparative water relation and drought tolerance among alfalfa cultivars, MSc. Thesis, Department of Plant Science University of Manitoba, Winnipep, Manitoba.
7. Buxton, D. R. 2004. Growing Quality Forages under Variable Environmental Conditions, USDA, Iowa State University, USA.
8. Chaves, M. M., J. Flexas and C. pinheiro. 2009. Photosynthesis unde drought and salt stress regulation mechanisms from whole plant to cell. *Annuals of Botany* 103: 551-560.
9. Chaves, M. M., J. S. Pereira, J. P. Maroco, M. L. Rodrigues, C. P. P. Riccardo, M. L. Osorio, T. Carvalho, T. Faria and C. pinheiro. 2002. How plant cope with water steress in the field. Photosynthesis and growth. *Annuals of Botany* 89: 907-916.
10. Erice, G., S. Louahlia, J. J. Irigoyen, M. Sanchez-Diaz and J. C. Avice. 2010. Biomass partitioning, morphology and water status of four alfalfa genotypes submitted to progressive drought and subsequent recovery. *Journal of Plant Physiology* 167: 114-120.
11. Hart, R. H., R. B. Pearce, N. J. Chatterton, G. E. Carlson, D. K. Branes and C. H. Hanson. 1988. Alfalfa yield, specific leaf weight, CO₂ exchange rate and morphology. *Crop Science* 18: 649 – 653.
12. Irigoyen, J. J., D. W. Emerich and M. Sanchez Diaz. 1992. Alfalfa leaf senscense induced by drought stress: photosynthesis, hydrogen peroxide metabolism, lipid peroxidation and ethylene evolution. *Physiologia Plantarum* 84: 67-72.
13. Kafi, M., A. Borzoe, M. Salehi, A. Kamandi, A. Masoumi, and J. Nabati. 2007. Physiology of Envirmental Stresses in Plants . Mashad Jahad-e Daneshgahi. Mashhad. (In Farsi).
14. Liu, F. and H. Stutzel. 2002a. Leaf water relations of vegetable amaranth (*Amaranthus spp.*) in response to soil drying. *European Journal of Agronomy* 16:137-50.
15. Liu, F. and H. Stutzel. 2002b. Leaf expansion, stomatal conductance, and transpiration of vegetable amaranth (*Amaranthus spp.*) in response to soil drying. *Journal of American Society of Horticulture Science* 127:878-83.
16. Liu, F. and H. Stutzel. 2004. Biomass partitioning, specific leaf area, and water use efficiency of vegetable amaranth (*Amaranthus spp.*) in response to water stress. *Scientia Horticulturae* 102:15-27.
17. Marcelis, L. F. M, E. Heuvelink and J. Goudriaan. 1998. Modelling biomass production and yield of horticultural crops, a review. *Scientia Horticulturae* 74:83-111.
18. Martens, D. 2007. Management of drought stressed alfalfa, Available online at: [http://www. Co. Stearns. Mn. Usldocum – ents/ E × T 07 242007 WC. Pdf](http://www.Co.Stearns.Mn.Usldocum-ents/E×T07242007WC.Pdf). Accessed 12 June 2013.
19. Munns, R., R. A. James and A. Lauchli. 2006. Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other

- cereals. *Journal of Experimental Botany* 57: 1025-1043.
20. Pataki, I., S. Katic, V. Mihailovic, D. Milic and D. Karagic. 2003. Yield, morphology and chemical composition of five lucerne genotypes as affected by growth stage and the environment. *In: Proceeding of the 12th Symposium of the European Grassland Federation, Pleven, Bulgaria.* pp. 376-379.
21. Peter, J., V. Cerny and L. Hruska. 1988. Yield Formation in the Main Field Crop. Publishing House Czechoslovakia, Czechoslovakia.
22. Petil, H. V., A. R. Pesat, G. M. Barnett, W. N. Mason and J. L. Dionne. 1992. Quality and morphological characteristics of alfalfa as affected by soil moisture, pH and phosphorous fertilization. *Journal of Plant Science* 72: 147 – 162.
23. Ray, I. M., M. S. Townsend, C. M. Muncy and J. A. Henning. 1999. Heritabilities of water use efficiency traits and correlations with agronomic traits in water – stressed alfalfa. *Crop Science* 39: 494 – 498.
24. Reynolds, W. D., C. F. Drury, C. S. Tan, C. A. Fox and X. M. Yang. 2009. Use of indicators and pore volume function characteristics to quantify physical quality. *Geoderma* 152: 252-263.
25. Rostami, M. A. and B. Yazdi Samadi. 1989. Drought resistance evaluation and the responses of alfalfa cultivars under normal and soil moisture stress conditions. *Iranian Journal of Agricultural Sciences* 22(2 and 3): 9-23. (In Farsi).
26. Rotili, P., G. Gnocchi, C. Scotti and Kertikova. 2001. Animal Production and Health, Divison (AGA) of the Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO, Viale delle Terme di Caracalla, 00153 Rome, Italy.
27. Saeed, I. A. M. and A. H. EL. Nadi. 1997. Irrigation effects on the growth, yield and water use efficiency of alfalfa. *Irrigation Science* 17 (2): 63–68.
28. Sengul, S. 2002. Yield components, morphology and forage quality of native alfalfa ecotypes, *Online Journal of Biological Science* 2 (7): 494–498.
29. Sheaffer, C. C., N. P. Martin, J. F. S. Lamb, G. R. Cuomo, J. G. Jewett and S. R. Quering. 2000. Leaf and stem properties of alfalfa entries. *Agronomy Journal* 92(4): 733-739.
30. Singh, J. and A. Patal. 1996. Water statues, gaseous exchange, proline accumulation and yield of wheat in response to water stress. *Annual of Biology Ludhiana* 12: 77-81.
31. Slama, I., S. Tayachi, A. Jdey, A. Rouached and C. Abdelly. 2011. Differential response to water deficit stress in alfalfa (*Medicago sativa*) cultivars: Growth, water relations, osmolyte accumulation and lipid peroxidation. *African Journal of Biotechnology* 10 (72): 16250-16259.
32. Smith, D. L. and C. Hamel. 2005. Crops Yield, Physiology and Processes. (Translate); Imam, Y. and M. G. Seghatoleslami. Shiraz University Press. Shiraz.
33. Taiz, L. and E. Zeiger. 2005. Plant Physiology. Vol. 2. (Translate); Kafi, M., A. Zand, B. Kamkar, H. R. Sharifi and M. Goldani. Mashad Jahad-e Daneshgahi. Mashhad.
34. Volence, J. J. and J. H. Cherney. 1990. Yield components morphology and forage quality of multifoliate alfalfa phenotypes. *Crop Science* 30: 1224 – 1238.
35. Zamaniyan, M. S., A. Hashemie Dezfuli and A. Mazidie Heravan. 2000. Study of morphological and agricultural traits effective on the yield of seven Iranian and Foreign alfalfa cultivars. *Seed and Plant Production Journal* 16(1): 1-18.