



به‌زرعی کشاورزی

دوره ۱۹ ■ شماره ۱ ■ بهار ۱۳۹۶
صفحه‌های ۶۸-۵۵

اثر سطوح متفاوت آبیاری بر رشد رویشی و عملکرد دانه خلر و ماشک گل-خوشه‌ای

الهام رستگاری^۱، شهاب مداح حسینی^{۲*}، و آرمان آذری^۳

۱. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر رفسنجان، رفسنجان، ایران

۲. دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر رفسنجان، رفسنجان، ایران

۳. استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر رفسنجان، رفسنجان، ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۰۱/۱۹

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۴/۰۲/۱۷

چکیده

به‌منظور بررسی اثر سطوح مختلف آبیاری بر رشد رویشی و عملکرد دانه خلر (*Lathyrus stivus* L.) و ماشک گل‌خوشه‌ای (*Vicia villosa* Roth)، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در مزرعه پژوهشی دانشگاه ولی عصر رفسنجان در سال زراعی ۱۳۹۲ انجام شد. دور آبیاری در چهار سطح (۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر کلاس A) به‌عنوان عامل اصلی و نوع گیاه در دو سطح (خلر و ماشک گل‌خوشه‌ای) به‌عنوان عامل فرعی بودند. نتایج نشان داد ۵۳ روز پس از کاشت، با افزایش سطح آبیاری محتوای آب نسبی برگ خلر بر خلاف ماشک گل‌خوشه‌ای کاهش نیافت، ولی ۶۶ روز پس از کاشت کاهش یافت. هر چند بین سطوح ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ میلی‌متر تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. سطح برگ و زیست‌توده اندام هوایی خلر و ماشک در اثر کمبود آب ناشی از افزایش سطح آبیاری به ترتیب ۷۷ و ۷۳ درصد کاهش یافت، ولی سطح برگ خلر در سطوح آبیاری چهار تا نه برابر بیش از ماشک بود، هر چند زیست‌توده اندام هوایی دو گیاه با هم تفاوت چندانی نداشت (۱/۱ و ۱/۲ گرم بر بوته در سطح آبیاری شاهد و ۰/۵ و ۰/۶ در سطح آبیاری ۱۰۰ میلی‌متر، به ترتیب برای ماشک و خلر). در نهایت، خلر برتری قابل توجهی بر ماشک گل‌خوشه‌ای از لحاظ عملکرد و اجزا عملکرد داشت به گونه‌ای که عملکرد دانه، وزن هزار دانه، تعداد دانه در بوته و تعداد نیام در بوته آن در سطح آبیاری ۱۰۰ میلی‌متر به ترتیب ۴/۸، ۲/۴، ۳/۷ و ۳/۲ برابر ماشک بود. به نظر می‌رسد که در صورت کاشت به‌منظور تولید علوفه هر دو گیاه تحمل نسبتاً خوبی به افزایش سطح آبیاری داشتند، ولی به‌منظور کاشت دانه، خلر بسیار بهتر بود و خشکی را بهتر تحمل کرد.

کلیدواژه‌ها: سطح برگ، خشکی، زیست‌توده، علوفه، عملکرد

۱. مقدمه

دانه از اجزای مهم عملکرد محسوب می‌شوند و در بسیاری از این گیاهان مهم‌ترین نقش را در عملکرد دانه دارند [۱۶]. بررسی نتایج مربوط به عملکرد دانه در آفتابگردان نشان داد که با افزایش فواصل آبیاری براساس میزان تبخیر و کاهش دفعات آن از میزان عملکرد کاسته شد. به نظر می‌رسد که مصرف متعادل آب طی مراحل نمو از جمله گلدھی و دانه‌بندی منجر به بهبود عملکرد دانه آفتابگردان می‌شود [۱۱].

خلر و ماشک گل خوشه‌ای از بقولات علوفه‌ای فراموش شده‌ای به شمار می‌آیند که نقش مهمی را در کشاورزی پایدار و تأمین نیازهای تغذیه‌ای گیاهان زراعی ایفا می‌کنند. خلر (*Lathyrus sativus* L.) گیاهی است یک‌ساله از خانواده‌ی بقولات^۱ که سازگاری زیادی به عوامل نامساعد محیطی از جمله خشکی و سرما دارد. این گیاه مستعد تولید عملکرد خوب، حتی در بدترین شرایط اقلیمی و سازگار به فصول سرد می‌باشد [۱۵]. برخی گونه‌های خلر برای تغذیه‌ی حیوانات، برخی برای غذای انسان و همه آنها قابلیت استفاده به عنوان کودسبز را دارند [۷]. ماشک گل خوشه‌ای (*Vicia villosa* R.) گیاهی است یک‌ساله یا دوساله از تیره‌ی بقولات که دارای ریشه عمیق و راست با انشعاب‌های جانبی است. این گونه می‌تواند درجه حرارت بین ۱۸- تا ۴۰ درجه سانتی‌گراد را تحمل نماید و گیاهی بسیار مناسب برای احداث چراگاه است و سبب تقویت نفوذپذیری و نگهداری درازمدت آب در خاک می‌شود [۲۵]. با وجود ویژگی‌های زراعی مناسب این دو گیاه، پژوهش‌های بسیار کمی روی آنها انجام شده است و با توجه به نیاز کشور به گیاهان علوفه‌ای و کمبود آب برای آبیاری، تعیین رژیم آبیاری مناسب که به توان با کاربرد آن ضمن صرفه‌جویی در مصرف آب عملکرد قابل قبولی نیز به‌دست آورد، ضروری است. بنابراین، هدف از انجام

امروزه استفاده از بقولات علوفه‌ای یک‌ساله در تناوب زراعی به‌عنوان پشتوانه بسیاری از سیستم‌های زراعی پایدار به شمار می‌آید [۱۸]. کشت این گیاهان در فضاها‌ی خالی آیش تابستانی، علاوه بر کنترل فرسایش خاک، تثبیت بیولوژیکی نیتروژن و افزایش محتوای مواد آلی، سبب بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی خاک نیز می‌شود [۳۴].

کم‌آبی یکی از مشکلات تولید فرآورده‌های کشاورزی در بسیاری از نقاط دنیا به‌ویژه مناطق خشک و نیمه‌خشک است، تنش خشکی زمانی رخ می‌دهد که جذب آب توسط گیاه از خاک، کندتر از تلفات آب از طریق تعرق صورت گیرد [۱۴]. خشکی در واقع یک تنش چند بعدی است که گیاهان را در سطوح مختلف سازمانی تحت تأثیر قرار می‌دهد و به‌عنوان مهم‌ترین فاکتور کنترل‌کننده عملکرد محصولات، تقریباً بر کلیه فرآیندهای رشد گیاه تأثیرگذار است [۲۰ و ۳۳]. یکی از مهم‌ترین تغییرات ناشی از کمبود آب کاهش محتوای آب نسبی برگ (RWC) است، این صفت می‌تواند توانمندی گیاه را در تحمل به تنش خشکی نشان دهد و به خوبی با شدت تنش ارتباط دارد [۳۵]. در پژوهشی با موضوع بررسی برخی تغییرات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی در سه رقم نخود مشاهده شد، رقم 'جم' که مقاوم به خشکی بود در شرایط تنش خشکی محتوای آب نسبی بیشتری نسبت به دو رقم دیگر داشت [۶].

سطح برگ نیز یک عامل تعیین‌کننده در جذب تابش، فتوسنتز، زیست‌توده، انتقال انرژی و تعرق در سایه‌انداز گیاهان است [۲۶]. گزارش داده شده است که تنش خشکی باعث کاهش سطح برگ نخود نسبت به شرایط بدون تنش شده است [۴]. در نهایت، اینکه عملکرد دانه گیاه که نتیجه تخصیص مواد فتوسنتزی به اندام‌های اقتصادی گیاه می‌باشد از طریق روابط متعادل بین منبع و مخزن حاصل می‌شود [۳۱]. تعداد نیام در بوته و تعداد دانه در بوته و وزن هزار

1. Leguminouse

اثر سطوح متفاوت آبیاری بر رشد رویشی و عملکرد دانه خلر و ماشک گل خوشه‌ای

و تنک کردن بسته به نیاز انجام شد. به منظور شبیه‌سازی شرایط پژوهش با شرایط واقعی رشد و نمو این دو گیاه، که به صورت خودرو در زمین‌های حاشیه‌ای و مراتع منطقه رفسنجان رشد می‌کنند، در این آزمایش از هیچ نوع کود شیمیایی استفاده نشد. خلاصه‌ای از مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایش در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری در جدول ۱ آورده شده است.

آبیاری هر کرت فرعی پس از رسیدن میزان تبخیر از سطح تشتک بسته به تیمار مورد نظر انجام شد. بدین ترتیب که انتهای هر کرت فرعی به‌طور کامل بسته شد، با هدایت آب به درون آن عمق آب تا حد تقریبی ۳۰ سانتی‌متر (عمق جویچه‌های آبیاری) تنظیم گردید. پس از پایان آبیاری هر کرت فرعی، کرت فرعی بعدی آبیاری شد. به‌منظور ثبت داده‌های سطح برگ^۱، زیست‌توده و اجزا عملکرد دانه، دو بار نمونه‌برداری در زمان‌های گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیک انجام شد. نمونه‌برداری برای این صفات با حذف نیم متر حاشیه از ابتدا و انتهای ردیف وسط در هر کرت فرعی انجام شد. یک متر وسط از ردیف میانی برای اندازه‌گیری عملکرد و اجزاء عملکرد کنار گذاشته شد و طی فصل رشد نمونه‌برداری از آن انجام نشد. در هر بار نمونه‌برداری پنج بوته از ۵۰ سانتی‌متر مربع از ردیف میانی (به‌جز بخشی که برای عملکرد در نظر گرفته شده بود) به‌طور کامل کف بر شده به آزمایشگاه برای اندازه‌گیری سطح برگ و وزن خشک منتقل شدند [۲۲ و ۳۰].

پژوهش حاضر، بررسی واکنش برخی اجزا رشد رویشی و عملکرد دانه خلر و ماشک گل خوشه‌ای به محدودیت آب آبیاری است.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر سطوح مختلف آبیاری بر رشد رویشی و عملکرد دانه خلر و ماشک گل خوشه‌ای، آزمایشی به- صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در مزرعه پژوهشی دانشگاه ولی عصر رفسنجان در سال زراعی ۱۳۹۲ انجام شد. تیمار آبیاری در چهار سطح (۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر کلاس A) به‌عنوان عامل اصلی و نوع گیاه در دو سطح (خلر و ماشک گل خوشه‌ای) به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. در هر کرت فرعی سه ردیف کاشت از خلر یا ماشک به صورت جوی و پشته، با فاصله ردیف ۰/۵ متر و طول ۴ متر کاشته شد. دو ردیف کناری به عنوان حاشیه و ردیف وسط برای نمونه برداری در نظر گرفته شدند. کاشت به صورت کپه‌ای (سه بذر در هر کپه) و با فاصله ۱۰ سانتی‌متر بین هر دو کپه و در تاریخ ۲۰ اسفند انجام شد. پس از سبز شدن، تنها یک گیاهچه سالم نگه داشته شد به‌گونه‌ای که تراکم نهایی ۲۰ بوته در متر مربع به‌دست آمد [۵]. در یک ماه اول پس از کاشت، آبیاری با دور پنج روز انجام شد. پس از استقرار گیاهچه‌ها تا پایان آزمایش، دوره‌های آبیاری بر اساس تیمار مورد نظر صورت گرفت. سایر عملیات داشت مانند وجین

جدول ۱. خلاصه نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل انجام آزمایش

pH	هدایت الکتریکی (dS m ⁻¹)	پتاسیم قابل جذب (ppm)	فسفر قابل جذب (ppm)	شن (%)	رس (%)	سیلت (%)	کلاس بافت	ماده آلی (%)	نیترژن (%)
۷/۸	۶/۵	۳۸۱	۱۲	۵۵	۲۵/۴	۱۹/۶	لوم رسی - شنی	۰/۹۳	۰/۰۱

۱ . Delta T, WD3, UK

بزرگ‌کشاورزی

دوره ۱۹ ■ شماره ۱ ■ بهار ۱۳۹۶

سطح آبیاری معنی دار نبود که نشان می‌دهد پاسخ هر دو گیاه به افزایش سطح آبیاری به‌طور نسبی یکسان بوده است. (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که در زمان‌های ۴۸ و ۵۳ روز پس از کاشت محتوای آب نسبی برگ هر دو گیاه از ۴۰ (شاهد) تا ۸۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشک تغییر معنی‌داری نداشت، ولی در اثر تیمار آبیاری ۱۰۰ میلی‌متر به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. اما در اندازه‌گیری در روز ۶۶ ام پس از کاشت، RWC پس از ۴۰ میلی‌متر بطور معنی‌داری بیش از سطوح ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ میلی‌متر بود (شکل ۱).

به نظر می‌رسد با وجود گرم‌تر شدن هوا در نیمه دوم اردیبهشت و افزایش احتمالی تبخیر و تعرق، محتوای نسبی آب برگ گیاه ماشک گل خوشه‌ای تحت تأثیر افزایش شدید سطح آبیاری (از ۴۰ تا ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر) کاهش قابل ملاحظه‌ای نداشته است. این امر شاید نشان‌دهنده افزایش گسترش ریشه و توان جذب آب از لایه‌های پایینتر خاک همراه با افزایش رشد گیاه بوده است. همچنین، نشان‌دهنده تحمل نسبی این گیاه به کم آبی تا حدود زمان گلدهی گیاه بوده است. از سوی دیگر، در گیاه خلر در نمونه‌برداری‌های ۴۸ و ۵۳ روز پس از کاشت بین سطوح آبیاری تفاوت معنی‌داری از لحاظ RWC وجود نداشت، ولی در نمونه‌برداری ۶۶ روز پس از کاشت افزایش سطح آبیاری از ۴۰ میلی‌متر سبب کاهش معنی‌دار آن شد. با این حال مقایسه دو گیاه در هر تاریخ نمونه‌برداری و هر سطح آبیاری نشان داد که همواره RWC در خلر بیش از ماشک گل خوشه‌ای بوده است. به‌طور کلی نتایج پیشنهاد می‌کنند که هر دو گیاه تا پایان دوره رشد رویشی تحمل نسبتاً بالایی به افزایش سطح آبیاری داشته‌اند، ولی در مجموع محتوای نسبی آب برگ در خلر بالاتر از ماشک گل خوشه‌ای بوده است.

اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ در سه نمونه‌برداری در تاریخ‌های ۴۸، ۵۳ و ۶۶ روز پس از کاشت و درست پیش از آبیاری به روش بار و وترلی^۱ انجام شد [۱۹]. چند برگ از یک بوته به‌طور تصادفی انتخاب شدند و بلافاصله در پوشش آلومینیوم قرار گرفتند و در فلاسک حاوی یخ به آزمایشگاه منتقل شدند. سپس وزن تر آنها با ترازو با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد (Fw) و پس از قطعه‌قطعه شدن در پتری دیش‌های حاوی آب مقطر در دمای آزمایشگاه در تاریکی غوطه‌ور شدند. پس از ۲۴ ساعت وزن آنها دوباره اندازه‌گیری شد (Tw) سپس در آون با دمای ۷۵ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شدند و بار دیگر وزن آنها اندازه‌گیری شد (Dw). با استفاده از رابطه زیر (فرمول ۱) محتوای آب نسبی برگ بصورت درصد محاسبه شد:

$$RWC = [(Fw - Dw) / (Tw - Dw)] \times 100$$

بر اساس ثبت داده‌های فنولوژیک، تاریخ گلدهی و ظهور نیام برای هر دو گیاه در حدود ۷۴ و ۹۰ روز پس از کاشت بود. در پایان تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹/۱) و مقایسه میانگین تیمارها توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن^۲ در سطح پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

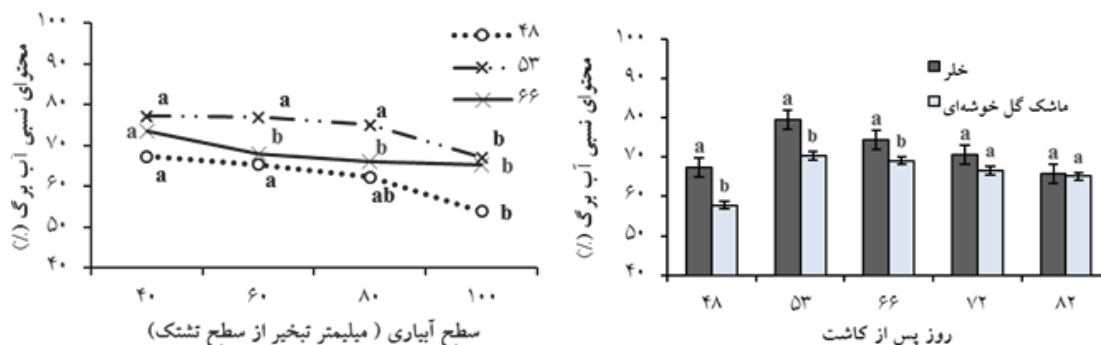
اثر سطوح متفاوت آبیاری بر محتوای آب نسبی برگ خلر و ماشک گل خوشه‌ای

بر اساس نتایج تجزیه واریانس اثر نوع گیاه و سطح آبیاری بر محتوای آب نسبی برگ (RWC) معنی‌دار بود. همچنین در هیچ یک از سه زمان نمونه‌برداری برهمکنش نوع گیاه و

1 . Barr and Weatherley

2 . Duncan Multiple Range Test (DMRT)

اثر سطوح متفاوت آبیاری بر رشد رویشی و عملکرد دانه خلر و ماشک گل خوشه‌ای



شکل ۱. تغییرات محتوای آب نسبی برگ ماشک گل خوشه‌ای و خلر در سطوح متفاوت آبیاری و در سه زمان ۴۸، ۵۳ و ۶۶ روز پس از کاشت. در شکل سمت راست حروف مقایسه میانگین برای مقایسه دو گیاه و در شکل سمت چپ برای مقایسه سطوح آبیاری در هر زمان به صورت جداگانه است (Duncan, P = 0.05).

جدول ۲- خلاصه نتایج تجزیه واریانس محتوای آب نسبی برگ سطح برگ و وزن خشک اندام هوایی خلر و ماشک گل خوشه‌ای در زمان گلدهی

منبع تغییر	درجه آزادی	محتوای آب نسبی برگ	سطح برگ	وزن خشک
بلوک	۳	۹/۷ ^{ns}	۳/۶۱ ^{ns}	۰/۰۰۳ ^{ns}
سطح آبیاری	۳	۱۶۲/۲*	۱۵۳۵/۱**	۰/۲**
خطا (a)	۹	۴۷/۱	۱/۹	۰/۰۰۱
نوع گیاه	۱	۶۵۷/۴**	۶۱۳۷/۶**	۰/۱**
نوع گیاه × سطح آبیاری	۳	۱۵/۶ ^{ns}	۷۸۷/۶**	۰/۰۰۶**
خطا (b)	۱۰	۴۱/۴	۱/۶	۰/۰۰۲
		۱۰/۳	۴/۷	۶/۷
	cv (%)			

ns و *، ** به ترتیب معنی‌دار در سطح یک درصد، پنج درصد و غیر معنی‌دار

پایینتر خاک همراه با افزایش رشد گیاه بوده است. همچنین، نشان‌دهنده تحمل نسبی این گیاه به کم آبی تا حدود زمان گلدهی گیاه بوده است. از سوی دیگر، در گیاه خلر در نمونه‌برداری‌های ۴۸ و ۵۳ روز پس از کاشت بین سطوح آبیاری تفاوت معنی‌داری از لحاظ RWC وجود نداشت، ولی در نمونه‌برداری ۶۶ روز پس از کاشت

به نظر می‌رسد با وجود گرمتر شدن هوا در نیمه دوم اردیبهشت و افزایش احتمالی تبخیر و تعرق، محتوای نسبی آب برگ گیاه ماشک گل خوشه‌ای تحت تأثیر افزایش شدید سطح آبیاری (از ۴۰ تا ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر) کاهش قابل ملاحظه‌ای نداشته است. این امر شاید نشان‌دهنده افزایش گسترش ریشه و توان جذب آب از لایه‌های

اثر سطوح متفاوت آبیاری بر سطح برگ خلر و ماشک گل خوشه‌ای

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که برهم کنش سطح آبیاری و نوع گیاه بر سطح برگ در زمان گلدهی معنی‌دار بود (جدول ۲). با وجود کاهش سطح برگ در هر دو گیاه با افزایش سطح آبیاری، روند کاهش در دو گیاه متفاوت بود. در خلر علاوه بر اینکه شیب کاهش بیشتر از ماشک گل خوشه‌ای بود، تفاوت در همه سطوح آبیاری معنی‌دار بود، ولی در ماشک گل خوشه‌ای فقط تفاوت ۴۰ میلی‌متر با بقیه سطوح آبیاری معنی‌دار بود و بقیه با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشتند. با این حال، در هر چهار سطح آبیاری سطح برگ خلر بسیار بیشتر از ماشک گل خوشه‌ای بود (شکل ۲). احتمالاً، کاهش سطح برگ به دلیل کاهش محتوای آب نسبی برگ و به دنبال آن کوچک شدن اندازه سلول‌ها، کاهش تقسیم سلول‌های مریستمی و در نتیجه کندشدن رشد برگ، توقف تولید برگ، تسریع پیری و متعاقب آن ریزش برگ‌ها باشد [۲۷].

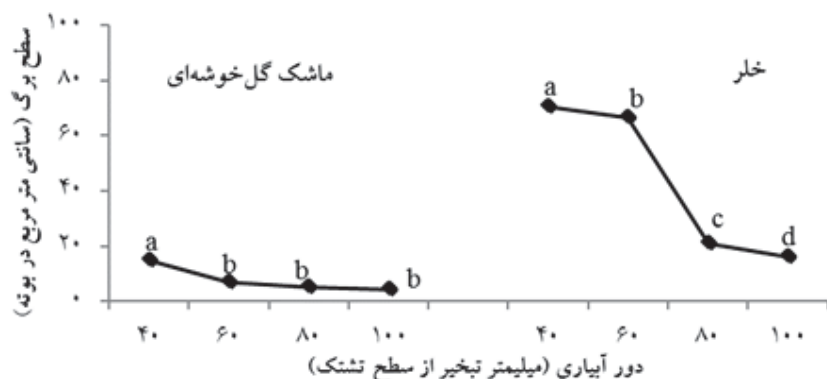
در پژوهشی مشاهده شد که سطح برگ در خلر در تیمار حاوی ۲۰ درصد پلی اتیلن گلیکول، در مقایسه با تیمار شاهد ۳۰ درصد کاهش پیدا کرد [۲۵]. همچنین در پژوهشی دیگر روی اثر محدودیت آب بر رشد سه گونه ماشک نتیجه گرفته شد که در ماشک گل خوشه‌ای سطح برگ از تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی تا ۴۰ درصد ظرفیت زراعی به‌طور معنی‌دار کاهش یافت. در این پژوهش، سطح برگ در هر سه گونه ماشک (*V. villosa* و *V. sativa narbonensis*) به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر رژیم‌های آبیاری قرار گرفت، ولی سطح برگ در ماشک گل خوشه‌ای در مقایسه با دو گونه دیگر نسبت به شاهد کاهش بیشتری داشت. کاهش سطح برگ در *V. villosa* و *V. sativa narbonensis* در مقایسه با شاهد به ترتیب ۸۵، ۷۲ و ۷۴ درصد بود. کاهش سطح برگ به سرعت پایین گسترش برگ و کند شدن عرضه کربوهیدرات نسبت داده شد [۲۱].

افزایش سطح آبیاری از ۴۰ میلی‌متر سبب کاهش معنی‌دار آن شد. با این حال مقایسه دو گیاه در هر تاریخ نمونه‌برداری و هر سطح آبیاری نشان داد که همواره RWC در خلر بیش از ماشک گل خوشه‌ای بوده است. به‌طور کلی نتایج پیشنهاد می‌کنند که هر دو گیاه تا پایان دوره رشد رویشی تحمل نسبتاً بالایی به افزایش سطح آبیاری داشته‌اند، ولی در مجموع محتوای نسبی آب برگ در خلر بالاتر از ماشک گل خوشه‌ای بوده است.

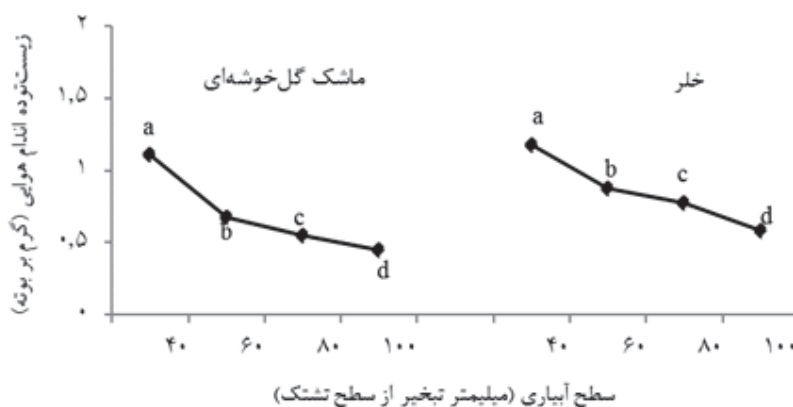
در شرایط محدودیت آب معمولاً (نه همیشه) محتوای آب نسبی برگ کاهش می‌یابد و کاهش محتوای آب نسبی برگ ارتباط مثبتی با کاهش سرعت فتوسنتز دارد، به‌گونه‌ای که تنش آب هم فتوسنتز و هم مصرف فراورده‌های فتوسنتزی را در برگ‌های در حال رشد کاهش می‌دهد [۳۲]. در یک پژوهش با هدف تجزیه عواملی صفات زراعی و فیزیولوژیک ده رقم گندم نان در دو رژیم آبیاری مشاهده شد که در ۷۰ میلی‌متر تبخیر بین سطح برگ و محتوای نسبی آب برگ همبستگی معنی‌داری وجود نداشت، ولی در شرایط ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک این همبستگی مثبت و معنی‌دار بود [۸]. در پژوهشی دیگر که به‌منظور بررسی خصوصیات فیزیولوژیک ارقام نخود زراعی^۱ تحت اثر تنش خشکی و کود نیتروژنه آغازگر انجام شد، مشاهده شد که تنش خشکی اثر کاهنده معنی‌داری بر محتوای نسبی آب برگ نخود داشت و از این لحاظ تفاوتی بین ارقام مختلف وجود نداشت [۱۳]. در ماشک^۲ هم کم‌آبیاری به‌طور معنی‌داری باعث کاهش محتوای نسبی آب برگ شد، به‌گونه‌ای که بیشترین محتوای نسبی آب برگ مربوط به تیمار شاهد و کمترین آن مربوط به تنش خشکی ۱۰ درصد ظرفیت زراعی بود [۱۷].

1 . *Cicer arietinum* L.
2 . *Vicia sativa* L.

اثر سطوح متفاوت آبیاری بر رشد رویشی و عملکرد دانه خلر و ماشک گل خوشه‌ای



شکل ۲. تغییرات سطح برگ در زمان گلدهی ماشک گل خوشه‌ای و خلر تحت سطوح متفاوت آبیاری. حروف مقایسه میانگین برای مقایسه سطوح آبیاری در هر گیاه است (Duncan, P = 0.05).



شکل ۳. تغییرات زیست توده اندام هوایی ماشک گل خوشه‌ای و خلر تحت سطوح متفاوت آبیاری در زمان گلدهی. حروف مقایسه میانگین برای مقایسه سطوح آبیاری در هر گیاه است (Duncan, P = 0.05).

ترتیب مربوط به سطح آبیاری ۴۰ و ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر بود (شکل ۳). کاهش زیست توده ناشی از تنش کمبود آب می‌تواند ناشی از کاهش فشار آماس و همچنین کاهش سرعت فتوسنتز به دلیل محدودیت‌های بیوشیمیایی ناشی از کمبود آب از قبیل کاهش رنگدانه‌های فتوسنتزی به‌ویژه کلروفیل باشد [۲۹].

اثر سطوح متفاوت آبیاری بر زیست توده اندام هوایی خلر و ماشک گل خوشه‌ای

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که برهم کنش سطح آبیاری و نوع گیاه بر زیست توده اندام هوایی در زمان رسیدگی فیزیولوژیک معنی‌دار بود (جدول ۲). براساس نتایج آزمون مقایسه میانگین در هر دو گیاه با افزایش سطح آبیاری از ۴۰ تا ۱۰۰ میلی‌متر، وزن خشک اندام هوایی کاهش یافت. به‌طوری‌که بیشترین و کمترین وزن خشک اندام هوایی به

اثر سطوح متفاوت آبیاری بر عملکرد و اجزا عملکرد خلر و ماشک گل خوشه‌ای

براساس نتایج تجزیه واریانس اثر سطح آبیاری، نوع گیاه و برهم کنش آن‌ها بر تعداد نیام در بوته، تعداد دانه در بوته، وزن هزاردانه و عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۳). همچنین، تعداد دانه در نیام هم تحت تأثیر معنی‌دار سطح آبیاری و هم برهم کنش سطح آبیاری و گیاه قرار گرفت ولی برای وزن هزاردانه تنها اثر اصلی سطح آبیاری و نوع گیاه معنی‌دار بود (جدول ۳).

اثر سطوح متفاوت آبیاری بر تعداد نیام در بوته خلر و ماشک گل خوشه‌ای

نتایج آزمون مقایسه میانگین نشان داد که در خلر افزایش سطح آبیاری از ۴۰ میلی‌متر سبب کاهش معنی‌دار تعداد نیام در بوته شد هرچند که تفاوت بین سطوح ۶۰ و ۸۰ میلی‌متر معنی‌دار نبود، اما در ماشک گل خوشه‌ای کاهش معنی‌دار در این صفت (نسبت به ۴۰ میلی‌متر تبخیر) از سطح آبیاری ۸۰ میلی‌متر آغاز شد. همچنین در مجموع تعداد نیام در بوته در گیاه خلر در تمام سطوح آبیاری بسیار بیشتر از ماشک گل خوشه‌ای بود (جدول ۴).

تعداد نیام در بوته یکی از اجزا مهم عملکرد بقولات است. با این حال به سبب پدیده خود تخریبی در بقولات ممکن است تعدادی از گل‌ها و نیام‌ها در مراحل اولیه تشکیل ریزش یابند و گیاه به پتانسیل عملکرد خود نرسد [۱]. کمبود آب در دسترس گیاه سبب کاهش سطح برگ، کاهش جذب نور، کاهش فتوسنتز و ساخت مواد پرورده می‌شود و این امر سبب کاهش اختصاص مواد فتوسنتزی به سمت تولید نیام خواهد شد و در نهایت تعداد نیام کاهش می‌یابد. در پژوهشی با هدف بررسی محدودیت آب طی رشد زایشی خلر مشاهده شد که تعداد نیام تحت تأثیر تنش خشکی (پتانسیل اسمزی ۳/۱۲- مگاپاسکال) کاهش پیدا کرد [۲۲]. در پژوهش دیگری با هدف بررسی تأثیر تنش خشکی بر شاخص‌های رشد نخود نتیجه گرفته شد که اثر تنش خشکی بر تعداد نیام در بوته نخود معنی‌دار بود. بیشترین تعداد نیام مربوط به رژیم آبیاری شاهد و کمترین آن مربوط به تنش خشکی در مرحله گلدهی بود [۱]. همچنین مشاهده شد که تعداد نیام در لوبیا قرمز در شرایط آبیاری نرمال نسبت به شرایط تنش بیشتر بود [۱۶].

جدول ۳. خلاصه نتایج تجزیه واریانس اثر سطح آبیاری و نوع گیاه بر عملکرد و اجزای عملکرد

منبع تغییرات	درجه آزادی	تعداد نیام در بوته	تعداد دانه در نیام	تعداد دانه در بوته	وزن هزار دانه	عملکرد دانه
بلوک	۳	۰/۱۳ ns	۰/۶۰ ns	۰/۸ ns	۱/۳۰ ns	۷/۶ ns
سطح آبیاری	۳	۱۹/۲۹ **	۱/۰۱ **	۱۰۵/۸ **	۱۳۶ *	۶۴۴۷ **
خطا (a)	۹	۰/۰۳	۰/۰۵	۲/۲	۵۰/۶	۹/۳
نوع گیاه	۱	۵۰۵/۶ **	۰/۰۱ ns	۲۷۴۵ **	۱۹۰۷۸ *	۵۱۲۹۵ **
نوع گیاه × سطح آبیاری	۳	۳/۷۲ **	۱/۰۲ **	۱۰/۷ **	۳۱/۳ ns	۳۳۵۵ **
خطا (b)	۱۰	۰/۹۲	۰/۰۳	۱/۶	۲۵/۶	۱۵/۵
cv (%)		۳/۴	۸/۲۳	۶/۳	۸/۱	۶/۱

جدول ۴. مقایسه میانگین برهمکنش سطح آبیاری در نوع گیاه بر تعداد نیام در بوته، تعداد دانه در نیام، تعداد دانه در بوته و عملکرد دانه

گیاه	سطح آبیاری (mm Evap)	تعداد نیام در بوته	تعداد دانه در نیام	تعداد دانه در بوته	عملکرد دانه (gr.m ²)
خلر	۴۰	۱۵/۸a	۲/۳ a	۳۶ a	۱۶۹a
	۶۰	۱۲/۶ b	۲/۴ a	۳۰ b	۱۴۹b
	۸۰	۱۲ b	۲/۳ a	۲۸b	۷۴ c
	۱۰۰	۱۰ c	۲/۶ a	۲۵ c	۶۲d
ماشک گل خوشه‌ای	۴۰	۵/۵ a	۳ a	۱۶ a	۳۵ a
	۶۰	۴/۷ab	۲/۹ a	۱۳b	۱۷ b
	۸۰	۴/۶ b	۱/۵ c	۶/۷ c	۱۴b
	۱۰۰	۳/۱c	۲/۲ b	۶/۸c	۱۳ b

در هر گیاه، میانگین‌های دارای یک حرف مشترک از لحاظ آماری تفاوتی با یکدیگر ندارند. سطح آبیاری بر اساس میزان تبخیر (میلی‌متر) از سطح تشتک تبخیر کلاس A می‌باشد.

اثر سطوح متفاوت آبیاری بر تعداد دانه در نیام و تعداد دانه در بوته خلر و ماشک گل خوشه‌ای

بر اساس آزمون مقایسه میانگین، تغییرات تعداد دانه در نیام در خلر با افزایش سطح آبیاری معنی‌دار نبود، ولی در ماشک گل خوشه‌ای سطوح آبیاری ۸۰ و ۱۰۰ میلی‌متر سبب کاهش معنی‌دار آن شدند (جدول ۴). همچنین، تعداد دانه در نیام در ماشک در سطوح آبیاری ۴۰ و ۶۰ بیش از خلر و در سطوح آبیاری ۸۰ و ۱۰۰ میلی‌متر کمتر از آن بود که نشان می‌دهد خشکی اثر کاهنده بیشتری بر ماشک از لحاظ این صفت داشته است. از سوی دیگر، در خلر افزایش سطح آبیاری سبب کاهش معنی‌دار تعداد دانه در بوته شد. اگرچه سطوح ۶۰ و ۸۰ میلی‌متر تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. در ماشک گل خوشه‌ای هم تعداد دانه در بوته با افزایش سطح آبیاری نسبت به شاهد کاهش یافت، ولی در این گیاه سطوح ۸۰ و ۱۰۰ میلی‌متر با هم تفاوت معنی‌داری نداشتند (جدول ۴). تعداد دانه در بوته حاصل ضرب تعداد دانه در نیام و تعداد نیام در بوته است

و نتایج نشان می‌دهند اگرچه در هر دو گیاه تعداد دانه در بوته با افزایش سطح آبیاری از ۴۰ میلی‌متر کاهش قابل توجهی داشته است، ولی این کاهش در ماشک گل خوشه‌ای بسیار شدیدتر بوده است. احتمالاً، این امر به کاهش تعداد نیام در بوته مربوط است و نه کاهش تعداد دانه در نیام زیرا در هر دو گیاه کاهش تعداد دانه در نیام اثر کم‌آبیاری کمتر از کاهش تعداد نیام در بوته بوده است. در همین رابطه، ارزیابی خصوصیات کمی و کیفی ژنوتیپ‌های سویا در شرایط خشکی نشان داد که تعداد دانه در نیام تحت تأثیر خشکی قرار نگرفت، ولی برخی ژنوتیپ‌ها از دیدگاه تحمل کم آبی بر بقیه برتری داشتند. همچنین به نظر می‌رسد این صفت از پایداری بیشتری نسبت به دیگر اجزا عملکرد برخوردار است [۹]. در پژوهش دیگری مشاهده شد که تنش خشکی باعث کاهش تعداد دانه در بوته نخود می‌شود که ممکن است مربوط به ریزش نیام‌ها باشد، در این مورد نیام‌ها زمانی شروع به ریزش می‌کنند که پیری برگ‌ها به دلیل تنش خشکی آغاز

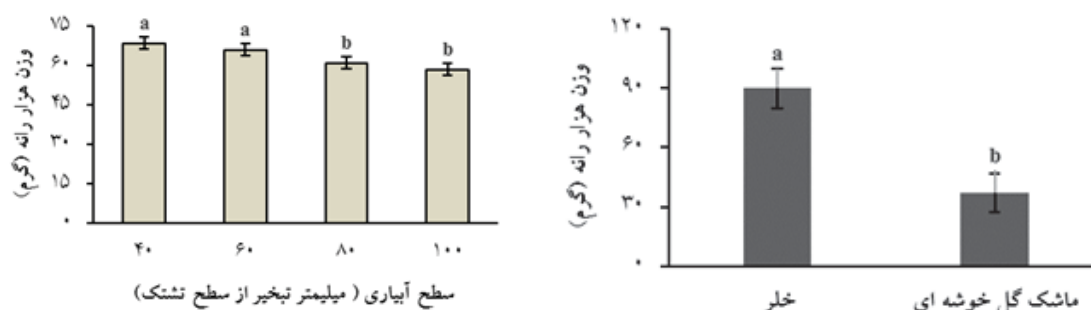
دریافت که تعداد دانه در نیام در خلر همراه با افزایش سطح آبیاری کاهش معنی داری نداشته است، ولی در ماشک گل خوشه‌ای در سطوح آبیاری ۸۰ و ۱۰۰ میلی‌متر کاهش یافته است.

با توجه به کاهش معنی داری وزن هزاردانه در این دو سطح آبیاری، به نظر می‌رسد که کاهش شدید ماده پرورده سبب کاهش همزمان تعداد و اندازه مخزن زایشی شده است. به طور کلی با توجه به کاهش تعداد نیام در بوته و تعداد دانه در بوته با افزایش سطح آبیاری در هر دو گیاه، به نظر می‌رسد، دلیل کاهش وزن هزار دانه کاهش میزان کل فتوسنتزخالص و نه تغییر در تسهیم مواد به دانه‌ها باشد.

شده باشد [۱]. همچنین، گزارش شده است که اثر سطوح متفاوت آبیاری (آبیاری کامل، آبیاری با ضریب آبیاری ۱۰، ۲۰ و ۵۰ درصد) بر تعداد دانه در واحد سطح نخود معنی دار بود، به گونه‌ای که بیشترین مقدار این صفت مربوط به آبیاری کامل و کمترین آن مربوط به تیمار کم آبیاری بود [۳].

اثر سطوح متفاوت آبیاری بر وزن هزاردانه

مقایسه میانگین نشان داد که وزن هزاردانه هر دو گیاه با افزایش سطح آبیاری تا سطح ۸۰ و ۱۰۰ میلی‌متر به طور معنی داری کاهش یافت، ولی بین سطوح ۴۰ و ۶۰ و همچنین ۸۰ و ۱۰۰ میلی‌متر تفاوتی وجود نداشت. همچنین، در مجموع وزن هزاردانه خلر بسیار بیشتر از ماشک بود (شکل ۴). با بررسی داده‌های جدول ۴، می‌توان



شکل ۴. مقایسه میانگین وزن هزار دانه در سطوح مختلف آبیاری (چپ) و نوع گیاه (راست) (Duncan, P = 0.05).

دوره پرشدن دانه شده و در نتیجه مواد فتوسنتزی بیشتری برای اختصاص به دانه‌ها فراهم می‌شود [۲۹]. نتیجه یک پژوهش نشان داد که وزن هزاردانه نخود به طور معنی داری تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفت به گونه‌ای که تیمار آبیاری کامل بیشترین وزن هزاردانه و تیمار بدون آبیاری کم‌ترین وزن هزاردانه را داشت [۱۰]. در مقابل در پژوهش دیگری گزارش شد که وزن هزاردانه گلرنگ تحت تأثیر رژیم‌های مختلف آبیاری قرار نگرفت شاید به این دلیل که

مهم‌ترین دلایل کاهش فتوسنتز کوتاه شدن دوره پر شدن دانه، کاهش میزان رنگیزه و آنزیم‌های فتوسنتزی به ویژه آنزیم رابیسکو می‌باشد [۲۳]. با این حال، درباره کاهش وزن هزاردانه در شرایط کمبود آب نظرات دیگری هم بیان شده است، از جمله محدودیت رطوبت در زمان گلدهی و ظهور نیام که موجب کاهش انتقال مواد فتوسنتزی و در نتیجه چروک شدن دانه می‌شود. در مقابل، فراهمی رطوبت در مرحله گلدهی باعث طولانی‌تر شدن

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان‌داد که تنها افزایش دور آبیاری تا سطح ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر سبب کاهش معنی‌دار محتوای نسبی آب برگ در ۵۳ روز اول رشد در هر دو گیاه شد، ولی ۶۶ روز پس از کاشت سطوح ۶۰ و ۸۰ میلی‌متر تبخیر نیز سبب کاهش معنی‌دار این صفت شدند. همچنین تا ۶۶ روز پس از کاشت محتوای نسبی آب برگ خلر به‌طور معنی‌داری بیش از ماشک بود، ولی پس از آن (۷۲ و ۸۲ روز پس از کاشت) بین دو گیاه تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. از سوی دیگر، در هر دو گیاه روند کاهش سطح برگ با افزایش سطح آبیاری، متفاوت بود. در خلر علاوه بر اینکه شیب کاهش بیشتر از ماشک گل خوشه‌ای بود تفاوت در همه سطوح آبیاری نیز، معنی‌دار بود، ولی در ماشک گل خوشه‌ای فقط تفاوت ۴۰ میلی‌متر با بقیه سطوح آبیاری معنی‌دار بود و بقیه بایکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشتند. از سوی دیگر تعداد نیام و تعداد دانه در بوته و همچنین عملکرد دانه خلر در هر سطح آبیاری بسیار بیشتر از ماشک بود. اگرچه، همانند ماشک با افزایش دور آبیاری کاهش یافت. وزن هزار دانه دو گیاه با افزایش سطح آبیاری روند کاهشی مشابهی داشت، ولی در مجموع وزن هزاردانه خلر بیش از ماشک گل خوشه‌ای بود. با این حال با توجه به داده‌های زیست‌توده اندام هوایی در زمان گلدهی، تفاوت چندانی از این لحاظ بین دو گیاه در هیچ یک از سطوح آبیاری نبود و در صورت کشت علوفه‌ای یا با هدف کود سبز هر دو گیاه مناسب بودند. اگرچه، خلر به‌سبب دارا بودن سطح برگ بیشتر ممکن است کیفیت علوفه بهتری داشته باشد. از دیدگاه عملکرد دانه و اجزا عملکرد، به‌طور کلی خلر برتری قابل توجهی بر ماشک گل خوشه‌ای داشت و خشکی را بهتر تحمل کرد.

وزن هزاردانه کمتر تحت تأثیر شرایط محیطی قرار می‌گیرد و بیشتر تحت تأثیر عوامل ژنتیکی است [۲].

اثر سطوح متفاوت آبیاری بر عملکرد دانه خلر و ماشک گل خوشه‌ای

عملکرد دانه خلر به‌طور معنی‌داری با افزایش سطح آبیاری کاهش پیدا کرد و بیشترین و کمترین عملکرد به‌ترتیب مربوط به ۴۰ (شاهد) و ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر بود، ولی در ماشک گل خوشه‌ای تفاوتی بین سطوح ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ میلی‌متر نبود هر چند که عملکرد با افزایش سطح آبیاری از ۴۰ به ۶۰ میلی‌متر به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۴). همچنین با بررسی بیشتر داده‌های این جدول می‌توان دریافت که عملکرد دانه و همچنین دیگر اجزاء عملکرد خلر در تمام دوره‌های آبیاری بسیار بیشتر از ماشک گل خوشه‌ای است. ازین‌رو در شرایط اقلیمی این آزمایش کاشت آن منجر به تولید بیشتری خواهد شد. کاهش عملکرد دانه در شرایط تنش کم آبی نسبت به آبیاری مطلوب را می‌توان به کاهش فتوسنتز و ماده‌سازی در گیاه تحت شرایط تنش نیز نسبت داد چرا که کاهش فتوسنتز خالص و کاهش مواد غذایی انتقال یافته از برگ به دانه از پیامدهای تنش کمبود آب است که باعث کاهش عملکرد دانه می‌شود [۱۲]. کمبود آب طی مراحل زایشی عملکرد دانه خلر را هم به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد کاهش داد [۲۲]. همچنین گزارش شده است عملکرد دانه لوبیا در شرایط با آبیاری مناسب نسبت به شرایط دیم بیشتر بود [۲۹]. عملکرد دانه ماشک گل خوشه‌ای هم در شرایط مناسب آبیاری نسبت به شرایط کم‌آبی افزایش یافت [۱۸]. کاهش قابل توجه در عملکرد دانه با افزایش سطح آبیاری نشان می‌دهد که اگر هدف از تولید، مصرف دانه این گیاه به‌عنوان خوراکی مدنظر باشد، تولید بهینه دانه وابسته به دور آبیاری کوتاه (۴۰ میلی‌متر تبخیر) است.

منابع

۱. امیری ده‌احمدی ر، پارسا م، نظامی ا و گنجعلی ع (۱۳۸۹) تأثیر تنش خشکی در مراحل مختلف رشدی بر شاخص‌های رشد نخود (*Cicer arietinum* L.). پژوهش‌های حبوبات ایران. ۲(۱): ۸۴-۶۹.
۲. امید ا ح (۱۳۸۸) اثر تنش خشکی در مراحل رشدی مختلف بر عملکرد دانه و برخی ویژگی‌های زراعی و فیزیولوژیکی سه رقم گلرنگ بهاره. نهال و بذر. ۲(۳۱): ۱-۱۵.
۳. انجم‌شعاع س، معینی‌راد ح و ابراهیمی ح (۱۳۹۰) اثر سطوح متفاوت آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد چهار رقم نخود (*Cicer arietinum* L.) در شرایط آب و هوایی مشهد. حبوبات ایران. ۹(۲): ۸۲-۶۹.
۴. حسین‌زاده س ر، سلیمی ا و گنجعلی ع (۱۳۹۰) تأثیر متانول بر خصوصیات مورفولوژیکی گیاه نخود (*Cicer arietinum* L.) تحت تنش خشکی. تنش‌های محیطی در علوم زراعی. ۴(۲): ۱۵۰-۱۳۹.
۵. شریفی توپراق قلعه ش، پوریوسف میان‌دوآب م و علی‌زاده، خ (۱۳۸۹) تأثیر فواصل ردیف کاشت بر عملکرد و برخی صفات مورفولوژیکی دو لاین ماشک گل‌خوشه‌ای (*Vicia villosa* R.). دانش‌نوین کشاورزی. ۶(۲۰): ۴۳-۳۵.
۶. سبک‌دست نودهی م و خیالپرست ف (۱۳۸۶) بررسی برخی تغییرات بیوشیمیایی و فیزیولوژی در سه رقم نخود. مجله علمی کشاورزی. ۳۰(۲): ۸۰-۷۱.
۷. سید شریفی ر و حکم‌علی‌پور س (۱۳۸۹) زراعت گیاهان علوفه‌ای. انتشارات فروزش. اردبیل.
۸. علی‌محمدی م و میر محمدی میبدی ع م (۱۳۹۰) تجزیه عاملی صفات زراعی و فیزیولوژیکی ده رقم گندم نان در دو رژیم آبیاری. پژوهش‌های تولید گیاهی. ۱۸(۲): ۱۶-۷.
۹. دانشیان ج، هادی ح و جنوبی پ (۱۳۸۸) ارزیابی خصوصیات کمی و کیفی ژنوتیپ‌های سویا در شرایط تنش کم آبی. علوم زراعی ایران. ۱۱(۴): ۴۰۹-۳۹۲.
۱۰. راعی ع، مقصی ن و سید شریفی ر (۱۳۸۶) اثر سطوح آبیاری و تراکم بوته بر عملکرد دانه و اجزای آن در نخود (*Cicer arietinum* L.) نوع دسی رقم کاکا. علوم زراعی ایران. ۹(۶): ۳۸۱-۳۷۱.
۱۱. رشدی م و رضادوست س (۱۳۸۵) بررسی اثرات سطوح مختلف آبیاری بر خصوصیات کمی و کیفی ارقام آفتابگردان. علوم کشاورزی ایران. ۳(۵): ۱۲۵۰-۱۲۴۱.
۱۲. محسن‌نیا ا و جلیلیان ج (۱۳۹۱) اثر تنش خشکی و منابع کودی بر عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.). بوم‌شناسی کشاورزی. ۴(۳): ۲۴۵-۲۳۵.
۱۳. منصوری‌فر س، شعبان م، قبادی م ع و صباغ‌پور ح (۱۳۹۱) خصوصیات فیزیولوژیکی ارقام نخود زراعی (*Cicer arietinum* L.) تحت اثر تنش خشکی و کود نیتروژنه آغازگر. پژوهش‌های حبوبات ایران. ۳(۱): ۵۳-۶۶.
۱۴. معراجی‌پور م، موحدی دهنوی م، دهداری ا، فرجی ه و معراجی‌پور م (۱۳۹۲) تأثیر تنش خشکی بر برخی خصوصیات فیزیولوژیکی چهار رقم گلرنگ بهاره در منطقه یاسوج. تنش‌های محیطی در علوم زراعی. ۲(۵): ۱۳۴-۱۲۵.
۱۵. مهدوی ب، مدرس ثانوی ع م و آقا علیخانی م (۱۳۸۷) بررسی اثر سویه و دماهای مختلف منطقه

23. Mothapo NV, Grossman JM, Sooksa-Nguan T, Maul J, Bräuer SL and Shi W (2013). Cropping history affects nodulation and symbiotic efficiency of distinct hairy vetch (*Vicia villosa* Roth.) genotypes with resident soil rhizobia. *Biology and Fertility of Soils*. 49: 871-879
24. Yang HM, Zhang XY and Wang GX (2004) Relationships between stomatal character, photosynthetic character and seed chemical composition in grass pea at different water availabilities. *The Journal of Agricultural Science*. 142:675-81.
25. Jiang J, Su M, Chen Y, Gao N, Jiao C, Sun Z, Li F, and Wang C (2013) Correlation of drought resistance in grass pea (*Lathyrus sativus* L.) with reactive oxygen species scavenging and osmotic adjustment. *Biologia*. 68: 231-240.
26. Jonckheere I, Fleck S, Nackaerts K, Muys B, Coppin P, Weiss M and Baret F (2004) Review of methods for in situ leaf area index determination: Part I. Theories, sensors and hemispherical photography. *Agriculture and Forest Meteorology*. 121: 19-35.
27. Khurana E and Singh J (2000) Influence of seed size on seedling growth of *Albizia procera* under different soil water levels. *Annals of Botany*. 86: 1185-1192.
28. Lawlor DW (2002) Carbon and nitrogen assimilation in relation to yield: mechanisms are the key to understanding production systems. *Journal of Experimental Botany*. 53: 773-787.
29. Miyashita K, Tanakamaru S, Maitani T and Kimura K (2005) Recovery responses of photosynthesis, transpiration, and stomatal conductance in kidney bean following drought stress. *Environmental and experimental botany*. 53:205-14.
- ریشه بر صفات مورفولوژیکی و تثبیت نیتروژن سه رقم خلر. زیست‌شناسی ایران. ۲۲ (۴): ۶۸۱ - ۶۷۱.
۱۶. ناصح غفوری ا، بی‌همتا م ر، زالی ع ع، افضل‌ی محمد آبادی م و دری ح ر (۱۳۸۹) مطالعه اثرات تنش خشکی بر عملکرد و اجزای آن و تعیین بهترین شاخص تحمل به خشکی در لوبیای قرمز. پژوهش‌های تولید گیاهی. ۱۷ (۱۴): ۸۹-۷۱.
17. Abbasi A, Sarvestani R, Mohammadi B and Bagheri A (2014) Drought stress-Induced changes at physiological and biochemical levels in some common vetch (*Vicia sativa* L.) genotypes. *Agricultural Science and Technology*. 16: 505-516.
18. Avci M and Akar T (2006) Ecological production of dryland hairy vetch by mechanical control. *Agronomy Sustainable Development*. 26: 29-34.
19. Yamasaki S and Dillenburg LR (1999) Measurements of leaf relative water content in *Araucaria angustifolia*. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*. 11: 69-75.
20. Blum A (1996) Crop responses to drought and the interpretation of adaptation. *Plant Growth Regulation*. 20: 135-148.
21. Haffani S, Mezni M, Slama I, Ksontini M and Chaïbi W (2014) Plant growth, water relations and proline content of three vetch species under water-limited conditions. *Grass and Forage Science*. 69: 323-333.
22. Gusmao M, Siddique K, Flower K, Nesbitt H and Veneklaas E (2012) Water deficit during the reproductive period of grass pea (*Lathyrus sativus* L.) reduced grain yield but maintained seed size. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 198: 430-441.

30. Leport L, Turner N, French R, Tennant D, Thomson B and Siddique K (1998) Water relations, gas exchange and growth of cool-season grain legumes in a Mediterranean-type environment. *European Journal of Agronomy*. 9: 295-303.
31. Mozaffari F, Ghorbanli M, Babai A and Sepehr MF (2000) The effect of water stress on the seed oil of *Nigella sativa* L. *Essential Oil Research*. 12: 36-38.
32. Guerfel M, Baccouri O, Boujnah D, Chaïbi W, Zarrouk M. (2009) Impacts of water stress on gas exchange, water relations, chlorophyll content and leaf structure in the two main Tunisian olive (*Olea europaea* L.) cultivars. *Scientia Horticulturae*. 119:257-63.
33. Siddique M, Hamid A and Islam M (1999) Drought stress effects on photosynthetic rate and leaf gas exchange of wheat. *Botanical Bulletin of Academica Sinica*. 40: 141-145.
34. Rochester I, Peoples M, Hulugalle N, Gault R and Constable G (2001) Using legumes to enhance nitrogen fertility and improve soil condition in cotton cropping systems. *Field Crops Research*. 70: 27-41.
35. Turner NC (1981) Techniques and experimental approaches for the measurement of plant water status. *Plant and Soil*. 58: 339-366.