

جبران کاهش تولید بیوماس ماش سبز (*Vigna radiata*) ناشی از قطع آبیاری با کاربرد مقادیر مختلف زئولیت

علیرضا پیرزاد^{۱*}، جلال جلیلیان^۲

۱- دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ایران

۲- استادیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ایران

*مسئول مکاتبه: a.pirzad@urmia.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۴/۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۹/۴

چکیده

برای بررسی جبران کاهش عملکرد بیولوژیک ماش سبز رقم NM92، یک آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سال ۱۳۹۰ در دانشگاه ارومیه با ۳ تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل مقادیر زئولیت (صفر، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ تن در هکتار) و تنش خشکی (عدم قطع آبیاری، و قطع آبیاری در شروع گلدهی، گلهی کامل، شروع تشکیل نیام و پر شدن دانه) بودند. اثر مقادیر زئولیت بر قطر ساقه، وزن برگ در بوته و کل کربوهیدرات‌های محلول و اثر قطع آبیاری بر قطر ساقه، ارتفاع بوته، وزن برگ در بوته و شاخص برداشت معنی‌دار شد. اثر متقابل زئولیت و قطع آبیاری روی عملکرد بیولوژیک و تعداد برگ در بوته، پرولین و وزن ساقه معنی‌دار بود. تیمار عدم قطع آبیاری با ۲۰ تن زئولیت در هکتار بیشترین عملکرد بیولوژیک (۱۴/۵۱ گرم در هر بوته)، وزن ساقه (۳/۵۳ گرم در بوته) و حداقل میزان پرولین (۰/۱۵ میلی‌گرم در گرم ماده خشک) و تیمار قطع آبیاری در شروع گلدهی بدون زئولیت کمترین عملکرد بیولوژیک (۲/۱۵ گرم در بوته)، وزن ساقه (۰/۵۶ گرم در بوته) و حداکثر میزان پرولین برگ (۰/۵۸ میلی‌گرم در گرم ماده خشک) را نشان داد. مشابهت روند تغییر در ارتفاع بوته، تعداد و وزن برگ در هر بوته با بیوماس کل نشان می‌دهد که برگ به عنوان جزو موثر عملکرد بیولوژیک است. تجمع قندهای محلول در این آزمایش نسبت به پرولین متفاوت بود. بیشترین (۲۶۷/۸ میلی‌گرم در گرم ماده خشک) و کم‌ترین (۱۷۵/۴ میلی‌گرم در گرم ماده خشک) میزان قند محلول برگی به ترتیب از تیمارهای عدم کاربرد زئولیت و ۱۰ تن زئولیت در هکتار به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: پرولین، زئولیت، قطع آبیاری، قند محلول، ماش

مقدمه

یافت می‌شوند، به همین دلیل در ترکیب با غلات فقر پروتئینی مربوط به برخی از اسیدهای آمینه را برطرف می‌کند (مجنون حسینی، ۱۳۷۲).

برای تولید محصول قابل قبول در ماش سبز تا ۵ مرتبه آبیاری در یک سال زراعی (۲۰۰۰ تا ۴۵۰۰ متر مکعب در هکتار) مورد نیاز است (مجنون حسینی، ۱۳۷۲)، ولی برای نواحی مرطوب با نزولات سالیانه بیش از ۱۰۰۰ میلی‌متر مناسب نیست. رطوبت زیاد در طول فصل رشد بیماری‌های شاخ و برگ را افزایش می‌دهد و در طول دوره رسیدگی نیام ممکن است که به پوسیدگی دانه‌ها و

ماش سبز با نام علمی (*Vigna radiata* (L.)) از تیره لگوم‌ها (Fabaceae)، گیاهی گرمسیری است که از سایر حبوبات به گرما مقاوم‌تر و خشکی را تا حدود زیادی تحمل می‌کند. مناطق عمده کشت ماش در ایران اهواز، دزفول، گرگان، مغان، ورامین، اصفهان و کردستان است. دانه ماش غنی از مواد پروتئینی (۲۵ درصد) و سرشار از فسفر است. اسید آمینه‌های لوسین، آرژینین، ایزولوسین، لیزین و والین به مقدار زیاد و اسید آمینه‌های تریپتوفان، سیستئین و متیونین به میزان محدود در پروتئین ماش

ژئولیت‌ها شامل گروه وسیعی از آلومینوسیلیکات‌های هیدراته دارای یک شبکه تتراهیدرال اتم‌های اکسیژن در اطراف اتم‌های سلنیوم و آلومینیوم هستند که این ساختار منتج به ایجاد یک شبکه سه بعدی در این کانی می‌شود. ژئولیت‌ها با ساختمان کریستالی خود مواد متخلخلی هستند که مانند غربال مولکولی عمل می‌کنند و به دلیل داشتن ظرفیت تبادل کاتیونی بالا و قرار گرفتن بعضی از کاتیون‌ها مانند آمونیوم در شبکه خود، علاوه بر نقش اصلاح کنندگی در خاک، می‌تواند نقش تغذیه‌ای داشته باشند و موجب بهبود رشد گیاه شوند (پولات و همکاران، ۲۰۰۴). برخلاف کانی‌های رسی، در ژئولیت‌ها چهارچوب ساختمانی به اندازه کافی باز است و می‌تواند مولکول‌های آب را هم مشابه کاتیون‌ها در خود جای دهد. تحرک کاتیون‌ها موجب ایجاد پدیده تبادل کاتیونی با سایر کاتیون‌های موجود در محیط می‌شود (پولات و همکاران، ۲۰۰۴؛ میلان و همکاران، ۲۰۰۸). ژئولیت‌ها با توجه به سه عامل مهم ساختمان شیمیایی، فراوانی و قابلیت دسترسی و ارزش اقتصادی تعیین کننده، به‌طور عمده در کشاورزی کاربرد دارند. پیرزاد و همکاران (۱۳۹۲) با کاربرد مقادیر صفر تا ۳۰ تن در هکتار ژئولیت، بیشترین عملکرد دانه و روغن را در همیشه بهار با مصرف ۲۰ تن ژئولیت در هر هکتار گزارش کردند. با این حال عملکرد بیولوژیک و تولید گل در این گیاه با کاربرد ژئولیت نسبت به شاهد تغییر نکرد. بنابراین، استفاده از ژئولیت یکی از راه‌های جلوگیری از کاهش رطوبت خاک است که به عنوان هدف اصلی این پژوهش مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق برای بررسی تاثیر مقادیر مختلف ژئولیت در شرایط متفاوت قطع آبیاری بر رقم NM92 ماش سبز (*Vigna radiata* L.) در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه، واقع در ۱۱ کیلومتری شمال غرب ارومیه با مختصات ۳۷ درجه و ۳۹ دقیقه عرض شمالی و ۴۴ درجه و ۵۸ دقیقه طول شرقی و با ارتفاع

یا حتی جوانه‌زنی دانه‌ها درون نیام منجر شود (احمد و همکاران، ۲۰۰۶). هر چند که ماش تا حدودی مقاوم به خشکی است، با این وجود حساس‌ترین دوره رشد آن به کمبود آب، مرحله گلدهی در نظر گرفته می‌شود. تنش کمبود آب، ابتدا تعداد نیام در بوته و سپس، اندازه بذر و تعداد دانه در نیام را تحت تاثیر قرار می‌دهد و اگر تنش خشکی به مدت طولانی ادامه یابد، آبیاری مجدد خسارت وارده را جبران نمی‌کند (پانو و سینگ، ۱۹۸۸). بروز تنش در ماش به طور برگشت‌ناپذیر ارتفاع گیاه، رشد ریشه، سطح برگ، تعداد نیام و تجمع ماده خشک را کاهش می‌دهد (ساداسیوم و همکاران، ۱۹۹۸). وارما و رائو (۱۹۷۵) گزارش کردند که عملکرد دانه ماش، وزن خشک گره و مقدار نیتروژن آن در آزمایش‌های گلدانی در سطوح بالای رطوبت هم کاهش می‌یابد. اثر تنش کم‌آبی بر مراحل رشد رویشی و زایشی سه ژنوتیپ ماش نشان داد که ماده خشک کل، شاخص برداشت و ارتفاع بوته کاهش یافت (صادقی پور، ۲۰۰۹). پانو و سینگ (۱۹۹۳) گزارش کردند که بیشترین کارایی مصرف آب در ماش (تولید ماده خشک به ازای مصرف یک واحد آب) در شدیدترین تیمار تنش خشکی به دست آمد، ولی شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول، بیوماس، عملکرد دانه و شاخص برداشت با افزایش شدت تنش کاهش یافت. رفیعی شیروان و اصغری پور (۱۳۸۸) گزارش کردند که تحت سطوح مختلف تنش خشکی، روند کاهش در تعداد برگ ماش مشاهده شد. همچنین، گزارش شده است که در شرایط خشکی، برگ‌ها کوچک‌تر و تعداد آن‌ها کمتر می‌شود (لیپورت و همکاران، ۱۹۹۸).

تنظیم اسمزی یک فرایند فیزیولوژیکی است که طی آن گیاه با انباشت یک سری مواد اسمزی در سلول‌ها، پتانسیل اسمزی بافت‌های تحت تنش را افزایش می‌دهد تا فشار تورژسانس سلول‌ها در حد مطلوب بماند. بیشتر این مواد، اسیدهای آمینه نظیر پرولین و قندهای محلول هستند که به عنوان یک مکانیزم دفاعی در تنظیم اسمزی گیاهان، اهمیت بالایی دارند (ایریگوین و همکاران، ۱۹۹۲).

دور در دقیقه سانتیفریور گردید و فاز مایع رویی برداشته شد و عصاره صاف شده تا زمان اندازه‌گیری پرولین و قندهای محلول در داخل یخچال (۴ درجه سانتی گراد) نگهداری شد (ایریگوین و همکاران، ۱۹۹۲).

برای تعیین غلظت پرولین، میزان جذب محلول‌های استاندارد و نمونه‌ها در طول موج ۵۱۵ نانومتر (پاکوین و لیچاسور، ۱۹۷۹) و برای اندازه‌گیری میزان قندهای محلول (ایریگوین و همکاران، ۱۹۹۲)، میزان جذب آن‌ها در طول موج ۶۲۵ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر مدل PD-303 اندازه‌گیری شد.

جهت تجزیه آماری از نرم افزار SAS و MSTATC و جهت مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون SNK و همچنین، جهت ترسیم جداول و نمودارها از نرم افزار Excel 2010 استفاده گردید.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر مقادیر زئولیت بر قطر ساقه، وزن برگ در بوته و کل کربوهیدرات‌های محلول ($P \leq 0.01$) و اثر قطع آبیاری بر قطر ساقه، ارتفاع بوته، وزن برگ در بوته ($P \leq 0.01$) و شاخص برداشت ($P \leq 0.05$) معنی‌دار شد. اثر متقابل زئولیت و قطع آبیاری بر عملکرد بیولوژیک، تعداد برگ در بوته، پرولین ($P \leq 0.01$) و وزن ساقه ($P \leq 0.05$) معنی‌دار بود (جدول ۱).

در کلیه سطوح زئولیت، عملکرد بیولوژیک در شرایط قطع آبیاری نسبت به شاهد (عدم قطع آبیاری) به طور معنی‌دار کاهش یافت، به طوری که تیمار عدم قطع آبیاری به همراه کاربرد ۲۰ تن زئولیت در هکتار با میانگین عملکرد بیولوژیک ۱۴/۵۱ گرم در هر بوته حداکثر عملکرد بیولوژیک را نشان داد و حداقل عملکرد بیولوژیک از تیمار قطع آبیاری در شروع گلدهی به همراه عدم استفاده از زئولیت با میانگین عملکرد ۲/۱۵ گرم در بوته به دست آمد که با تیمار قطع آبیاری در گلدهی کامل و عدم کاربرد زئولیت تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۱).

۱۳۱۳ متر از سطح دریا در سال ۱۳۹۰ انجام گرفت. تیمارهای آزمایش شامل مقادیر زئولیت (صفر، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ تن در هکتار) و تنش کم آبی (عدم قطع آبیاری و قطع آبیاری در شروع گلدهی، گلدهی کامل، شروع تشکیل نیام و پرشدن دانه) بود که به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار مرتب شدند.

قبل از کاشت، زئولیت در مقادیر تعیین شده (براساس تیمارهای آزمایش) به واحدهای آزمایشی اضافه گردید. سپس، واحدهای آزمایشی به طول ۱۱۰ و عرض ۸۰ سانتی‌متر به طور متراکم کشت و آبیاری شدند. گیاهان پس از استقرار (دو برگه شدن) با فاصله ۱۰ سانتی‌متر از هم در روی ردیف تنک گردیدند. هر کدام از تیمارهای قطع آبیاری از زمان مورد نظر (مطابق تیمارهای آزمایش) تا پایان دوره رشد گیاه اعمال گردیدند. برای اندازه‌گیری عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک (کل وزن خشک تولیدی) کل بوته‌های ماش از ۰/۵ مترمربع از هر واحد آزمایشی برداشت شدند و وزن خشک پس از خشک کردن در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد به دست آمد. جهت تعیین ارتفاع بوته، قطر ساقه، سطح برگ، تعداد برگ در بوته و وزن برگ در بوته، تعداد ۵ بوته از هر کرت به صورت تصادفی و در انتهای فصل رشد (مصادف با رسیدگی محصول) انتخاب و اندازه‌گیری صفت‌های مذکور انجام گردید. شاخص برداشت (نسبت عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک) از عملکرد برداشت شده از سطح ۰/۵ مترمربع محاسبه گردید.

برای اندازه‌گیری تنظیم‌کننده‌های اسمزی (پرولین و قندهای محلول)، ۰/۵ گرم از بافت تازه برگ‌های (برگ‌های توسعه یافته انتهایی در انتهای فصل رشد و مصادف با رسیدگی محصول) به همراه ۵ میلی‌لیتر اتانول ۹۵ درصد در داخل هاون چینی کوبیده شد. قسمت بالای محلول جدا و رسوبات آن دوبار با ۵ میلی‌لیتر اتانول ۷۰ درصد شستشو و فاز بالایی آن به قسمت رویی قبلی اضافه گردید. محلول به دست آمده به مدت ۱۰ دقیقه با ۳۵۰۰

جدول ۱: میانگین مربعات اثرات سطوح مختلف قطع آبیاری و زئولیت بر عملکرد و سایر صفات اندازه‌گیری شده در ماش سبز

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		ارتفاع بوته	قطر ساقه	وزن ساقه	تعداد برگ در بوته	وزن برگ در بوته	عملکرد بیولوژیک برداشت شاخص
تکرار	۲	۲/۲۷ ^{NS}	۰/۷۹ ^{NS}	۰/۰۷ ^{NS}	۰/۵۵ ^{NS}	۰/۰۱۴ ^{NS}	۰/۰۶ ^{NS}
زئولیت	۳	۲۹/۲۹ ^{NS}	۰/۵۴ ^{**}	۳/۲۴ ^{**}	۷۰/۶۶ ^{**}	۰/۰۱۹۰ ^{**}	۵۶/۷۶ ^{**}
قطع آبیاری	۴	۱۵۰/۱۵ ^{**}	۰/۹۳ ^{**}	۴/۳۰ ^{**}	۸۸/۶۱ ^{**}	۰/۰۵۲۰ ^{**}	۷۳/۵۰ ^{**}
زئولیت × قطع آبیاری	۱۲	۱۷/۵۸ ^{NS}	۰/۱۴ ^{NS}	۰/۱۶ [*]	۶/۱۴ ^{**}	۰/۰۰۳۹ ^{NS}	۳/۴۰ ^{**}
خطای آزمایش	۳۸	۱۳/۶۳	۰/۱۱	۰/۰۶	۱/۹۲	۰/۰۰۲۰	۱/۰۲
ضریب تغییر (%)		۱۵/۶۶	۱۱/۰۰	۱۴/۸۹	۱۲/۹۹	۲۰/۳۴	۱۴/۴۸

NS، **، *** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

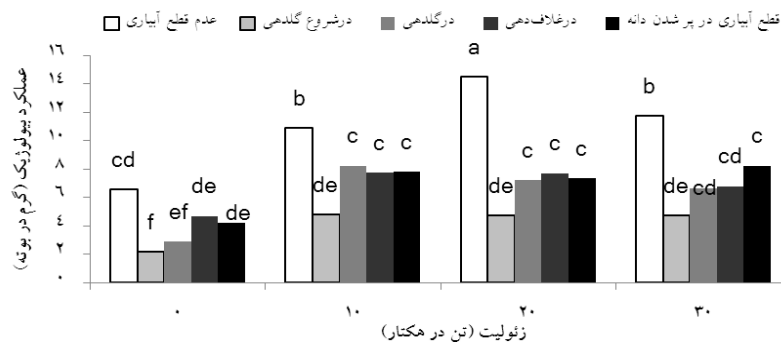
ادامه جدول ۱: میانگین مربعات اثرات سطوح مختلف قطع آبیاری و زئولیت بر عملکرد و سایر صفات اندازه‌گیری شده در ماش سبز

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	
		پرویلین	قندهای محلول
تکرار	۲	۰/۰۰۰۰۰۵۳ ^{NS}	۲۰/۲۳ ^{NS}
زئولیت	۳	۰/۰۰۰۰۵۰ ^{**}	۲۱۹/۳ ^{**}
قطع آبیاری	۴	۰/۰۰۰۰۷۱ ^{**}	۵۰/۷۹ ^{NS}
زئولیت × قطع آبیاری	۱۲	۰/۰۰۰۰۱۲ ^{**}	۱۷/۱۷ ^{NS}
خطای آزمایش	۳۸	۰/۰۰۰۰۲۵	۲۲/۱۲
ضریب تغییر (%)		۱۵/۴۲	۲۱/۲۵

NS، **، *** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

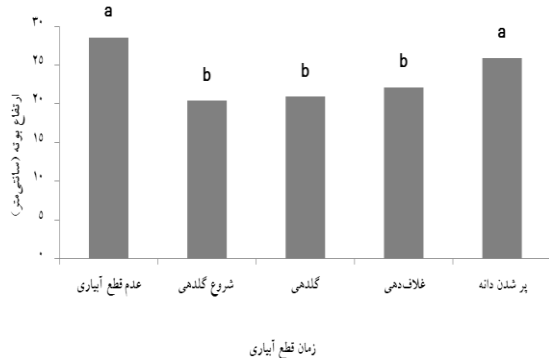
صادقی پور (۲۰۰۹) و پانو و سینگ (۱۹۹۳) در دو آزمایش جداگانه گزارش کردند که تنش کم‌آبی در مراحل رشد رویشی و زایشی، عملکرد بیولوژیک زئوتیپ‌های مختلف ماش را به طور معنی‌داری کاهش می‌دهد. نتایج به دست آمده از تحقیقات ثمن و همکاران (۱۳۸۹) روی پنج رقم نخود نیز حاکی از آن است که تاثیر سطوح مختلف آبیاری بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود و بیشترین مقدار تجمع ماده خشک با دو بار آبیاری و کمترین آن در شرایط بدون آبیاری به دست آمد. کاهش وزن اندام هوایی و تولید فرآورده‌های فتوسنتزی در نتیجه محدودیت آب توسط لیپورت و همکاران (۲۰۰۶) و انور و همکاران (۲۰۰۳) نیز گزارش شده است. در آزمایشی که توسط لیپورت و همکاران (۱۹۹۹) انجام گرفت،

با طولانی شدن دوره بدون آبیاری (از قطع آبیاری در مرحله پرشدن دانه تا شروع گلدهی) عملکرد بیولوژیک کاهش بیشتری نسبت به شاهد (عدم قطع آبیاری) داشت، هر چند که این تفاوت بین قطع آبیاری در شروع گلدهی، گلدهی کامل و تولید نیام بسیار کم و غیرمعنی‌دار بود. با این که کاربرد زئولیت در کلیه سطوح آزمایش، عملکرد بیولوژیک بالاتری نسبت به شرایط بدون زئولیت تولید کرد، مقدار افزایش عملکرد در شرایط بدون قطع آبیاری بیشتر از تیمارهای تنش کمبود آب بود، به طوری که بیشترین عملکرد با کاربرد ۲۰ تن زئولیت در هکتار و بدون قطع آبیاری به دست آمد (شکل ۱).



شکل ۱) مقایسه میانگین‌های عملکرد بیولوژیک ماش سبز تحت تاثیر سطوح مختلف قطع آبیاری و زئولیت. حروف غیرمشابه بیانگر تفاوت معنی-دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

ماش، اختلاف بین ارتفاع نهایی بوته‌های ماش بین سطوح مختلف خشکی معنی‌دار بود.

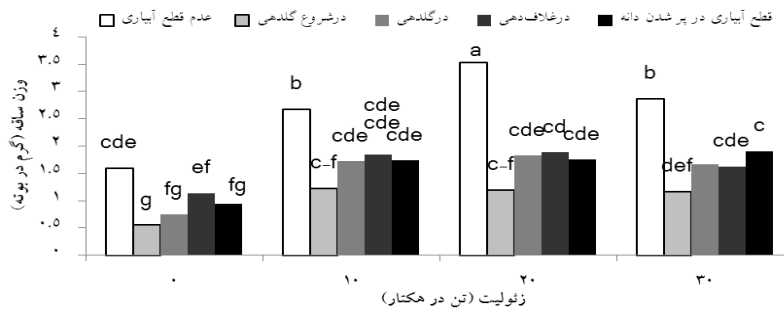


شکل ۲) مقایسه میانگین‌های ارتفاع بوته ماش تحت تاثیر سطوح مختلف آبیاری. حروف غیرمشابه بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

مقایسه ترکیبات تیماری از نظر وزن ساقه ماش نشان داد که حداکثر وزن ساقه (۳/۵۳ گرم در بوته) از تیمار عدم قطع آبیاری به همراه ۲۰ تن زئولیت در هکتار به دست آمد و کمترین وزن ساقه (۰/۵۶ گرم در بوته) مربوط به تیمار قطع آبیاری در شروع گلدهی و بدون زئولیت بود، هر چند که کاربرد زئولیت در کلیه سطوح آبیاری منجر به افزایش وزن ساقه شد. تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای قطع آبیاری در سطوح زئولیت مشاهده نگردید، ولی در شرایط آبیاری کامل (بدون قطع آبیاری)، مقادیر زئولیت موجب تغییر در مقدار وزن ساقه شد، به طوری که ابتدا

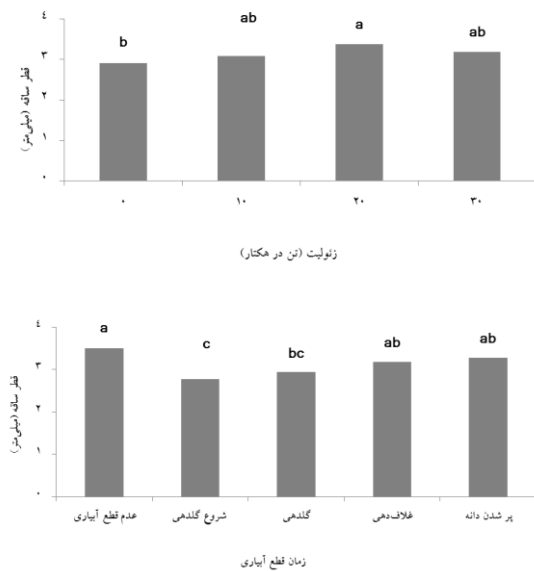
عملکرد بیولوژیک در شرایط بدون آبیاری نسبت به گیاهانی که بعد از گلدهی آبیاری شده بودند، ۳۰ تا ۴۰ درصد کمتر بود که با نتایج حاصل از این آزمایش مطابقت دارد. کاظمی و همکاران (۱۳۸۷) نیز طی تحقیقی روی لوبیا قرمز اعلام داشتند که تنش خشکی موجب کاهش عملکرد بیولوژیک می‌شود. امیری ده احمدی و همکاران (۱۳۸۹) طی بررسی روی نخود اعلام داشتند که تنش در مرحله گلدهی بیشترین تاثیر منفی را بر تولید عملکرد بیولوژیک داشت، به طوری که عملکرد بیولوژیک تا ۲۰ روز پس از گلدهی تقریباً ثابت ماند و طی ۲۰ روز پس از آن با سرعت حتی کمتر از سایر تیمارها افزایش یافت.

حداکثر ارتفاع بوته (۲۸/۵۵ سانتی‌متر) از تیمار عدم قطع آبیاری به دست آمد که با تیمار قطع آبیاری در مرحله پر شدن دانه تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین ارتفاع بوته (۲۰/۳۷ سانتی‌متر) از تیمار قطع آبیاری در شروع گلدهی به دست آمد که با تیمارهای قطع آبیاری در گلدهی کامل و تشکیل نیام تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۲). ارتفاع گیاه یکی از صفاتی است که به شدت به عوامل محیطی وابسته است. در نتایج به دست آمده از آزمایش رفیعی شیروان و اصغری پور (۱۳۸۸) روی گیاه



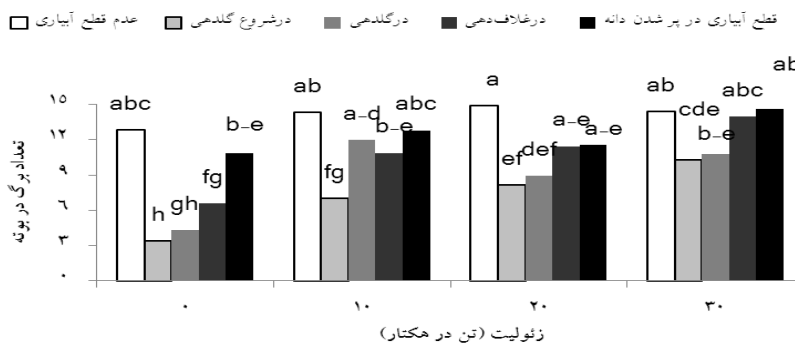
شکل ۳) مقایسه میانگین‌های وزن ساقه ماش سبز تحت تاثیر سطوح مختلف قطع آبیاری و رطوبت. حروف غیرمشابه بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

گلدهی (۲/۷۷ میلی‌متر) و گلدهی کامل (۲/۹۴ میلی‌متر) بود (شکل ۴-ب).



شکل ۴) مقایسه میانگین‌های قطر ساقه تحت تاثیر سطوح مختلف رطوبت نسبی (الف) و قطع آبیاری (ب). حروف غیرمشابه بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

با افزایش رطوبت تا ۲۰ تن در هکتار، وزن ساقه افزایش یافت و پس از آن مقادیر بالاتر منجر به کاهش وزن ساقه در ماش گردید (شکل ۳). این روند تغییرات وزن ساقه مشابهت زیادی با عملکرد بیولوژیک (شکل ۱) دارد. همه سطوح کاربرد رطوبت از نظر قطر ساقه در یک گروه قرار داشتند که نشان دهنده ثبات تا حدودی پایدار این صفت گیاهی است. با این حال افزایش اندک، ولی معنی‌داری در قطر ساقه نسبت به شاهد (بدون رطوبت) مشاهده شد، به طوری که حداقل قطر ساقه (۲/۹۱ میلی‌متر) از تیمار شاهد به دست آمد (شکل ۴-الف). همچنین، تیمار عدم قطع آبیاری بیشترین قطر ساقه (۳/۵۰ میلی‌متر) را به خود اختصاص داد، ولی با اعمال تنش و همچنین، طولانی شدن مدت آن به ویژه در زمان گلدهی، قطر ساقه کاهش معنی‌داری نشان داد، به طوری که کمترین قطر ساقه متعلق به تیمار قطع آبیاری در شروع



شکل ۵) مقایسه میانگین‌های تعداد برگ ماش سبز تحت تاثیر سطوح مختلف قطع آبیاری و ژئولیت. حروف غیرمشابه بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

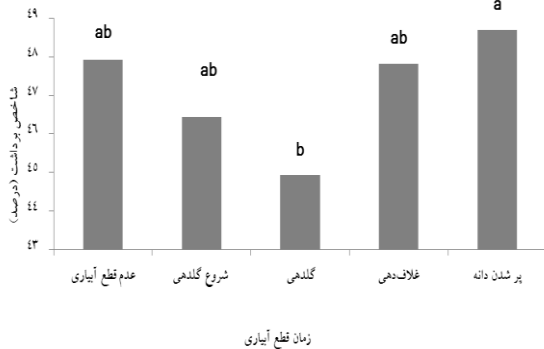
بونجونگ و فوکی، ۱۹۹۶) گزارش شده است. در شرایط خشکی، برگ‌ها کوچک‌تر و تعداد آن‌ها کم‌تر می‌شود. کاهش تعداد برگ در زمان تنش می‌تواند به علت پیری زودرس و عاملی برای کاهش تعرق و رسیدگی زودتر گیاه در شرایط تنش خشکی باشد (لیپورت و همکاران، ۱۹۹۹).

کلیه سطوح ژئولیت نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری در وزن برگ ماش نشان دادند، با این حال بیشترین وزن برگ در بوته با میانگین ۰/۲۵ گرم از تیمار کاربرد ۳۰ تن ژئولیت در هکتار به دست آمد و کمترین وزن برگ در بوته با میانگین ۰/۱۶ گرم در تیمار شاهد (بدون ژئولیت) مشاهده شد (شکل ۶-الف). قطع آبیاری در مرحله شروع گلدهی با میانگین ۰/۱۳ گرم در بوته کمترین وزن برگ را داشت که با کاهش طول دوره بدون آب به تدریج و به طور معنی‌دار وزن برگ در هر بوته افزایش یافت و در تیمار بدون قطع آبیاری به حداکثر (۰/۳۱ گرم در بوته) رسید (شکل ۶-ب).

مشابهت تعداد برگ در هر بوته با بیوماس کل (شکل ۱) نشان می‌دهد که تیمار عدم قطع آبیاری به همراه ۲۰ تن ژئولیت در هکتار حداکثر تعداد برگ در بوته (۱۴/۹۳ عدد) را تولید کرد و حداقل تعداد برگ در بوته (۳/۴۰ عدد) از تیمار قطع آبیاری در شروع گلدهی بدون کاربرد ژئولیت به دست آمد که با تیمار قطع آبیاری در مرحله گلدهی کامل به همراه عدم کاربرد ژئولیت تفاوت معنی‌داری نداشت. با طولانی شدن دوره بدون آبیاری (قطع آبیاری در مرحله شروع گلدهی) در کلیه سطوح ژئولیت کاهش چشمگیری در تعداد برگ مشاهده شد، هر چند که این کاهش در شرایط بدون ژئولیت بیشتر بود (شکل ۵).

قلی زاده و همکاران (۱۳۸۵) در بادربشی اعلام کردند که مصرف ژئولیت بر تعداد برگ تاثیر مثبت داشت. نتایج حاصل از آزمایش رفیعی شیروان و اصغری پور (۱۳۸۸) در ماش نشان داد که در مراحل اولیه اعمال تنش، تا حدودی روند کاهشی در تعداد برگ تحت سطوح مختلف خشکی مشاهده شد که این روند نزولی در سایر گیاهان نظیر نخود (لیپورت و همکاران، ۱۹۹۸) و برنج

معنی‌دار بود، به طوری که تیمار آبیاری کامل، بیشترین شاخص برداشت را در بین تیمارهای آبیاری داشت و بعد از آن تیمارهای آبیاری پس از ۸۰ و ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر نسبت به تیمار آبیاری کامل به ترتیب ۸/۲ و ۲۳/۹ درصد کاهش نشان داد.

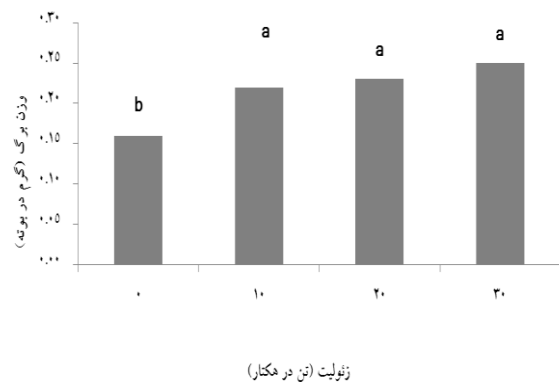


شکل ۷) مقایسه میانگین‌های شاخص برداشت تحت تاثیر

سطوح مختلف آبیاری. حروف غیرمشابه بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

حداکثر میزان پرولین (۰/۵۸ میلی‌گرم در گرم ماده خشک) از تیمار قطع آبیاری در شروع گلدهی، یعنی طولانی‌ترین دوره رشد بدون آب و بدون کاربرد زئولیت به دست آمد. حداقل میزان پرولین (۰/۱۵ میلی‌گرم در گرم ماده خشک) در تیمار عدم قطع آبیاری و کاربرد ۲۰ تن زئولیت در هکتار مشاهده شد. تغییرات میزان پرولین در سطوح مختلف قطع آبیاری با کاربرد زئولیت کمتر شد، به طوری که پرولین برگی حاصل از تیمارهای کاربرد زئولیت، با وجود تغییرات در شرایط مختلف قطع آبیاری، تفاوت زیادی با تیمار شاهد (بدون قطع آبیاری) نداشت، ولی در شرایط بدون زئولیت، تغییرات میزان پرولین برگی در تیمارهای آبیاری معنی‌دار بود (شکل ۸).

مولکول‌های پرولین شامل قسمت آبدوست و آب‌گریز است و پرولین محلول می‌تواند حلالیت پروتئین‌های مختلف را تحت تاثیر قرار دهد و جلوی غیر طبیعی شدن آلومین را بگیرد. این ویژگی پرولین به این جهت است



شکل ۶) مقایسه میانگین‌های وزن برگ تحت تاثیر سطوح مختلف

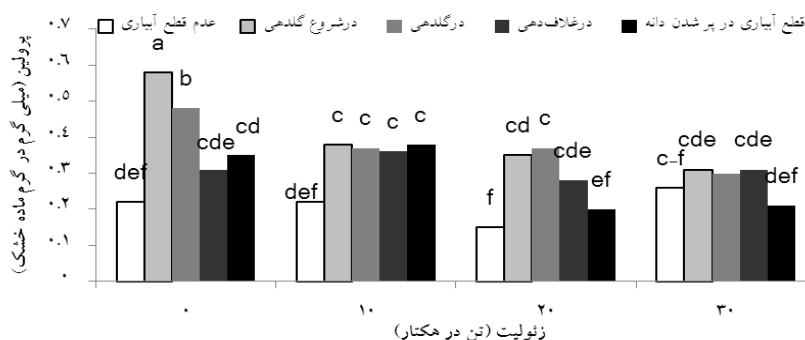
زئولیت (الف) و قطع آبیاری (ب). حروف غیرمشابه بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

تیمار قطع آبیاری در مرحله پرسیدن دانه، بالاترین شاخص برداشت دانه (۴۸/۷ درصد) را داشت، هر چند که با تیمارهای عدم قطع آبیاری، قطع آبیاری در مرحله شروع گلدهی و تشکیل نیام تفاوت معنی‌داری نداشت. قطع آبیاری در مرحله گلدهی پایین‌ترین شاخص برداشت دانه (۴۴/۹۳ درصد) را به خود اختصاص داد (شکل ۷). پانو و سینگ (۱۹۹۳) طی پژوهش بر روی گیاه ماش گزارش کردند که شاخص برداشت با افزایش شدت تنش کاهش می‌یابد. بررسی تاثیر سطوح مختلف آبیاری بر دو زئوتیپ ماش نیز نشان داد که شاخص برداشت به طور معنی‌داری تحت تاثیر میزان آبیاری قرار گرفت (صادقی پور، ۲۰۰۹). تحقیقات بیات و همکاران (۱۳۸۹) بر زئوتیپ‌های لویبا چیتی، نشان داد که تاثیرپذیری شاخص برداشت (که نشان دهنده میزان تخصیص مواد فتوسنتزی به دانه است) از رژیم‌های مختلف آبیاری، از نظر آماری

پرویلین از جمله موادی است که در بافت تنش دیده تجمع می‌یابد. سنتز پرویلین در گیاهانی مانند لوبیا در شرایط تنش گزارش شده است (لازکانو-فررات و لویات، ۱۹۹۹). درند و همکاران (۲۰۰۰) نیز نقش واضح پرویلین را در بافت‌های تنش دیده سویا متذکر شده‌اند. آن‌ها مشاهده کردند که در پتانسیل آبی ۰/۵- مگاپاسگال، پرویلین گیاه تیمار شده ۱۳۰ درصد شاهد بود. میزان پرویلین آزاد در گیاهانی که در حد مطلوب آبیاری می‌شوند، اغلب بسیار کم و در حدود ۰/۲ تا ۰/۶ میلی-گرم در گرم ماده خشک است. مقدار این ماده پس از کاهش آب بافت‌ها، ۴۰ تا ۵۰ میلی گرم در هر گرم ماده خشک افزایش می‌یابد. در برخی از گیاهان در مراحل اولیه تنش کم آبی چندین اسید آمینه افزایش می‌یابد که با ادامه کم آبی فقط اسید آمینه پرویلین بیشتر تجمع و ذخیره می‌شود.

تجمع قندهای محلول در این آزمایش نسبت به پرویلین متفاوت بود، بیش‌ترین میزان قند محلول برگی (۲۶۷/۸ میلی‌گرم در گرم ماده خشک) از تیمار عدم کاربرد ژئولیت به دست آمد، در حالی که کم‌ترین میزان قندهای محلول (۱۷۵/۴۴ میلی‌گرم در گرم ماده خشک) مربوط به کاربرد ۱۰ تن ژئولیت در هکتار بود (شکل ۹). در تحقیقی که روی بابونه آلمانی صورت گرفت،

که رابطه متقابل پرویلین و سطح پروتئین‌های آب‌گیر برقرار شود و به علت افزایش سطح کل مولکول‌های پروتئین آبدوست، پایداری آن‌ها افزایش و از تغییر ماهیت آن‌ها جلوگیری کند. آنزیم‌ها نیز به دلیل ساختمان پروتئینی خود تحت تاثیر این سازوکار پرویلین قرار می‌گیرند و محافظت می‌شوند که به احتمال زیاد گیاهان به دلایل فوق پرویلین خود را افزایش می‌دهند (حیدری شریف آباد، ۱۳۸۰). افزایش میزان پرویلین بر اثر تنش خشکی در گیاهانی مانند نخود گزارش و لازم به ذکر است که تجمع پرویلین به گیاه کمک می‌کند تا در دوره کوتاهی بعد از اعمال تنش خشکی زنده بماند و بتواند بعد از رفع تنش رشد خود را بازیابی کند، بنابراین اثر مثبت بر عملکرد خواهد داشت. ولی، در تنش طولانی مدت اثرات مفید آن عمل نخواهد کرد و تجمع آن حتی اثر منفی بر عملکرد خواهد گذاشت، زیرا منابع فتوسنتزی گیاه را به سمت فرآیندهایی غیر از پر شدن دانه منحرف می‌کند (ساداسیوم و همکاران، ۱۹۹۸). در گلرنگ ثابت شده است که با افزایش سن گیاه تجمع پرویلین بیشتر می‌شود و این افزایش با کاهش محتوای رطوبت نسبی گیاه و رطوبت خاک همبستگی دارد، به طوری که خشکی موجب افزایش معنی‌داری در میزان پرویلین برگ‌ها می‌شود (نیگانور و همکاران، ۱۹۹۵).



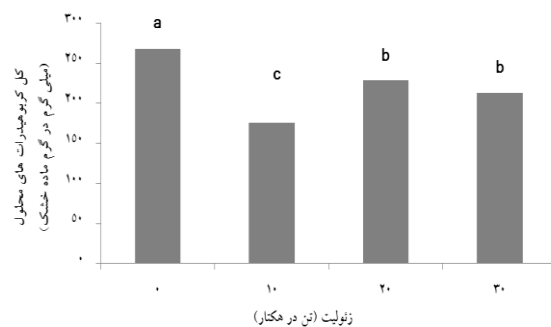
شکل ۸) مقایسه میانگین‌های غلظت پرویلین برگ ماش سبز تحت تاثیر سطوح مختلف قطع آبیاری و ژئولیت. حروف غیرمشابه بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

گزارش‌های مختلف بر روی نخود (سانچز و همکاران، ۱۹۹۸) و یونجه‌های یک ساله (ترک نژاد، ۱۳۷۸) به خاک در ناحیه ریشه بعد از آبیاری به سرعت افزایش می‌یابد (قلی زاده و همکاران، ۱۳۸۵). گزارش شده است که تاثیر سطوح مختلف زئولیت بر عملکرد دانه کلزای علوفه‌ای معنی‌دار بود، به طوری که بیشترین وزن خشک از تیمار ۹ تن زئولیت در هکتار و کمترین وزن خشک از تیمار بدون مصرف زئولیت حاصل شد (غلامحسینی و ملکوتی، ۱۳۸۸). با توجه به این که زئولیت جزو کانی-های طبیعی ایران و تا کنون در ۶ منطقه وجود معادن آن گزارش شده است و از طرفی به سهولت و ارزانی در دسترس قرار دارد، بنابراین مصرف آن به عنوان مکمل کودهای شیمیایی در جهت افزایش عملکرد کمی و کیفی گیاهان پیشنهاد شده است.

نتیجه‌گیری کلی

با افزایش طول مدت تنش کمبود آب (تیمارهای قطع آبیاری) میزان پرولین در برگ افزایش یافت، هر چند که اسمولیت دیگر (کل کربوهیدرات‌های محلول) بدون تغییر بود. به نظر می‌رسد که تولید پرولین یک واکنش سریع به خشکی در ماش است، به طوری که در محدوده اعمال تیمارهای قطع آبیاری در این تحقیق، تولید قندهای محلول تغییر محسوسی نداشت. از نظر تولید بیوماس، قطع آبیاری موجب کاهش شدید عملکرد بیولوژیک شد، ولی کاربرد زئولیت فقط در شرایط بدون تنش کمبود آب (عدم قطع آبیاری) موجب بهبود عملکرد بیولوژیک گردید و در هر کدام از سطوح قطع آبیاری تاثیری بر آن نداشت.

قندهای محلول هیچ گونه افزایشی حتی با اعمال شدیدترین تنش نشان ندادند (پیرزاد، ۱۳۸۶)، ولی در افزایش میزان قندهای محلول برگ بر اثر اعمال تنش خشکی اشاره شده است. باید در نظر داشت که افزایش قندهای محلول بر اثر تنش خشکی به عنوان یک ترکیب اسمزی و محافظ پروتئین‌ها در مقابل آسیب اکسیداتیو رادیکال‌های آزاد (که در شرایط کم‌آبی افزایش می‌یابد)، مهم است (اینگرام و بارتلز، ۱۹۹۶).



شکل ۹) مقایسه میانگین‌های کل کربوهیدرات‌های محلول برگ ماش سبز تحت تاثیر مقادیر مختلف زئولیت. حروف غیرمشابه بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

قندهای محلول نیز از دیگر اسمولیت‌های سازگار هستند که در شرایط خشکی انباشته می‌شوند و ممکن است که به عنوان عامل اسمزی و یا محافظان اسمزی عمل کنند. در حالت اول، افزایش قندها بر اثر تنش خشکی با تنظیم اسمزی و نگهداری توژسانس سلول و در حالت دوم، با پایدار کردن غشاها و پروتئین‌ها در ارتباط است (اینگرام و بارتلز، ۱۹۹۶).

افزودن زئولیت به خاک مثل یک مخزن ذخیره آب عمل می‌کند و طی دوره خشکی، مدت حفظ رطوبت در

منابع

- امیری ده احمدی، ر.، پارسا، م.، نظامی، ا.، گنجعلی، ع. ۱۳۸۹. تاثیر تنش خشکی در مراحل مختلف رشدی بر شاخص-های رشد نخود در شرایط گلخانه. نشریه پژوهش‌های حبوبات ایران. ۲ (۱): ۶۹-۷۴.
- بیات، ع.، سپهری، ع.، احمدوند، گ.، دری، ح. ۱۳۸۹. اثر تنش کمبود آب بر عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های لوییا چیتی. مجله علوم زراعی ایران. ۱۲ (۱): ۴۲-۵۳.

- پیرزاد، ع. ۱۳۸۶. اثرات آبیاری و تراکم بوته بر روی برخی از ویژگی‌های فیزیولوژیک و مواد موثره بابونه آلمانی. پایان نامه دکتری- رشته زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز.
- پیرزاد، ع.، یوسفی، م.، درویش زاده، ر.، راعی، ی. ۱۳۹۲. تاثیر مقادیر مختلف ژئولیت و کود نیتروژنه بر عملکرد و شاخص برداشت گل، دانه، اسانس و روغن همیشه بهار *Calendula officinalis*. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار. ۲۳ (۲): ۶۱-۷۵.
- ترک نژاد، ا. ۱۳۷۸. بررسی پتانسیل‌های اکولوژیکی یونجه‌های یکساله ایران. رساله دکتری زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.
- ثمن، م.، سپهری، ع.، احمدوند، گ.، صباغ پور، ح. ۱۳۸۹. تاثیر تنش خشکی آخر فصل بر عملکرد و اجزا عملکرد پنج ژنوتیپ نخود. مجله علوم گیاهان زراعی ایران. ۴۱ (۲): ۲۵۹-۲۶۹.
- حیدری شریف آباد، ح. ۱۳۸۰. روش‌های مقابله با خشکی و خشکسالی. جلد اول. انتشارات موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، تهران، ۱۷۱ صفحه.
- رفیعی شیروان، م.، اصغری پور، م. ۱۳۸۸. واکنش عملکرد و خصوصیات مورفولوژیکی تعدادی از ژنوتیپ‌های ماش به تنش خشکی. مجله دانش نوین کشاورزی. ۵ (۱۵): ۶۷-۷۶.
- غلامحسینی، م.، ملکوتی، م.ج. ۱۳۸۸. تاثیر ژئولیت در کاهش آبشویی نیتروژن در یک خاک شنی تحت کشت کلزای علوفه‌ای. مجله پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب). ۲۳ (۱): ۴۹-۵۸.
- قلی‌زاده، آ. اصفهانی، م.، عزیزی، م. ۱۳۸۵. مطالعه اثرات تنش آب به همراه کاربرد ژئولیت طبیعی بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی بادرشبی (*Dracocephalum moldavica*). پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی. ۷۳: ۷۳-۹۷-۱۰۴.
- کاظمی، ف.، حبیبی، د.، فتح‌الله‌زاده طالقانی، د.، مشهدی اکبر بوجار، م.، جلیله‌وند، ح. ۱۳۸۷. تاثیر تنش خشکی بر عملکرد، اجزای عملکرد و فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانت در ارقام مختلف لوبیا قرمز. پژوهش‌نامه کشاورزی. ۱۱ (۱): ۸۱-۹۳.
- مجنون حسینی، ۱۳۷۲. حبوبات در ایران. انتشارات جهاد دانشگاهی. دانشگاه تهران، ۲۴۰ صفحه.
- Ahmed, S., Nawata, E., Sakuratani, T. 2006. Changes of endogenous ABA and ACC, and their correlations to photosynthesis and water relations in mungbean (*Vigna radita* L.) during water logging. *Environ Exp Bot* 57: 278-284.
- Anwar, M.R., Mckenzie, B.A., Hill, G.D. 2003. The effect of irrigation and sowing date on crop yield and yield components of Kabuli chickpea (*Cicer arietinum* L.) in a cool-temperate sub humid climate. *J Agric Sci*. 141, 259-271.
- Boonjung, H., Fukai, S. 1996. Effects of soil water deficit at different growth stage on rice growth and yield under upland conditions. 1. Growth during drought. *Field Crops Res*. 48: 37-45.
- De Ronde. J.A., Spreeth, M.H., Cress, W.A. 2000. Effect of antisense L-Delta(1)-pyrroline-5-Caroxylate reductase transgenic soybean plants subjected to osmotic and drought stress. *Plant Growth Reg*. 32(1): 13-26.
- Irigoyen, J.J., Emerich, D.W., Sanchez-Diaz, M. 1992. Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. *Physiol Plant*. 84: 377-403.
- Ingram, J., Bartles, D. 1996. The molecular basis of dehydration tolerance in plants. *Ann Rev Plant Physiol Plant Mol Biol*. 47: 377-403.
- Lazzcano-Ferrat, I., Lovatt, C.J. 1999. Relationship Between relative water as content, nitrogen pools, and growth of *Phaseolus Vulgaris* L. and *P. acutifolius* A. Gray during water deficit. *Crop Sci*. 39(2): 467-475.

- Leport, L., Turner, N.C., French, R.J., Tennant, D., Thomson, B.D., Siddique, K.H.M. 1998. Water relation, gas exchange, and growth of cool-season grain legumes in a Mediterranean-type environment. *Eur J Agron.* 9: 295-303.
- Leport, L., Turner, N.C., French, R.J., Barr, M.D., Duda, R., Davies, S.L., Tennant, D., Siddique, K.H.M. 1999. Physiological responses of chickpea genotypes to terminal drought in a Mediterranean type environment. *Eur J Agron.* 11: 279-291.
- Leport, L., Turner, N.C., Davies, S.L., Siddique, K.H.M. 2006. Variation in pod production and abortion among chickpea cultivars under terminal drought. *Eur J Agron.* 24: 236-246.
- Millan, G., Agosto, F., Vazquez, M., Botto, L. 2008. Use of clinoptilolite as a carrier for nitrogen fertilizers in soils of the Pampean regions of Argentina. *J Ciencia e Invest.* 35(3): 245-254.
- Ninganoor, B.T., Parameshwarapa, K.G., Chetti, M.B. 1995. Analysis of some physiological characters and their association with seed yield and drought tolerance in safflower genotypes. *Karnataka J Agric Sci.* 8: 46-49.
- Paquin, R., Lechasseur, P. 1979. Observations sur une method de dosage de laproline libre dans les extraits de plantes. *Can J Bot.* 57: 1851 -1854.
- Pannu, R.K., Singh, D.P. 1988. Influence of water deficits on morpho-physiological and yield behavior of mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek). p. 252-259. In: Proceeding of the second International symposium on Mungbean, Bangkok, Thailand.
- Pannu, R.K., Singh, D.P. 1993. Effect of irrigation on water use, water-use efficiency, growth and yield of mungbean. *Field Crops Res.* 31: 87-100.
- Polat, E., Karaca, M., Demir, H., Naci Onus, A. 2004. Use of natural zeolite (clinoptilolite) in agriculture. *J Fruit Orn Plant Res.* 12: 183-189.
- Sadegipour, O. 2009. The influence of water stress on biomass and harvest index in three mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) cultivars. *Asian J Plant Sci.* 8(3): 245-249.
- Sadasivam, R.N., Natarajaratnam, R., Chandra, B., Muralidharan, V., Sree Sanchez, F.J., Manzanares, M., Andres, E.F., Ternorio, J.L., Ayerbe, L., Andres, E.F. 1998. Turgor maintenance, osmotic adjustment and soluble sugar and proline accumulation in 49 pea cultivars in response to water stress. *Field Crops Res.* 59: 225-235.
- Varma, N.K., Rao, N.S.S. 1975. Effect of different levels of soil moisture on growth, yield and some physiological aspects of nodulation in green-gram. *Ind J Agric Sci.* 45: 11-16.

Compensation of Reduced Mung Bean (*Vigna radiata*) Biomass due to Irrigation with Different Amounts of Zeolite Application

Alireza Pirzad^{1*}, Jalal Jalilian²

1- Assoc. Prof., Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran

2- Assist. Prof., Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran

* For Correspondence: a.pirzad@urmia.ac.ir

Received: 23.6.14

Accepted: 25.11.14

Abstract

To evaluate compensation mechanism of biological yield reduction due to irrigation with zeolite application in mung bean (*Vigna radiata* L.), a factorial experiment was conducted based on randomized complete block design in Research Farm of Urmia University with three replications in 2011. Treatments were zeolite (0, 10, 20 and 30 t ha⁻¹) and water deficit stress (normal irrigation, irrigation disruption at flowering initiation, full flowering, pod initiation and grain filling). Results showed the significant effects of zeolite on the stem width, leaf weight per plant, total soluble carbohydrates, and significant effect of irrigation disruption on the stem width, plant height, leaf weight per plant, and harvest index. Interaction effect between irrigation and zeolite on the biological yield, the number of leaf per plant, proline and stem weight was significant, too. The plants without irrigation disruption were shown the maximum biological yield (14.51 g plant⁻¹) and stem weight (3.53 g plant⁻¹) and minimum leaf proline (0.15 mg g⁻¹ DW), but irrigation disruption at flowering showed the minimum biological yield (2.15 g plant⁻¹) and stem weight (0.56 g plant⁻¹), and maximum leaf proline content (0.58 mg g⁻¹ DW). Similar trend in plant height, leaf weight and number per plant with biomass show that leaves are important part of plant biological function. The accumulation of total soluble carbohydrates was different from proline, so the highest (267.8 mg g⁻¹ DW) and lowest (175.4 mg g⁻¹ DW) soluble sugar were respectively obtained from 0 and 10 t ha⁻¹ zeolite application.

Key words: Irrigation disruption, proline, soluble carbohydrate, *Vigna radiata*, zeolite