

تأثیر بارش های متغیر انتهای فصل، آبیاری تکمیلی و همزیستی میکوریزایی بر عملکرد و کیفیت (علوفه و دانه) عدس دیم

Effect of varying end season rainfall, supplemental irrigation and mycorrhizal symbiosis on the yield and quality (forage and grain) of rainfed lentil

علیرضا پیرزاد^۱، محمود مظلومی ممیندی^۲ و جلال جلیلیان^۱

۱. دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، آذربایجان غربی، ایران (نگارنده مسئول)

۲. دانشجوی دکتری زراعت، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، آذربایجان غربی، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۷/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۲/۲۱

چکیده

پیرزاد، ع.، مظلومی ممیندی، م. و جلیلیان، ج.، تأثیر بارش های متغیر انتهای فصل، آبیاری تکمیلی و همزیستی میکوریزایی بر عملکرد و کیفیت (علوفه و دانه) عدس دیم
نشریه پژوهش های کاربردی زراعی دوره ۳۰ - شماره ۲ - پایاند ۱۱۵ تابستان ۹۶: ۱-۱۲

پایان متغیر بارشهای بهاره در مناطق خشک و نیمهخشک، عملکرد عدس را در کشت دیم تحت تأثیر قرار میدهد. روشهایی مانند تقویت روابط میکوریزایی و آبیاری تکمیلی میتوانند بخشی از کاهش عملکرد ناشی از کمبود آب را جبران نمایند. این آزمایش دوساله به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوکهای کامل تصادفی با سه تکرار در سالهای ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ در مرکز تحقیقات کشاورزی آذربایجان غربی بر روی عدس رقم زیبا انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل زمان پایان بارندگی (۲۰ اردیبهشت، ۳ خرداد و ۱۷ خرداد)، همزیستی قارچ (شاهد و قارچ گونه *intraradices Glomus*) و آبیاری (دیم و یک نوبت آبیاری تکمیلی) بودند. بذرهاى عدس در ۲۵ اسفند ۱۳۹۳ و پنجم فروردین ۱۳۹۴ با تراکم ۱۲۵ بوته در مترمربع کشت شدند. آبیاری تکمیلی بر اساس زمان پایان بارندگی، در روزهای ۱۸، ۲۴ و ۲۷ خرداد سال اول، و روزهای ۱۶، ۲۲ و ۲۵ خرداد سال دوم (در فاصله آغاز تا ۵۰ درصد غلافدهی) تارسیدن به ظرفیت زراعی (به ترتیب و به طور متوسط برای دو سال ۴۰۰، ۴۶۵ و ۴۷۰ مترمکعب در هکتار) انجام شد. معیارهای کیفی علوفه (خاکستر، کلسیم، فسفر و پروتئین علوفه) و دانه (پتاسیم، فسفر و پروتئین دانه) به همراه عملکرد مورد بررسی قرار گرفتند. تجزیه واریانس مرکب دادهها اثرات متقابل سال × پایانبارندگی × میکوریزا × آبیاری تکمیلی بر روی پروتئین علوفه، پایان بارندگی × میکوریزا × آبیاری تکمیلی بر روی کلسیم علوفه، پتاسیم دانه و عملکرد دانه، میکوریزا × آبیاری تکمیلی و "پایان بارندگی × آبیاری تکمیلی" بر روی عملکرد علوفه و پروتئین دانه، و میکوریزا × آبیاری تکمیلی و "پایان بارندگی" بر روی فسفر دانه را معیندار نشان داد. کیفیت علوفه (فسفر، کلسیم و پروتئین) و دانه (فسفر) عدس میکوریزایی در شرایط آبیاری تکمیلی نسبت به کشت دیم بهبود یافت. در گیاهان غیرمیکوریزایی با ادامه بارش تا ۱۷ خرداد عملکرد دانه در هر دو شرایط کشت دیم (۱۰ درصد) و آبیاری تکمیلی (۱۵ درصد) نسبت به پایان زود هنگام بارندگی (۲۰ اردیبهشت) افزایش پیدا کرد. این افزایش عملکرد دانه برای گیاهان میکوریزایی دیم و آبیاری شده ۷ درصد بود که نشاندهنده کاهش کمتر عملکرد در گیاهان میکوریزایی است. در هر دو سیستم کاشت، گیاهان میکوریزایی عملکرد علوفه بالاتری داشتند. در این ارتباط بیشترین مقدار تولید علوفه (۱۰۷۲/۹۸ کیلوگرم در هکتار) در گیاهان میکوریزایی آبیاری شده، و بیشترین عملکرد دانه (۴۷۲/۹۶ کیلوگرم در هکتار) از گیاهان میکوریزایی آبیاری شده در شرایط ادامه بارندگی تا ۱۷ خرداد به دست آمدند. به طور کلی، آبیاری تکمیلی روند افزایشی عملکرد علوفه عدس را در هر سه شرایط قطع بارندگی نسبت به دیم بهبود بخشید.

واژه های کلیدی: پروتئین، خشکی، عدس، فسفر، گلو موس

مقدمه

عدس (*Lens culinaris* Medik.) متعلق به تیره Fabaceae با توانایی رشد در شرایط محیطی نامناسب و خاک های فقیر، و همچنین همزیستی با باکتری های تثبیت کننده نیتروژن، در حاصلخیزی خاک بسیار موثر می باشد. به همین دلیل در تناوب با گیاهان زراعی به ویژه با غلات در دیمزارها، نقش به سزایی دارد (Hosseini *et al.*, 2016). علاوه بر دانه عدس به عنوان غذای انسان، قسمت های هوایی این گیاه برای علوفه با کیفیت بالا قبل از رسیدگی دانه (دوره رشد کوتاه تر) برداشت می شود. کاه و کلش، پوسته غلاف و بقایای آن، ارزش غذایی بالایی دارد. عدس با سطح زیر کشت حدود ۲۲۶ هزار هکتار در ایران و متوسط عملکرد ۵۰۲ کیلوگرم در هکتار، تولیدی معادل ۱۱۳ هزار تن دارد (FAO, 2012). عملکرد پایین این گیاه، به دلیل کشت ارقام با پتانسیل عملکرد کم و اثر تنش های محیطی می باشد. یکی از عمده ترین مشکلات تولید عدس در مناطق خشک و نیمه خشک، کمبود آب و نزولات جوی است. کشت بهاره عدس در اواخر مراحل رویشی و زایشی در معرض تنش های خشکی و گرما به طور همزمان قرار می گیرد و عملکرد آن کاهش می یابد. تنش خشکی به عنوان یکی از مهم ترین عوامل کاهش عملکرد گیاهان زراعی، همزمان با پیری برگ ها بر اثر تنش خشکی و ریزش غلاف ها موجب کاهش مضاعف عملکرد می شود (Siddique *et al.*, 1986). در شرایط کمبود آب، همچنین سرعت نمو افزایش یافته و لذا طول دوره رشد گیاه کاهش می یابد.

آبیاری تکمیلی، یکی از راه های موثر و کارآمد برای جلوگیری از نوسان عملکرد و دستیابی به تولید عدس در مناطق خشک و نیمه خشک است و لذا از این طریق اثرات تنش خشکی به گیاه تخفیف می یابد. به عبارت دیگر، آبیاری تکمیلی، تلفیقی از حداکثر استفاده مطلوب از نزولات جوی و ذخایر آبی بسیار محدود یک منطقه در تامین رطوبت در زمان مناسب برای گیاه می باشد. در اغلب نواحی کشت حبوبات به ویژه استان آذربایجان غربی، توزیع بارندگی پراکنده است و به نظر می رسد که با انجام آبیاری تکمیلی به ویژه در مراحل حساس رشدی گیاه، می توان کمبود رطوبت خاک را (که به دلیل عدم ریزش به موقع نزولات جوی یا بروز ناگهانی دوره خشکی ایجاد می شود) در حد مناسب جبران نمود و میزان تولید را بهبود بخشید (Rezaeyan Zadeh *et al.*, 2011). انجام یک آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی عدس در شرایط مشهد، عملکرد دانه را نسبت به شرایط دیم بیش از ۵۰ درصد افزایش داد (Hosseini *et al.*, 2011). نتایج بررسی اثر آبیاری تکمیلی در سه رقم عدس (رباط، کالپوش و گچساران) نشان داد که انجام یک نوبت آبیاری تکمیلی در هر کدام از مراحل گلدهی، غلافدهی و پر شدن دانه عدس در مقایسه با آبیاری تکمیلی در مرحله شاخه دهی، منجر به افزایش معنی دار دوره رشد زایشی گیاه شد. آبیاری تکمیلی سبب بهبود معنی دار تعداد غلاف در بوته، وزن ۱۰۰ دانه، عملکرد اقتصادی و عملکرد بیولوژیک به اندازه آبیاری کامل شد. افزایش عملکرد در ارقام رباط، کالپوش و گچساران در یک نوبت

روابط قارچ- ریشه ای گیاه می تواند تعادل آبی گیاهان را در شرایط فاریاب و در تنش خشکی تحت تأثیر قرار دهد (Habibzadeh *et al.*, 2014). اصلاح روابط آبی گیاه توسط قارچ های میکوریزا می تواند به واسطه افزایش هدایت روزنه ای و تعرق، تعادل هورمونی، افزایش سریع جذب آب و رساندن پتانسیل آب گیاه به حد تعادل، جذب بیشتر آب به واسطه هیف ها و خاکدانه سازی تحت تأثیر قرار گیرد (Ortas *et al.*, 2011). در یک مطالعه بر روی ماش سبز نشان داده شد که همزیستی با دو گونه قارچ میکوریزا به یک اندازه (بیش از ۱۵ درصد) عملکرد دانه را نسبت به گیاهان شاهد بدون تلقیح افزایش دادند. این افزایش هم در شرایط آبیاری کامل و هم در فواصل زیاد آبیاری (تنش کمبود آب) در گیاهان میکوریزایی معنی دار بود. میزان کلونیزاسیون در تیمارهای دارای عملکرد بالا به طور قابل توجهی افزایش داشت. (Habibzadeh *et al.*, 2013). در بررسی تأثیر تلقیح قارچ میکوریزا بر فعالیت همزیستی و عملکرد باقلا، صفات تعداد گره، وزن خشک گره، میزان گل دهی، تولید نیام و عملکرد دانه تحت رژیم های مختلف آبیاری به طور معنی داری افزایش یافت (Faisal *et al.*, 2000).

بنابراین، همزیستی میکوریزایی مکانیسمی است که می تواند بخشی از کاهش عملکرد ناشی از کمبود آب آخر فصل رشد عدس را در کنار آبیاری تکمیلی جبران کند. بنابراین جهت برآورد عملکرد کمی و کیفی عدس در شرایط متغیر پایان بارندگی بهاره در مناطق خشک و نیمه خشک، و جبران بخشی از عملکرد از دست

آبیاری به ترتیب ۶۰، ۶۰ و ۳۹ درصد نسبت به تیمار بدون آبیاری بود (Hosseini, 2011). در یک مطالعه بر روی ماشک دیم، اعمال یک تا سه نوبت آبیاری افزایش تدریجی و معنی داری را در عملکرد بیولوژیکی (بیوماس بخش هوایی) نشان داد. این افزایش در کلیه گیاهان آبیاری شده (یک تا سه نوبت) در مقایسه با کشت دیم قابل توجه بود (Jalilian *et al.*, 2016).

مصرف کودهای شیمیایی در محصولات زراعی، صرف نظر از هزینه زیاد آن، می تواند مشکلات زیست محیطی را نیز به همراه داشته باشد. در نتیجهی مصرف نامتعادل کودهای شیمیایی، کمبود بعضی از عناصر غذایی تشدید شده و خواص فیزیکی و شیمیایی خاکها نیز دستخوش تغییرات می گردند (Jalilian & Heydarzadeh, 2016). همچنین مشخص شده است که کاهش محتوی رطوبت خاک با کاهش سرعت انتشار عناصر غذایی از محیط خاک به سطح جذب کننده ریشه همراه است و جذب عناصر از محلول خاک با وضعیت آبی خاک و نیز ریشه گیاه همبستگی بالایی دارد (Alam, 1999). امروزه به منظور حل این معضلات، از روش های زیستی از جمله همزیستی ریشه گیاهان با میکروارگانیسم ها استفاده می کنند. همزیستی قارچ با ریشه گیاه یکی از مهم ترین روابط متقابل مفید در اکوسیستم های زراعی است که اثرات مثبت آن بر رشد، فیزیولوژی و اکولوژی گیاهان مختلف اثبات شده است. بیشترین اثر سودآوری قارچ های میکوریزا بهبود وضع تغذیه گیاه میزبان بخصوص در جذب فسفر می باشد.

مایکوریزا شامل مخلوطی از شن، ماسه استریل، خاک، ریشه، هیف قارچ با تعداد ۲۰ اسپور در گرم (تهیه شده از گروه گیاهپزشکی دانشگاه ارومیه، دکتر یونس رضایی دانش) در داخل شیارهای کاشت به میزان ۵ گرم در هر کپه قرار گرفت (Jaderlund et al., 2008). عملیات کنترل علف های هرز بصورت و جین دستی انجام گرفت. میزان بارندگی ماهیانه و میانگین دمای هوا در هر سال زراعی از مهر ماه سال قبل تا آخر شهریور سال زراعی جاری در شکل ۱ ارایه شده است. برای اینکه ادامه بارندگی ها روی تیمارهای آخرین بارندگی در ۲۰ اردیبهشت و ۳ خرداد تأثیر نداشته باشد، حفظهایی در برابر باران (شلترهایی) روی این واحدهای آزمایشی با توجه به پیش بینی سازمان هواشناسی قرار داده شدند. آبیاری تکمیلی از زمان شروع تا ۵۰ درصد غلاف دهی، در سال اول ۱۸، ۲۴ و ۲۷ خرداد، و در سال دوم ۱۶، ۲۲ و ۲۵ خرداد به ترتیب برای پایان بارندگی ۲۰ اردیبهشت، ۳ و ۱۷ خرداد انجام شد. مقدار آب آبیاری تکمیلی براساس درصد رطوبت خاک و رساندن آن به ظرفیت زراعی با استفاده از رابطه زیر محاسبه و به خاک مزرعه اضافه شد (Benami & Ofen, 1984).

$$VN = [(FC - WP) \times BD \times D \times (1 - ASM) \times A] / 100$$

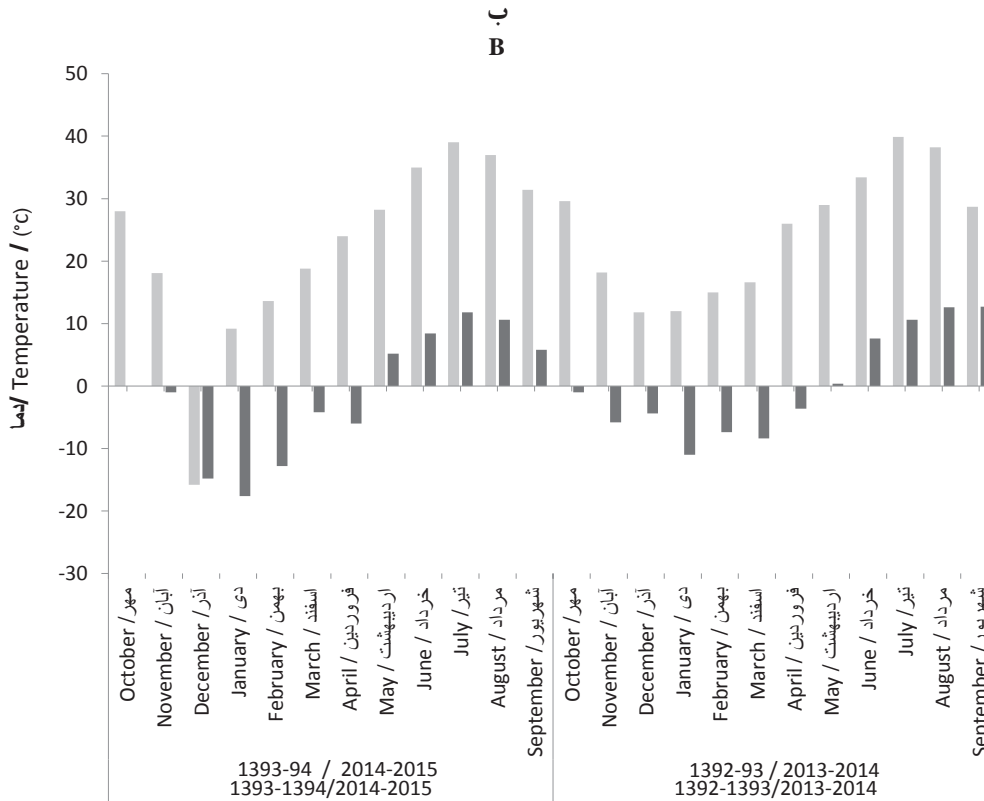
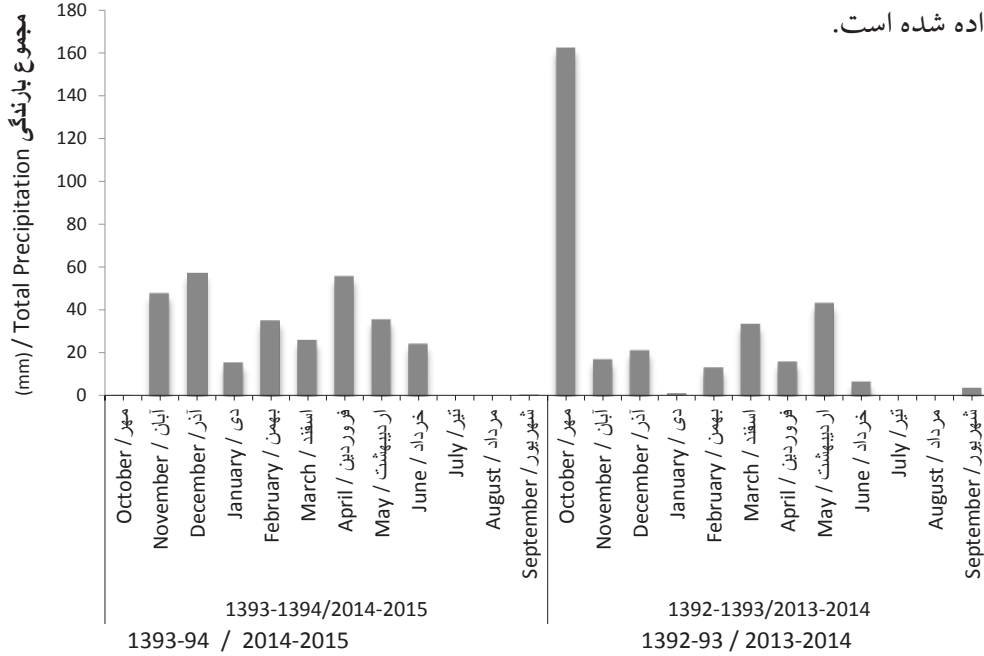
که در این رابطه، FC، درصد وزنی رطوبت درحد ظرفیت مزرعه ای، WP، درصد وزنی رطوبت در نقطه پژمردگی، BD، جرم مخصوص ظاهری خاک (کیلوگرم بر مترمکعب)، D، عمق توسعه ریشه (متر)، ASM، رطوبت خاک مزرعه در زمان قبل از آبیاری، A، مساحت هر

رفته در کشت دیم، بررسی تأثیر آبیاری تکمیلی در شرایط دیم در گیاه عدس میکوریزایی و غیر میکوریزایی، ضروری است و از اهداف اصلی این پژوهش می باشد.

مواد و روش ها

این آزمایش دو ساله در ایستگاه ساعتو مرکز تحقیقات کشاورزی آذربایجان غربی، واقع در ۲۷ کیلومتری شهرستان ارومیه (عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۴۳ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۴۵ درجه شرقی و با ارتفاع ۱۳۲۹ متر از سطح دریا) در سال های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار به اجرا درآمد. تیمارهای آزمایش شامل زمان پایان بارندگی در سه سطح (۲۰ اردیبهشت، ۳ خرداد و ۱۷ خرداد) و همزیستی قارچ در دو سطح (شاهد و همزیستی با گونه *Glomus intraradices*) در دو شرایط آبیاری تکمیلی و کشت دیم بودند. بذور عدس رقم زیبا از مرکز تحقیقات کشاورزی استان آذربایجان غربی تهیه شد. زمین محل آزمایش در پاییز با گاوآهن شخم زده شد، در نیمه دوم اسفند با کولتیواتور کود شیمیایی فسفره از نوع سوپر فسفات تریپل به مقدار ۷۵ کیلوگرم در هکتار قبل از کاشت به خاک اضافه شد. بذور در عمق پنج سانتی متری خاک مزرعه با شیب ۴ درصد و بصورت ردیفی به فواصل ۲۰ سانتی متر، در کرت هایی به ابعاد ۴ در ۴/۵ متر کاشته شدند. بذور با تراکم ۱۲۵ بوته در مترمربع در روی ردیف ها به فواصل ۴ سانتی متر کاشته شدند. تاریخ کاشت بذور ۲۵ اسفند ماه برای سال اول، و ۵ فروردین برای سال دوم می باشد. مایه تلقیح

کرت (مترمربع) می باشد. برخی ویژگی های فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱- مجموع بارندگی ماهیانه (الف) و میانگین دمای (بیشینه و کمینه) روزانه در ماه های سال (ب) در دو سال آزمایش.

Figure 1. Total monthly precipitation (A) and average daily (minimum and maximum) temperature during the months of the two experimental years (B).

جدول ۱- برخی خواص فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش.

Table 1. Some physical and chemical properties of the soil at the experimental site.

هدایت الکتریکی	اسیدیته	کربن آلی	فسفر	پتاسیم	شن	رس	سیلت	بافت خاک
Electrical conductivity	Acidity	Organic Carbon	Phosphorus	Potassium	Sand	Clay	Loam	Soil Texture
dS/m	pH	(%)	mg/kg	mg/kg	(%)	(%)		
0.624	7.80	1.08	8	410	12	42	46	لومی رسی
								Lomy-clay

(Hefnawy, 2011).

وزن نمونه / (۰/۰۰۰۱۴) × مقدار اسید مصرف شده

در تیتراسیون) = درصد نیتروژن × ۱۰۰ (۱)

۵/۷۵ × درصد نیتروژن = درصد پروتئین (۲)

تجزیه واریانس مرکب داده ها بر اساس امید ریاضی طرح پایه (بلوک های کامل تصادفی)، با استفاده از نرم افزار آماری SAS 9.1 انجام گردید. میانگین صفات مورد مطالعه با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد مورد مقایسه قرار گرفتند.

نتایج و بحث

عملکرد و کیفیت علوفه

با توجه به تجزیه واریانس داده ها مشخص گردید که اثرات متقابل "سال × پایان بارندگی × میکوریزا × آبیاری تکمیلی" بر روی پروتئین علوفه ($P \leq 0.01$)، "پایان بارندگی × میکوریزا × آبیاری تکمیلی" بر کلسیم علوفه ($P \leq 0.05$)، "سال × میکوریزا × آبیاری تکمیلی" بر خاکستر علوفه ($P \leq 0.01$)، "میکوریزا × آبیاری تکمیلی" بر روی عملکرد علوفه ($P \leq 0.05$)، "پایان بارندگی × آبیاری تکمیلی" بر خاکستر ($P \leq 0.01$) و عملکرد ($P \leq 0.05$) علوفه معنی دار شدند. همچنین اثرات "سال × آبیاری تکمیلی" و "سال × میکوریزا" بر کلسیم و فسفر علوفه ($P \leq 0.01$)، "سال × پایان بارندگی" بر روی خاکستر، کلسیم و فسفر علوفه ($P \leq 0.01$) معنی دار شدند. عملکرد علوفه

برای اندازه گیری عملکرد علوفه و دانه، در هر کرت از دو ردیف میانی پس از حذف اثرات حاشیه ای، مساحت یک متر مربع برداشت شد و عملکرد علوفه و دانه بر حسب کیلوگرم در هکتار بر اساس ۱۲ درصد رطوبت تعیین گردید. همچنین برای اندازه گیری کیفیت علوفه (پروتئین، خاکستر، کلسیم، فسفر و پتاسیم علوفه) و دانه (پروتئین، فسفر و پتاسیم دانه)، نمونه های مربوط به هر تکرار به صورت مجزا در سایه خشک و آسیاب شدند. سپس به آزمایشگاه ممتاز دامپزشکی استان آذربایجان غربی منتقل و میزان رطوبت، خاکستر، پروتئین و کلسیم آنها اندازه گیری شد. تجزیه عناصر طبق استاندارد A.O.A.C به روش هضم تر با استفاده از اسیدهای نیتریک، کلریدیک و پرکلریدیک صورت گرفت (Association of Official Analytical Chemists, 2005). برای اندازه گیری میزان فسفر دانه و علوفه از دستگاه اسپکتروفتومتر مدل GEN way 630 ساخت ژاپن، و برای اندازه گیری میزان پتاسیم، خاکستر و سایر عناصر از دستگاه جذب اتمی مدل GBC 932 plus AB ساخت ژاپن استفاده گردید.

اندازه گیری درصد پروتئین دانه و برگ، توسط دستگاه کجداال مدل Vapodest 20 ساخت آلمان اندازه گیری شد (Jacobson, 1997). درصد پروتئین از حاصل ضرب نیتروژن در عدد ۵/۷۵ به دست می آید (AACC, 2000);

جدول ۲- تجزیه واریانس اثرات آبیاری تکمیلی و همزیستی قارچ مایکوزیما بر کیفیت و عملکرد علوفه عدس در شرایط متفاوت دیم.
 Table 2. Analysis of variance for the effects of supplemental irrigation and mycorrhizal symbiosis on the quality and quantity of lentil forage in different rainfed conditions.

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی df	خاکستر علوفه Forage ash	کلسیم علوفه Forage calcium	فسفر علوفه Forage phosphorus	پروتئین علوفه Forage protein	عملکرد علوفه Forage yield
سال Year (Y)	1	357.58**	2.87**	0.21**	337**	214747.16**
تکرار در سال Year (replication)	4	0.04	0.001	0.0003	0.02	531.11
پایان بارندگی Rainfall interruption (RI)	2	5.05**	0.06**	0.01**	3.77**	31581.02**
مایکوزیما Mycorrhiza (M)	1	6.20**	0.27**	0.1**	13.07**	236297.76**
آبیاری تکمیلی Supplemental irrigation (SI)	1	22.75**	0.05**	0.03**	0.11**	63484.76**
پایان بارندگی × سال Y × RI	2	0.15**	0.002**	0.001**	0.88**	2725.81 ns
مایکوزیما × سال Y × M	1	3.75**	0.16**	0.06**	8.24**	111.26 ns
آبیاری تکمیلی × سال Y × SI	1	13.74**	0.03**	0.02**	0.07**	7.33 ns
مایکوزیما × پایان بارندگی RI × M	2	0.01 ns	0.001**	0.0001 ns	0.01*	1005.58 ns
مایکوزیما × پایان بارندگی × سال Y × M × RI	2	0.004 ns	0.0002 ns	0.0001 ns	0.005 ns	409.27 ns
آبیاری تکمیلی × پایان بارندگی RI × SI	2	0.03*	0.0001 ns	0.00002 ns	0.002 ns	4510.19*
آبیاری × پایان بارندگی × سال تکمیلی Y × RI × SI	2	0.01 ns	0.0001 ns	0.00003 ns	0.001 ns	455.08 ns
آبیاری تکمیلی × مایکوزیما M × SI	1	0.35**	0.0002 ns	0.0003 ns	3.77**	4850.78*
آبیاری تکمیلی × مایکوزیما × سال Y × M × SI	1	0.21**	0.0001 ns	0.0002 ns	2.39**	456.07 ns
آبیاری × پایان بارندگی تکمیلی × مایکوزیما RI × M × SI	2	0.02 ns	0.0005*	0.000035 ns	0.03**	795.09 ns
آبیاری × پایان بارندگی × سال تکمیلی × مایکوزیما Y × RI × M × SI	2	0.01 ns	0.0003 ns	0.00001 ns	0.02**	272.43 ns
اشتباه آزمایشی Error	44	0.007	0.0001	0.0001	0.003	996.67
ضریب تغییرات (%) Coefficient of variation (%)		1.08	0.92	3.54	0.46	3.17

*, ** و ns به ترتیب نشانگر اختلاف آماری معنی دار در سطوح احتمال پنج درصد، یک درصد و عدم اختلاف آماری معنی دار می باشد.
 *, ** and ns show statistically significant effects at 5%, 1% probability level and non-significant effect, respectively.

تحت تاثیر معنی دار سال ($P \leq 0.01$) قرار گرفت (جدول ۲).

خاکستر علوفه

تیمار میکوریزا و آبیاری تکمیلی در سال دوم بیشترین درصد خاکستر علوفه (۱۰/۶۷ درصد) را داشت، و کمترین میزان خاکستر علوفه مربوط به گیاهان همزیست و غیر همزیست تحت شرایط دیم در سال اول بود. در هر دو سال، گیاهان آبیاری شده خاکستر علوفه بیشتری داشتند. در هر دو کشت دیم و آبیاری تکمیلی، گیاهان همزیست خاکستر علوفه بیشتری نسبت به گیاهان غیرهمزیست در هر دو سال آزمایش نشان دادند. به عبارت دیگر، درصد خاکستر علوفه در گیاهان تلقیح شده با قارچ *G. mosseae* بدون توجه به آبیاری افزایش معنی داری نسبت به گیاهان شاهد غیرمیکوریزایی داشتند (شکل ۲-الف).

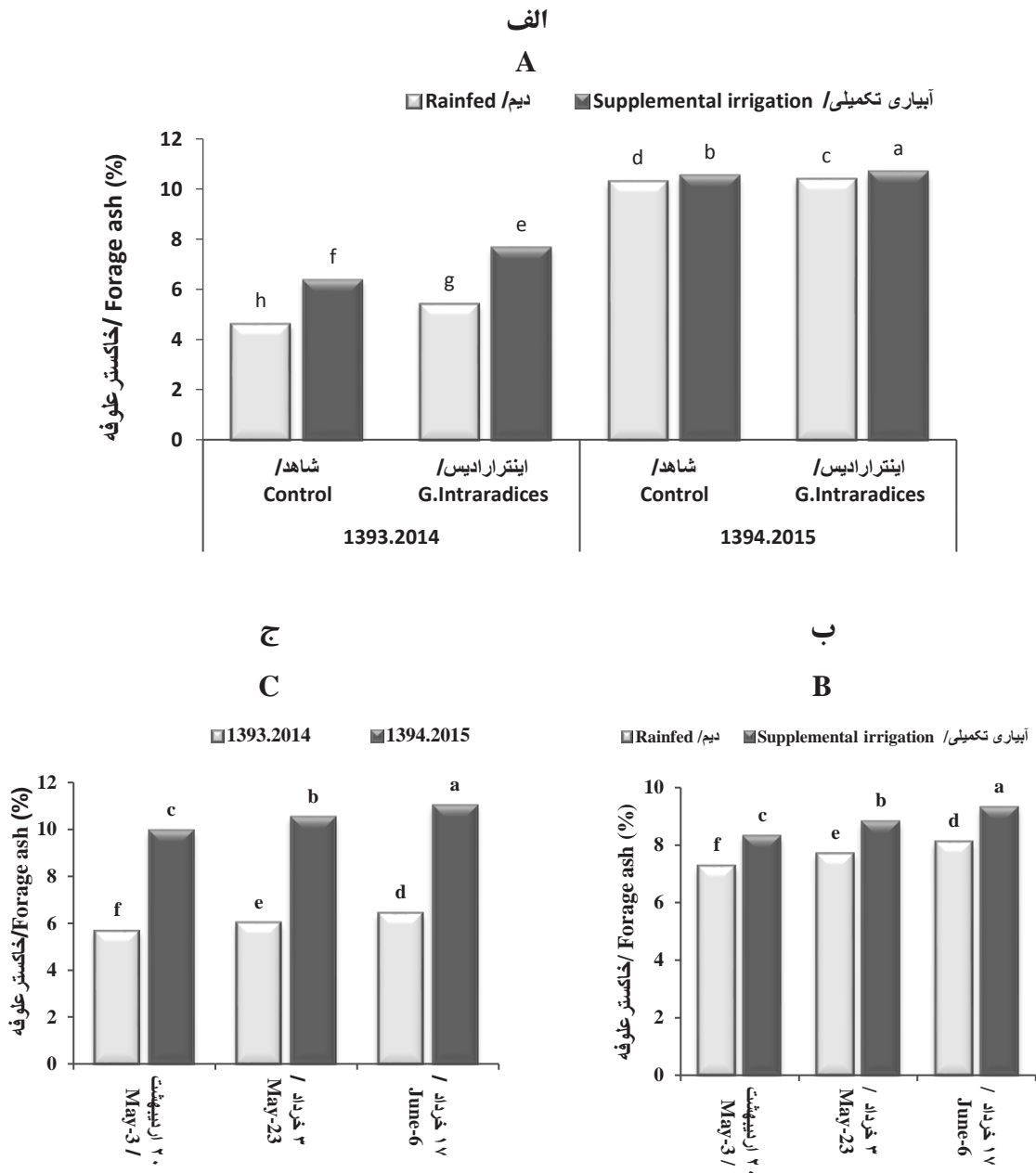
با توجه به نتایج حاصل از آزمایش، پاسخ گیاه به آبیاری تکمیلی بسته به زمان قطع بارندگی از نظر خاکستر علوفه متفاوت بود. هر چند در هر دو کشت دیم و آبیاری تکمیلی با ادامه بارندگی تا ۱۷ خرداد خاکستر علوفه افزایش معنی داری پیدا کرده است. با این حال خاکستر علوفه در آبیاری تکمیلی در کلیه سطوح بارندگی به طور معنی دار بیشتر بود. به طوری که بیشترین درصد خاکستر علوفه (۹/۲۹ درصد) در آبیاری تکمیلی با ادامه بارندگی تا ۱۷ خرداد به دست آمد، و کمترین خاکستر علوفه (۷/۲۵ درصد) مربوط به کشت دیم که بارندگی فقط تا ۲۰ اردیبهشت ادامه داشت، مشاهده شد (شکل ۲-ب). این روند افزایشی برای خاکستر علوفه

همراه با تاخیر در قطع بارندگی ها در هر دو سال مشاهده شد. هر چند مقادیر خاکستر علوفه برای هر سه سطح قطع بارندگی در سال دوم بیشتر بود (شکل ۲-ج).

مقدار مواد معدنی موجود در بافت های گیاهی بیانگر درصد خاکستر می باشد و جذب این مواد توسط ریشه در شرایط کم آبی کاهش می یابد، در نتیجه کاهش درصد خاکستر علوفه در این شرایط بسیار محتمل است. کاهش درصد خاکستر علوفه در شرایط تنش خشکی در گیاه ارزن علوفه ای نیز گزارش شده است (Rahbari et al., 2015). نتایج تحقیقات بر روی ماش سبز در شرایط تنش رطوبتی نشان داده است که هدایت هیدرولیکی سیستم ریشه های گیاهان میکوریزایی بیشتر از گیاهان غیرمیکوریزایی است که این امر در اثر افزایش سطح ریشه و یا طول ریشه های میکوریزایی می باشد (Habibzadeh et al., 2013). جذب عناصر غذایی و آب قابل دسترس توسط ریشه های گیاه ارتباط نزدیکی باهم دارند. روابط آبی تمام فرآیندهای فیزیولوژیک را که با حلالیت و قابل دسترس بودن عناصر غذایی ارتباط دارند، تحت تأثیر قرار می دهد (Alam, 1999).

کلسیم علوفه

در هر دو کشت دیم و آبیاری تکمیلی مقادیر کلسیم علوفه در گیاهان غیرهمزیست (شاهد) و همزیست با قارچ میکوریزا با ادامه بارندگی تا ۱۷ خرداد به طور معنی داری افزایش پیدا کرده است. به عبارت دیگر تداوم بارندگی در فصل بهار همواره باعث تجمع بیشتر کلسیم در بخش هوایی گیاه عدس شده



شکل ۲- مقایسه میانگین خاکستر علوفه تحت تأثیر برهمکنش های سال×میکوریزا×آبیاری تکمیلی (الف)، پایان بارندگی×آبیاری (ب) و سال×پایان بارندگی (ج). حروف غیرمشابه بیانگر تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد با آزمون دانکن می باشد.

Figure 2. Mean comparison for forage ash percent of lentil as influenced by the interaction effects of year×mycorrhiza×supplemental irrigation (A), rainfall interruption ×supplemental irrigation (B), and year×rainfall interruption (C). Different letters show significant differences at 5% probability level (Duncan's multiple range test).

گیاهان میکوریزایی آبیاری شده در شرایطی که بارندگی تا ۱۷ خرداد ادامه داشت، به دست آمد. کمترین کلسیم علوفه (۱/۰۹ درصد) در پایان زود هنگام بارندگی بهاره (۲۰ اردیبهشت) در گیاهان غیرمیکوریزایی و در

است. با این حال همواره کلسیم علوفه عدس در شرایط انجام آبیاری تکمیلی نسبت به کشت دیم، و همچنین در گیاهان میکوریزایی نسبت به گیاهان شاهد بیشتر بود. به طوری که بیشترین کلسیم علوفه (۱/۳۶ درصد) از

2004). تنش خشکی از طریق کاهش تعرق، سیستم انتقال فعال، نفوذ پذیری غشاء و قدرت جذب کنندگی ریشه گیاه و جذب عناصر غذایی مانند کلسیم را کاهش می دهد (Levitt, 1980) که منجر به تجمع کمتر کلسیم در بافت های گیاهان تحت شرایط کم آبی می شود (Abdel Rahman et al., 1971). گزارش شده است که کاربرد تنهائی و یا توأم از توباکتر با قارچ میکوریزی تأثیر معنی دار بر تجمع عناصر معدنی در گیاه داشته است، به طوریکه سبب افزایش میزان کلسیم نسبت به عدم کار برد آن شده است (Amirabadi et al., 2010).

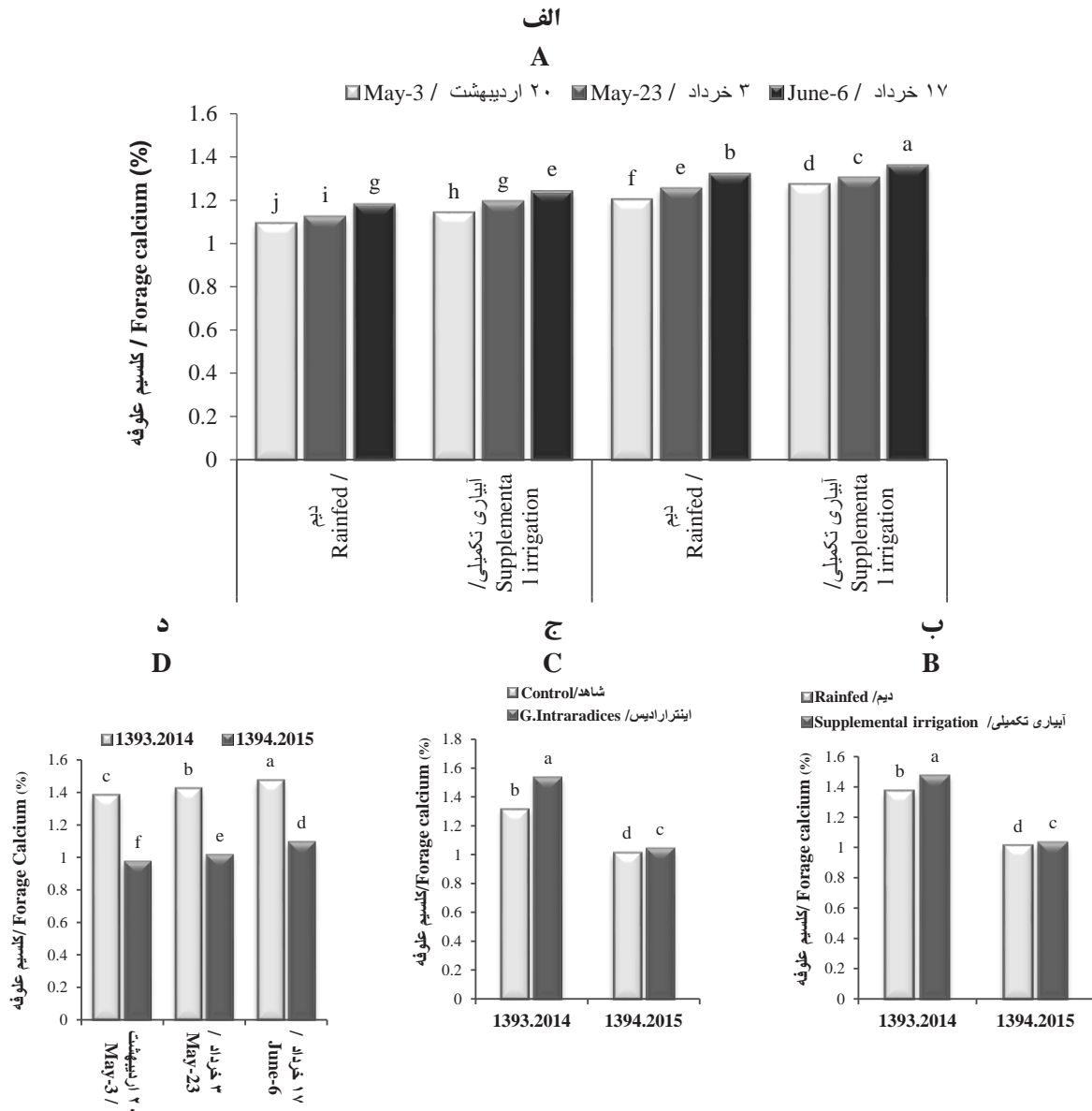
فسفر علوفه

مقدار فسفر علوفه در هر دو سال آزمایش در گیاهان آبیاری شده نسبت به کشت دیم (شکل ۴-الف)، و همچنین در گیاهان همزیست در مقایسه با گیاهان غیرمیکوریزی (شکل ۴-ب) افزایش معنی داری داشت. بیشترین مقادیر فسفر علوفه عدس در آبیاری تکمیلی (۰/۴۰ درصد)، و گیاهان میکوریزی (۰/۴۲ درصد) در سال اول مشاهده شد (شکل ۴-الف و ب). با وجود اینکه در سال اول آزمایش مقادیر فسفر علوفه بیشتر از سال دوم بود، نتایج نشان داد که فسفر علوفه با ادامه وقوع بارندگی تا ۱۷ خرداد نسبت به پایان زود هنگام بارندگی ها به طور معنی داری در هر دو سال افزایش پیدا کرده است (شکل ۴-ج). گزارش شده است که اثر میکوریزا بر میزان جذب فسفر و نیتروژن برگ تحت هر دو شرایط مطلوب و تنش آبی مثبت بود، و در نهایت به افزایش عملکرد دانه منتهی گردید (AL-Karaki et al., 2004). در گیاه نخود با

شرایط دیم مشاهده شد. حتی در بدترین شرایط آبیاری یعنی پایان بارندگی در ۲۰ اردیبهشت ماه هم درصد کلسیم علوفه در گیاهان میکوریزی بسیار بالاتر از کلسیم علوفه گیاهان غیرمیکوریزی در شرایط مطلوب بارندگی (ادامه بارندگی تا ۱۷ خرداد) شده است. این وضعیت در هر دو کشت دیم و آبیاری تکمیلی مشاهده می شود (شکل ۳-الف).

علوفه با بیشترین مقدار کلسیم (۱/۴۷ درصد) در گیاهان با آبیاری تکمیلی در سال اول آزمایش به دست آمد. با این حال همواره مقادیر بالاتر کلسیم علوفه در هر دو سال مربوط به گیاهان آبیاری شده بود (شکل ۳-ب). در هر دو سال بیشترین مقادیر کلسیم علوفه مربوط به گیاهان میکوریزی بود. ولی بیشترین مقدار کلسیم علوفه (۱/۵۳ درصد) در گیاهان میکوریزی در سال اول به دست آمد (شکل ۳-ج). با اینکه میزان کلسیم علوفه با ادامه وقوع بارندگی تا ۱۷ خرداد به طور معنی داری در هر دو سال افزایش پیدا کرد، این مقادیر در هر سه حالت قطع بارندگی مربوط به سال اول آزمایش بود. به طوری که بیشترین کلسیم علوفه (۱/۴۶ درصد) در شرایطی که بارندگی تا ۱۷ خرداد ادامه داشت، از سال اول به دست آمد (شکل ۳-د).

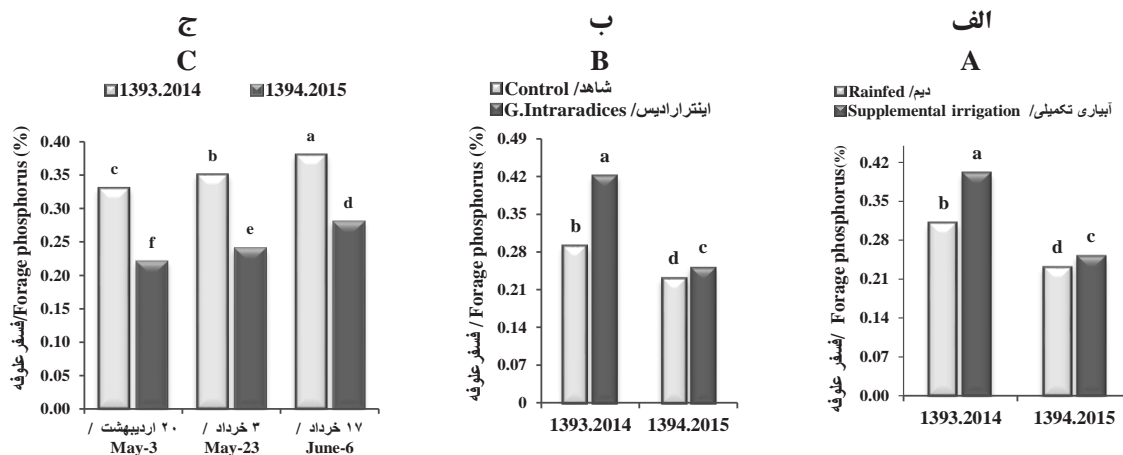
رابطه میکوریزی به ویژه در شرایطی که گیاهان زراعی از نظر تغذیه ای دچار تنش شده اند، ابزاری کارآمد در افزایش جذب عناصر غذایی بویژه فسفر و کلسیم، و همچنین افزایش گره زایی و تثبیت نیتروژن توسط بقولات گزارش شده است (Giri & Mukerji, 2004).



شکل ۳- مقایسه میانگین کلسیم علوفه تحت تأثیر برهمکنش های پایان بارندگی «میکوریزا»×آبیاری تکمیلی (الف)، سال×آبیاری تکمیلی (ب)، سال×میکوریزا (ج) و سال×پایان بارندگی (د). حروف غیر مشابه بیانگر تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد با آزمون دانکن می باشد.

Figure 3. Mean comparison for forage calcium percentage of lentil as influenced by the interaction effects of rainfall interruption ×mycorrhiza×supplemental irrigation (A), year×supplemental irrigation (B), year× mycorrhiza (C) and year×rainfall interruption. Different letters show significant differences at 5% probability level (Duncan's multiple range test).

تلقیح *Glomus mosseae* جذب فسفر، تعداد گره ها، وزن خشک ریشه، وزن خشک اندام هوایی و فعالیت نیتروژناز افزایش یافت (Garg & Chandel, 2011). خشکی خاک همچنین سرعت انتشار مواد غذایی را از محیط خاک به سطح جذب کننده ریشه همراه با کاهش رطوبت خاک کاهش می دهد (Alam, 1999).



شکل ۴- مقایسه میانگین فسفر علوفه تحت تأثیر برهمکنش های سال × آبیاری تکمیلی (الف)، سال × میکوریزا (ب) و سال × پایان بارندگی (ج). حروف غیرمشابه بیانگر تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد با آزمون دانکن می باشد.

Figure 4. Mean comparison for forage phosphorus percentage of lentil as influenced by the interaction effects of year × supplemental irrigation (A), year × mycorrhiza (B) and year × rainfall interruption (C). Different letters show significant differences at 5% probability level (Duncan's multiple range test).

پروتئین علوفه

آبیاری تکمیلی درصد پروتئین علوفه را نسبت به شرایط دیم افزایش داد که این روند عکس تغییرات پروتئین در گیاهان غیرمیکوریزایی است (شکل ۵).

با بررسی اثر میکوریزا آربوسکولار بر مقاومت به خشکی گیاهچه های *Panicirus trifoliata* گزارش شده است که گیاهان تلقیح شده با میکوریزا به طور معنی داری ارتفاع گیاه و وزن تر بوته بالاتری نسبت به گیاهان غیرمیکوریزایی نشان دادند و همچنین تحت شرایط تنش خشکی قندهای محلول و پروتئین برگ در گیاهان میکوریزایی افزایش یافت (Wu & Xia, 2006). با افزایش شدت تنش خشکی درصد پروتئین دانه افزایش می یابد. محققان با بررسی اثرات محدودیت آب بر روند ذخیره سازی روغن، پروتئین و عملکرد دانه در دو رقم سویا نشان دادند که با افزایش تنش آبی درصد روغن کاهش یافت و درصد پروتئین

با اینکه روند کلی تغییرات پروتئین علوفه تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی در هر دو سال مشابه بود. اما درصد پروتئین علوفه بدون در نظر گرفتن تیمارها (در کلیه سطوح تیماری) در سال اول کشت نسبت به سال دوم بیشتر بود. گیاهان میکوریزایی آبیاری شده، با اتمام زود هنگام بارندگی (۲۰ اردیبهشت) بیشترین درصد پروتئین علوفه (۱۵/۵۴ درصد) را داشتند (شکل ۵). کمترین میزان پروتئین علوفه عدس (۹/۷۰ درصد) در گیاهان غیر میکوریزایی تحت آبیاری تکمیلی در سال دوم و در شرایط قطع بارندگی دیر هنگام (۱۷ خرداد)، مشاهده گردید. در هر دو سال درصد پروتئین علوفه در کشت دیم عدس بیشتر از پروتئین گیاهان آبیاری شده بود. در این راستا تامین بیشتر آب منجر به کاهش پروتئین شد. همچنین ادامه بارش تا اواخر خرداد باعث کاهش درصد پروتئین در علوفه عدس شد. در گیاهان میکوریزایی انجام

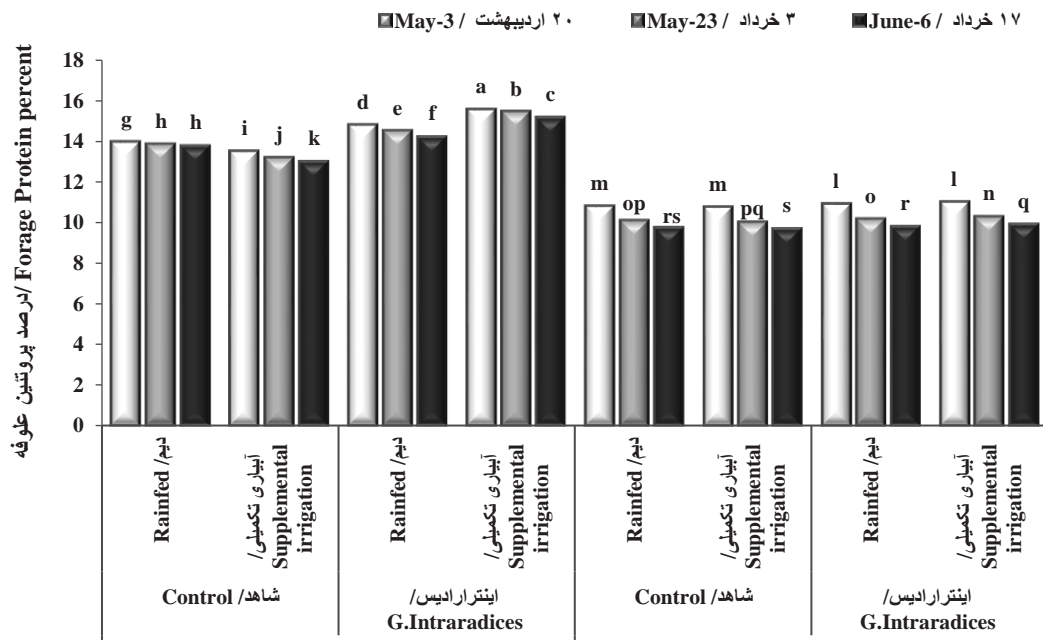
در هکتار) در گیاهان میکوریزایی آبیاری شده مشاهده شد (شکل ۶-ب). مقادیر عملکرد علوفه با ادامه بارندگی ها تا ۱۷ خرداد در هر دو کشت دیم و آبیاری تکمیلی افزایش نشان داد که این روند افزایشی در آبیاری تکمیلی نسبت به دیم بیشتر بود. در اتمام بارندگی زود هنگام (۲۰ اردیبهشت)، آبیاری تکمیلی عملکرد علوفه را به اندازه ادامه بارندگی ها تا یک ماه بیشتر (۳ و ۱۷ خرداد)، افزایش داد (شکل ۶-ج).

کاهش میزان آب قابل دسترس به خصوص در ابتدای مرحله رشد رویشی گیاه، سبب کوتاه شدن این دوره شده و بدنبال آن، تعداد شاخه و عملکرد کاهش یافته است. حتی گاهی یک تنش ملایم می تواند با اثر بر روی حساس ترین فرآیندها، رشد و عملکرد هر گیاهی را بطور

دانه افزایش یافت (Behtari *et al.*, 2008). بهبود درصد پروتئین علوفه در گیاهان میکوریزایی که یک نوبت آبیاری شده اند، ممکن است به دلیل افزایش در جذب برخی عناصر غذایی باشد که به بهبود رشد گیاه منجر شده و اثر غیر مستقیمی بر سیستم تثبیت نیتروژن و میزان پروتئین دارد (Giri & Mukerji, 2004).

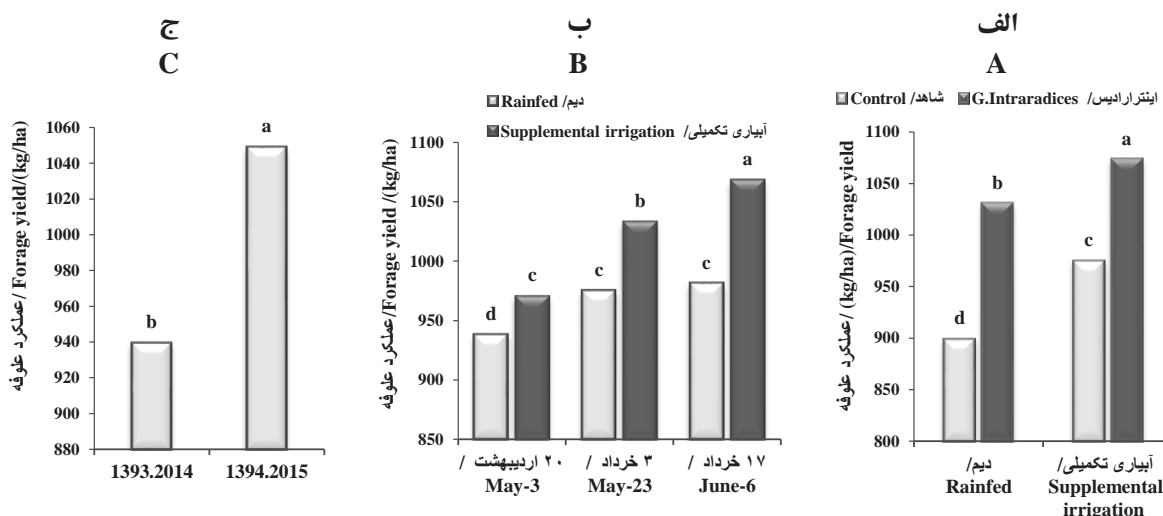
عملکرد علوفه

عدس در سال آزمایش عملکرد علوفه بیشتری (۱۰۴۸/۸۱ کیلوگرم در هکتار) در مقایسه با سال اول (۹۳۹/۵۹ کیلوگرم در هکتار) داشت (شکل ۶-الف). در هر دو سیستم کاشت دیم و آبیاری تکمیلی گیاهان میکوریزایی عملکرد علوفه بالاتری داشتند. با این حال بیشترین مقدار تولید علوفه (۱۰۷۲/۹۸ کیلوگرم



شکل ۵- مقایسه میانگین درصد پروتئین علوفه تحت تأثیر برهمکنش های سال×پایان بارندگی×میکوریزا×آبیاری تکمیلی. حروف غیرمشابه بیانگر تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد با آزمون دانکن می باشد.

Figure 5. Mean comparison for forage protein percentage of lentil as influenced by the interaction effects of year×rainfall interruption ×mycorrhiza×supplemental irrigation. Different letters show significant differences at 5% probability level (Duncan's multiple range test).



شکل ۶- مقایسه میانگین عملکرد علوفه تحت تأثیر برهمکنش های آبیاری تکمیلی × میکوریزا (الف)، پایان بارندگی × آبیاری تکمیلی (ب) و اثر سال (ج). حروف غیرمشابه بیانگر تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد با آزمون دانکن می باشد.

Figure 6. Mean comparison for forage yield of lentil as influenced by the interaction effects of mycorrhiza × supplemental irrigation (A), rainfall interruption × supplemental irrigation (B) and year effect (C). Different letters show significant differences at 5% probability level (Duncan's multiple range test).

سال ($P \leq 0.01$) قرار گرفت (جدول ۳).

پتاسیم دانه

مقادیر پتاسیم دانه در گیاهان همزیست با قارچ میکوریزا در قطع بارندگی دیر هنگام (۱۷ خرداد) در هر دو شرایط کشت دیم و آبیاری تکمیلی کاهش معنی داری پیدا کرد. با این حال همواره پتاسیم دانه در شرایط انجام آبیاری تکمیلی نسبت به کشت دیم بیشتر است. بطوری که در گیاهان آبیاری شده که با قارچ میکوریزا همزیستی داشتند و بارندگی تا ۲۰ اردیبهشت ادامه داشت بیشترین مقدار پتاسیم دانه (۱/۳۴ درصد) بدست آمد که این میزان نسبت به شرایط غیر همزیستی گیاهان با میکوریزا در شرایط دیم که بارندگی بهاره تا دیر هنگام (۱۷ خرداد) ادامه داشت میزان پتاسیم دانه (۰/۸۴ درصد) است حدود ۳۷/۳۱ درصد افزایش نشان داد (شکل ۷- الف).

قابل ملاحظه ای کاهش دهد. تأمین آب کافی برای رشد گیاه قبل از وقوع اثرات نامطلوب تنش آب بر فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاه بسیار مهم است (Oweis *et al.*, 2004; Oweis & Hachum, 2006).

عملکرد و کیفیت دانه

اثرات متقابل "پایان بارندگی × میکوریزا × آبیاری تکمیلی" بر روی پتاسیم و عملکرد دانه ($P \leq 0.05$)، "سال × میکوریزا × آبیاری تکمیلی" بر پتاسیم دانه ($P \leq 0.01$)، "میکوریزا × آبیاری تکمیلی" بر فسفر و پروتئین دانه ($P \leq 0.01$)، "پایان بارندگی × آبیاری تکمیلی" بر پروتئین دانه ($P \leq 0.01$) معنی دار شدند. همچنین اثرات "سال × میکوریزا" بر روی فسفر و عملکرد دانه ($P \leq 0.05$)، "سال × پایان بارندگی" بر پتاسیم و فسفر دانه ($P \leq 0.01$) و عملکرد دانه ($P \leq 0.05$) معنی دار شد. پروتئین دانه تحت تاثیر معنی دار

جدول ۳- تجزیه واریانس اثرات آبیاری تکمیلی و همزیستی قارچ مایکوزیبا بر کیفیت و عملکرد دانه عدس در شرایط متفاوت دیم.

Table 3. Analysis of variance for the effects of supplemental irrigation and mycorrhizal symbiosis on the quality and quantity of lentil grain in different rainfed conditions.

منابع تغییر	درجه آزادی	Grain پتاسیم دانه /	Grain فسفر دانه /	Grain پروتئین دانه /	Grain عملکرد دانه /
Source of variation	df	potassium	phosphorus	protein	yield
سال	1	11.92**	0.19**	184.98**	38628.84**
Year (Y)					
تکرار در سال	4	0.001	0.001	3.76	3.57
Year (replication)					
پایان بارندگی	2	0.24**	0.15**	86.94**	8676.05**
Rainfall interruption (RI)					
مایکوزیبا	1	0.93**	1.15**	263.83**	70449.44**
Mycorrhiza (M)					
آبیاری تکمیلی	1	0.15**	0.02**	1607.79**	29439.10**
Supplemental irrigation (SI)					
پایان بارندگی × سال	2	0.009**	0.01**	1.43 ^{ns}	253.07*
Y × RI					
مایکوزیبا × سال	1	0.05**	0.006*	0.95 ^{ns}	218.71**
Y × M					
آبیاری تکمیلی × سال	1	0.08**	0.0001 ^{ns}	6.05 ^{ns}	94.55 ^{ns}
Y × SI					
مایکوزیبا × پایان بارندگی	2	0.0002 ^{ns}	0.0006 ^{ns}	5.86 ^{ns}	654.85**
RI × M					
پایان بارندگی × سال × مایکوزیبا	2	0.0002 ^{ns}	0.0001 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.18 ^{ns}
Y × M × RI					
آبیاری تکمیلی × پایان بارندگی	2	0.001 ^{ns}	0.002 ^{ns}	12.40**	236.02*
RI × SI					
آبیاری × پایان بارندگی × سال	2	0.0003 ^{ns}	0.000003 ^{ns}	0.10 ^{ns}	1.96 ^{ns}
تکمیلی					
Y × RI × SI					
آبیاری تکمیلی × مایکوزیبا	1	0.02**	0.04**	121.39**	2178.61**
M × SI					
آبیاری تکمیلی × سال	1	0.01**	0.0002 ^{ns}	0.44 ^{ns}	7.20 ^{ns}
Y × M × SI					
آبیاری × پایان بارندگی	2	0.004*	0.001 ^{ns}	1.44 ^{ns}	239.20*
تکمیلی × مایکوزیبا					
RI × M × SI					
آبیاری × پایان بارندگی × سال	2	0.002 ^{ns}	0.00001 ^{ns}	0.007 ^{ns}	0.84 ^{ns}
تکمیلی × مایکوزیبا					
Y × RI × M × SI					
اشتباه آزمایشی	44	0.001	0.0008	1.82	55.16
Error					
ضریب تغییرات (%)		3.1	4.16	5.15	1.77
Coefficient of variation (%)					

*, **, و ns به ترتیب نشانگر اختلاف آماری معنی دار در سطوح احتمال پنج درصد، یک درصد و عدم اختلاف آماری معنی دار می باشد.

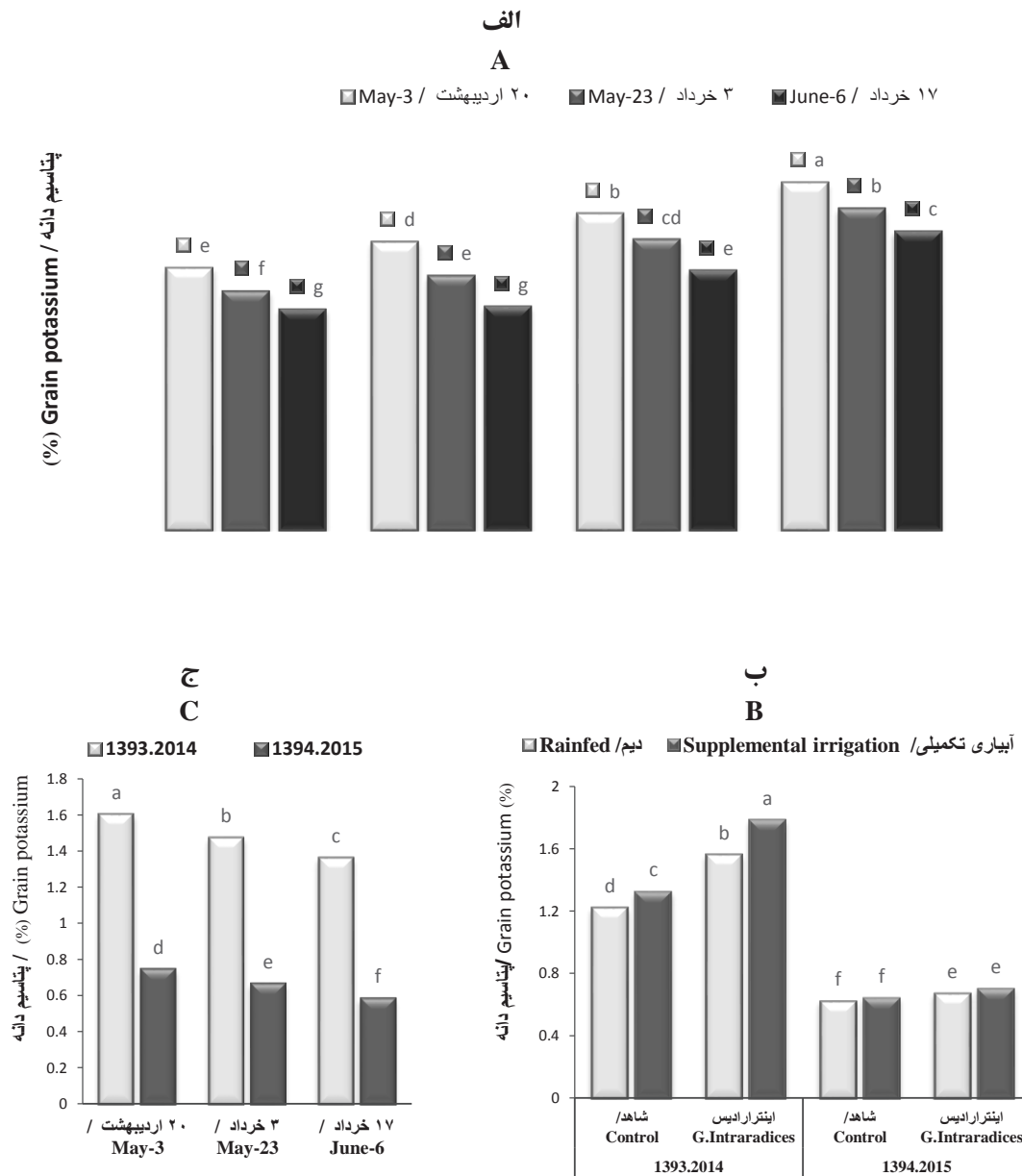
*, **, and ns show statistically significant effects at 5%, 1% probability level and non-significant effect, respectively.

همچنین، کاهش معنی داری در پتاسیم دانه با افزایش مدت تنش خشکی (قطع آبیاری) در عدس گزارش شده است. ولی آنها تغییر معنی داری را در میزان فسفر و پتاسیم برگ عدس مشاهده نکردند. (Oweis *et al.*, 2004). در زمانی که رطوبت مساعد باشد ممکن است درصد پتاسیم در بافت های گیاه کاهش یابد و این موضوع می تواند به علت رقیق شدن آن باشد.

به طور کلی نظر بر این است که در اثر تنش خشکی میزان جذب پتاسیم در گیاه افزایش می یابد و آن به دلیل تنظیم فشار اسمزی و نقش یون پتاسیم در کنترل روزنه است. در مواردی هم مشاهده شده که درصد پتاسیم در گیاهان تحت تنش کمتر بوده و دلیل آن می تواند کاهش قابلیت دسترسی این عناصر در شرایط کمبود رطوبت باشد. به این صورت که در اثر وجود آب زیاده تر، یون های یک ظرفیتی مانند پتاسیم در محلول خاک به طور نسبی بیشتر از یون های دو ظرفیتی مانند کلسیم و منیزیم افزایش می یابد. اما به تدریج که خاک خشک می شود، کلوئیدهای رس با قدرت بیشتری پتاسیم (یون های یک ظرفیتی) را به سطح خود جذب کرده و مانع از جدا شدن این یون ها می شوند (Kafi *et al.*, 2010). همچنین از آنجایی که در اثر تنش، رشد کلی گیاه از جمله فعالیت جذبی ریشه ها کاهش می یابد، توانایی جذب پتاسیم از سطح کلوئیدهای رس را نخواهند داشت و در نتیجه میزان جذب این عناصر کاهش می یابد (Pirzad *et al.*, 2011). همچنین، میزان پتاسیم دانه با ادامه وقوع بارندگی تا ۱۷ خرداد به طور معنی داری

بیشترین مقدار پتاسیم دانه در گیاهانی که با میکوریزا همزیستی داشته و در شرایط آبیاری تکمیلی در سال اول کشت شده بدست آمد (۱/۷۸ درصد). در سال اول گیاهان در هر دو شرایط دیم و آبیاری تکمیلی که با قارچ میکوریزایی همزیستی داشتند درصد پتاسیم بالایی داشتند و کمترین میزان پتاسیم دانه (۰/۶۲ درصد)، در سال دوم در گیاهانی که بصورت غیرهمزیست با قارچ میکوریزا در هر دو شرایط دیم و آبیاری تکمیلی کشت شده، مشاهده گردید (شکل ۷-ب).

محققان دیگری نیز گزارش کردند که کاربرد قارچ میکوریزی تأثیر معنی داری بر افزایش میزان پتاسیم اندام های هوایی ذرت داشت (Amirabadi *et al.*, 2010). به طوری که افزایش غلظت پتاسیم در شرایط تنش خشکی به دلیل نقش این عناصر در تنظیم فشار اسمزی می باشد (Aliasgharzad *et al.*, 2009). همچنین گزارش شده است که تحت شرایط تنش کم آبی جذب عناصر غذایی توسط گیاهان، معمولاً به واسطه کاهش مقادیر تعرق، مختل شدن سیستم های انتقال فعال و نفوذپذیری غشاء و در نتیجه کاهش نیروی جذب کنندگی ریشه گیاه کاهش می یابد (Hosseini *et al.*, 2016). کاهش جذب مواد و عناصر غذایی در شرایط کم آبی در ریحان (Hassani & Omidbeighi, 2002) و بابونه آلمانی (Pirzad *et al.*, 2012) گزارش شده است. سطوح پایین رطوبت خاک، سرعت انتقال پتاسیم از خاک به سطح ریشه و سرعت جریان آن را در واحد طول ریشه گیاه کاهش می دهد (Kuchenbuch *et al.*, 1986).



شکل ۷- مقایسه میانگین درصد پتاسیم دانه تحت تأثیر برهمکنش های آبیاری تکمیلی × میکوریزا × پایان بارندگی (الف)، سال × میکوریزا × آبیاری تکمیلی (ب) و سال × پایان بارندگی (ج). حروف غیر مشابه بیانگر تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد با آزمون دانکن می باشد.

Figure 7. Mean comparison for grain potassium percentage of lentil as influenced by the interaction effects of rainfall interruption × mycorrhiza × supplemental irrigation (A), year × mycorrhiza × supplemental irrigation (B) and year × rainfall interruption (C).

Different letters show significant differences at 5% probability level (Duncan's multiple range test).

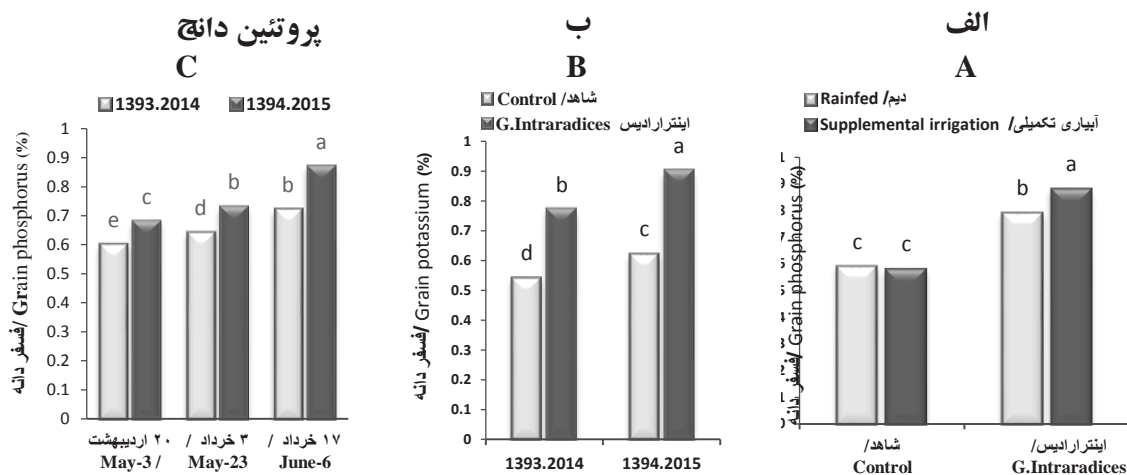
فسفر دانه

بیشترین مقدار فسفر (۰/۸۷ درصد) در گیاهان میکوریزایی که در این گیاهان آبیاری صورت گرفته، مشاهده گردید، طوری که کمترین مقدار فسفر دانه (۰/۵۷ درصد) نیز مربوط به گیاهان غیر میکوریزایی کشت دیم بود. با این

کاهش پیدا کرده است. به طوری که بیشترین پتاسیم دانه (۱/۵۹ درصد) در شرایطی که بارندگی تا ۲۰ اردیبهشت ادامه داشت، از سال اول به دست آمد. با این حال مقادیر پتاسیم دانه در سال اول در کلیه سطوح بارندگی بیشتر بود (شکل ۷-ج).

تیمارها بوده و اختلاف معنی دار در سطح ۱٪ در بین تیمارها مشاهده می شود (Tadeusz *et al.*, 2013). فسفر به عنوان یکی از عناصر مهم غذایی در بسیاری از فعالیت های حیاتی نظیر ذخیره و انتقال انرژی، فتوسنتز، تنظیم فعالیت آنزیم ها و انتقال کربوهیدرات ها ضروری است (Aliasgharzad *et al.*, 2009). بروز شرایط خشکی با وقوع همزمان دماهای بالا در انتهای فصل رشد خصوصاً در مرحله گل دهی، سبب کاهش دوره رشد زایشی و نهایتاً جذب عناصر غذایی بویژه فسفر، کلسیم و نیتروژن می گردد. تحت تنش خشکی تجمع PO_4^{+K} و $H_2PO_4^{-3}$ در ریشه و برگ برخی گونه های ارزن، یونجه و برنج نیز گزارش شده است (Abdel Rahman *et al.*, 1971). تنش خشکی انتقال فسفر به شاخه ها را شدیداً محدود می کند. محدودیت آب عموماً مقدار نیتروژن، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، سدیم و کلر را افزایش، و مقدار فسفر و آهن را در گیاه کاهش می دهد (Oweis *et al.*, 2004).

وجود، در هر دو سیستم کاشت دیم و آبیاری تکمیلی گیاهان میکوریزایی فسفر دانه بالاتری داشتند (شکل ۸-الف). مقادیر فسفر دانه در گیاهان همزیست میکوریزایی در هر دو کشت سال های اول و دوم، به طور معنی داری افزایش پیدا کرده است. با این حال همواره مقادیر پتاسیم دانه در سال دوم نسبت به سال اول بیشتر است. یعنی بیشترین فسفر دانه (۰/۸۹ درصد) از گیاهان همزیست میکوریزایی در سال دوم به دست آمد (شکل ۸-ب). میزان فسفر دانه با ادامه وقوع بارندگی تا ۱۷ خرداد به طور معنی داری کاهش پیدا کرده است. به طوری که بیشترین فسفر دانه (۰/۸۷ درصد) در شرایطی که بارندگی تا ۲۰ اردیبهشت ادامه داشت، از سال دوم به دست آمد. با این حال مقادیر فسفر دانه در سال دوم در کلیه سطوح بارندگی بیشتر بود (شکل ۸-ج). در تحقیقی که بر روی نخود انجام گرفته جذب عناصر غذایی از قبیل فسفر و پتاسیم در تیمارهای تلقیحی با میکوریز بیشتر از سایر

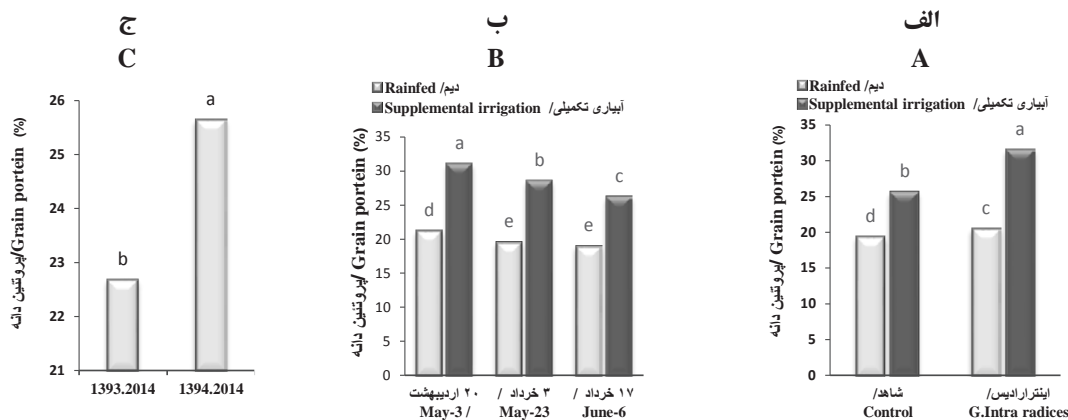


شکل ۸- مقایسه میانگین درصد فسفر دانه تحت تأثیر برهمکنش های آبیاری تکمیلی×میکوریزا (الف)، سال×میکوریزا (ب) و سال×پایان بارندگی (ج). حروف غیرمشابه بیانگر تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد با آزمون دانکن می باشد.

Figure 8. Mean comparison for grain phosphorus percentage of lentil as influenced by the interaction effects of mycorrhiza×supplemental irrigation (A), year×mycorrhiza (B) and year×rainfall interruption (C). Different letters show significant differences at 5% probability level (Duncan's multiple range test).

با توجه به نتایج حاصل به نظر می رسد که با وقوع شرایط کم آبی و کوتاه شدن دوره‌ی رشد زایشی، فرصت کمتری برای ذخیره‌ی نشاسته وجود دارد و در نتیجه میزان پروتئین دانه افزایش می‌یابد. به نظر می رسد در شرایط کم آبی قارچ میکوریزا در تشکیل و ثبات خاکدانه های خاک نقش مهمی را داشته و در نتیجه هدایت هیدرولیتیکی خاک بهبود یافته و باعث توسعه سیستم ریشه‌ای و بهبود جذب آب و عناصر غذایی شده است. نتایج این تحقیق با نتایج (George *et al.*, 1994) مطابقت دارد. گزارش نمودند که با افزایش شدت تنش کم آبی در گیاهان میکوریزایی و غیر میکوریزایی غلظت آهن، روی، مس، بر و درصد پروتئین دانه افزایش نشان داد (Ortas, 2010). در گیاهان مناطق خشک سنتز پروتئین در واکنش به کم آبی کاهش یافته و بیان ژن ها تحت تنش خشکی دگرگون می شود (Shamsi *et al.*, 2010).

در هر دو سیستم کاشت دیم و آبیاری تکمیلی، پروتئین دانه گیاهان میکوریزایی بیشتر شد، بطوری که در شرایط آبیاری تکمیلی گیاهان میکوریزایی دارای بیشترین مقدار پروتئین دانه (۳۱/۴۶ درصد) بود. (شکل ۹- الف). با توجه به نتایج بدست آمده مشخص شد که، مقادیر پروتئین دانه با اتمام زود هنگام بارندگی (۲۰ اردیبهشت) که کشت به صورت آبیاری تکمیلی بود بیشترین میزان (۳۰/۹۲ درصد) را دارا بود که این میزان پروتئین در شرایط کشت آبیاری تکمیلی نسبت به دیم بیشتر بود و میزان پروتئین نسبت به کمترین حالت (کشت به صورت دیم و قطع آبیاری دیر هنگام) حدود ۳۸/۹۴ درصد افزایش پروتئین را داشته است (شکل ۹- ب). همچنین نتایج نشان داد که دانه عدس در سال دوم آزمایش از درصد پروتئین بیشتری در مقایسه با سال اول برخوردار بودند. متوسط درصد پروتئین در دانه عدس در سال دوم آزمایش ۲۵/۶۳ درصد و در سال اول آزمایش ۲۲/۶۸ درصد بود (شکل ۹- ج).



شکل ۹- مقایسه میانگین درصد پروتئین دانه تحت تأثیر برهمکنش های آبیاری تکمیلی «میکوریزا (الف)، پایان بارندگی «آبیاری تکمیلی (ب) و اثر سال (ج). حروف غیر مشابه بیانگر تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد با آزمون دانکن می‌باشد.

Figure 9. Mean comparison for grain protein of lentil as influenced by the interaction effects of mycorrhiza×supplemental irrigation (A), year×mycorrhiza (B) and year effect (C).

Different letters show significant differences at 5% probability level (Duncan's multiple range test).

که بارندگی تا ۱۷ خرداد ادامه یافت، به دست آمد. کمترین عملکرد دانه (۳۷۱/۱۰ کیلوگرم در هکتار) مربوط به پایان زود هنگام بارندگی (۲۰ اردیبهشت) در سال اول بود (شکل ۱۰-ج). بنابراین با توجه به نتایج حاصله شرایط کم آبی باعث کاهش غلظت بیشتر عناصر غذایی می گردد اما تلقیح گیاهان با قارچ میکوریزا قادرند اثرات نامطلوب تنش خشکی را در گیاهان تعدیل کنند. بطوری که قارچ میکوریزا از طریق انتشار میسلیوم های خارجی خود در منافذ ریز خاک که امکان ورود ریشه های موئین برای جذب آب وجود ندارد، آب و عناصر غذایی را جذب و به گیاه منتقل می کند و در نتیجه باعث افزایش عملکرد دانه می گردد (Sajedi & Rejali, 2011). گیاهان میکوریزایی از طریق افزایش سطح برگ و افزایش مقدار تثبیت CO₂ به ازای واحد وزن برگ می توانند سرعت فتوسنتز خود را افزایش دهند تا نیازهای همزیست خود را تامین نمایند (Copetta et al., 2006).

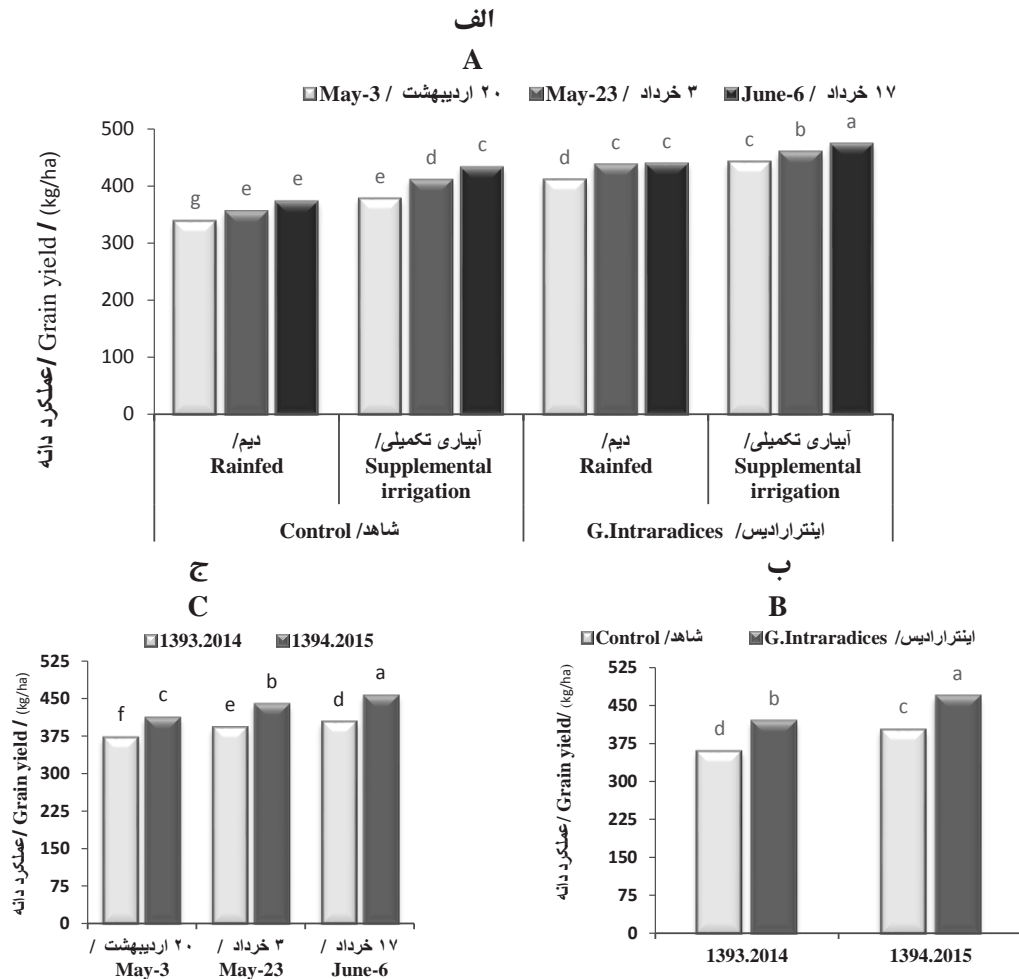
در مطالعه واکنش ماشک به سطوح آبیاری (بدون آبیاری و یک نوبت آبیاری تکمیلی) گزارش شده که عملکرد (وزن تر و خشک علوفه)، درصد و عملکرد پروتئین، مساحت برگ، وزن تر و خشک برگ تحت تأثیر تنش خشکی (عدم آبیاری) به طور معنی دار کاهش یافتند (Mirfakhraei et al., 2009). عملکرد دانه بیشتر از سایر صفات تحت تأثیر تنش خشکی قرار می گیرد. به طوری که در شرایط کاهش ۵۰ درصدی عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه نزدیک به صفر بوده و یا کاهش بسیار زیادی

اثر تنش رطوبت بر رشد گیاه بیشتر از اثر آن بر جذب عناصر معدنی می باشد (Fanaei et al., 2009).

عملکرد دانه

مقادیر عملکرد دانه در گیاهان همزیستی با قارچ میکوریزا با قطع بارندگی دیر هنگام (۱۷ خرداد) در هر دو شرایط کشت دیم و آبیاری تکمیلی به طور معنی داری افزایش پیدا کرد. با این حال همواره در شرایط آبیاری تکمیلی عملکرد دانه نسبت به کشت دیم بیشتر است که بیشترین عملکرد دانه (۴۷۲/۹۶ کیلوگرم در هکتار) از گیاهان آبیاری شده در همزیستی با قارچ میکوریزا در شرایطی که بارندگی تا ۱۷ خرداد ادامه داشت به دست آمد که نسبت به کمترین میزان در پایان زود هنگام بارندگی بهار (۲۰ اردیبهشت) از گیاهان غیر میکوریزایی در شرایط دیم حدود ۲۸/۷۲ درصد افزایش نشان داد (شکل ۱۰-الف).

عملکرد دانه در هر دو سال در گیاهان میکوریزایی افزایش یافت. طوری که بیشترین عملکرد دانه (۴۶۷/۵۸ کیلوگرم در هکتار) در گیاهان تلقیح شده با قارچ *G. intraradices* به دست آمد. عملکرد دانه در هر دو سال در گیاهان میکوریزایی حدود ۱۶ درصد افزایش داشت (شکل ۱۰-ب). با ادامه بارندگی تا ۱۷ خرداد، عملکرد دانه نسبت به قطع زود هنگام بارندگی (۲۰ اردیبهشت و سوم خرداد) افزایش معنی داری نشان داد. عملکرد دانه در سال دوم در کلیه سطوح قطع بارندگی بیشتر بود. به عبارت دیگر، بیشترین عملکرد دانه (۴۵۴/۹۱ کیلوگرم در هکتار) در سال دوم و در شرایطی



شکل ۱۰- مقایسه میانگین عملکرد دانه تحت تأثیر برهمکنش های آبیاری تکمیلی×میکوریزا×پایان بارندگی (الف)، سال×میکوریزا (ب) و سال×پایان بارندگی (ج). حروف غیرمشابه بیانگر تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد با آزمون دانکن می باشد.

Figure 10. Mean comparison for grain yield of lentil as influenced by the interaction effects of rainfall interruption ×mycorrhiza×supplemental irrigation (A), year×mycorrhiza (B) and year×rainfall interruption (C). Different letters show significant differences at 5% probability level (Duncan's multiple range test).

سطح استان آذربایجان غربی می باشد که برای دستیابی به عملکردهای قابل قبول، غیر قابل اعتماد است. به همین دلیل، جهت افزایش بهره وری و عملکرد، آبیاری تکمیلی و همزیستی میکوریزایی از راهکارهای بسیار موثر در کاهش تنش های وارده بر گیاه در طول دوره رشد است. نتایج این مطالعه نشان داد که انجام یک بار آبیاری، عملکرد دانه عدس را در منطقه نسبت به شرایط دیم بصورت معنی داری افزایش می دهد. همچنین، مشخص شد که قارچ مورد بررسی (*G.intraradices*) و سطوح مختلف آبیاری باعث بهبود کیفیت علوفه (کلسیم،

خواهد داشت (Rezaeyan Zadeh *et al.*, 2011). در یک بررسی، عملکرد دانه و زیست توده عدس با انجام آبیاری تکمیلی افزایش یافت. به طوری که کاربرد آبیاری تکمیلی به میزان دو سوم آبیاری کامل، بالاترین عملکرد دانه و زیست توده را تحت تیمارهای آبیاری تکمیلی داشت (Ortas, 2010).

نتیجه گیری

مطالعه آمار هواشناسی در طولانی مدت، بیانگر توزیع نامناسب بارندگی (به عنوان تنها منبع تامین نیاز آبی گیاه) از نظر کمی و کیفی در

عملکرد (کمی و کیفی) علوفه و دانه در گیاهان میکوریزایی بیشتر بود. بنابراین، با مدیریت صحیح منابع آب و همزمان با کاربرد قارچ. های میکوریزایی ضمن تقویت گیاه عملکرد و کیفیت در علوفه و دانه عدس را افزایش داد.

خاکستر و پروتئین) و دانه (پتاسیم، فسفر و پروتئین) عدس نسبت به کشت دیم شد. با ادامه وقوع بارندگی تا ۱۷ خرداد، عملکرد علوفه و دانه عدس در گیاهان میکوریزایی تحت شرایط آبیاری تکمیلی افزایش نشان داد. با این حال، در هر دو کشت دیم و آبیاری تکمیلی مقادیر

Reference

- AACC (*American Association of Cereal Chemists*). 2000. 10th Edition. Adapted from Method, 10-38.
- Abdel Rahman, A.A., Shalaby, A.F., and Monayeri, M.O.E.I. 1971. Effect of moisture stress on metabolic products and ions accumulation. *Plant and Soil*, 34(1): 65-90.
- Alam, S.M. 1999. Nutrition uptake by plants under stress condition. pp: 285-315. In: *Handbook of plant and crop stress*. Second Edition, Revised and Expanded Pessaraki, M., Marcel Dekker, Inc.
- Aliasgharzad, N., Bolandnazar, S., Neyeshabouri, M., and Chaparzadeh, N. 2009. Impact of soil sterilization and irrigation intervals on P and K acquisition by mycorrhizal onion (*Allium cepa* L.). *Biologia*, 64(3): 512-515.
- AL-Karaki, G., McMichael, B., and John, Z. 2004. Field response of wheat to arbuscular mycorrhizal fungi and drought stress. *Mycorrhiza*, 14(4): 263-269.
- Amirabadi, M., Rejali, F., Ardakani, M. R., and Borji, M. 2010. Effect of aztobacter and mycorrhiza on nutrients uptake by zea on different level of phosphorous. *Water and Soil Researches*, 23(1): 107-115. (In Persian with English Summary).
- Association of Official Analytical Chemists. 2005. Official Methods of Analysis of AOAC, Vol. II. *Association of Official Analytical Chemist*, 18th Edition, Washington, DC. Rating, 1-4.
- Behtari, B., Dabbagh Mohamadi Nasab, A., Ghasemi Golezani, K., Zehtab Salmasi, S., and Tourchi, M. 2008. Effect of water deficit on yield and yield components of two soybean varieties. *Journal of Agricultural Science*, 18(3): 125-137. (In Persian with English Summary).
- Benami, A., and Ofen, A. 1984. Irrigation engineering-sprinkler, trickle and surface irrigation: principles, design and agricultural practices. *Agricultural Water Management*, 9(3): 263-264.
- Copetta, A., Lingua, G., and Berta, G. 2006. Effects of three AM fungi on growth, distribution of glandular hairs and essential oil production in *Ocimum basilicum* L. var. Genovese. *Mycorrhiza*, 16(7): 485-494.

- Faisal, E.A., Samia, O.Y., and Elsiddig, A.E.E. 2000. Effects of mycorrhizal inoculation and phosphorus application on the nodulation, mycorrhizal infection and yield components of faba bean grown under two different watering regimes. University of Khartoum. *Journal of Agricultural Sciences*, 8(2): 107-116.
- Fanaei, H.R., Galavi, M., Kafi, M., and Ghanbari Bonjar, A. 2009. Amelioration of water stress by potassium fertilizer in two oil seed species. *International Journal of Plant Production*, 3(2): 41-54.
- Food and Agriculture Organization (FAO). 2012. *Biodiversity: Agricultural biodiversity in FAO*.
- Garg, N., and Chandel, S. 2011. Effect of mycorrhizal inoculation on growth, nitrogen fixation and nutrient uptake in *Cicer arietinum* (L.) under salt stress. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 35(2): 205-214.
- George, E., Romheld, V., and Marschner, H. 1994. Contribution of mycorrhizal fungi to micronutrient uptake by plants. In: Manthey JA, Crowley DE, Luster DG, eds. Boca Raton, FL, USA: Lewis Publishers, *Biochemistry of metal micronutrients in the rhizosphere*, 93-109.
- Giri, B., and Mukerji, K.G. 2004. Mycorrhizal inoculant alleviates salt stress in *Sesbania aegyptiaca* and *Sesbania grandiflora* under field condition: evidence for reduced sodium and improved magnesium uptake. *Mycorrhiza*, 14: 307-312.
- Habibzadeh, Y., and Abedi, M. 2014. The effects of arbuscular micorrhizal fungi on morphological characteristics and grain yield of Mung bean (*Vigna radiata* L.) plants under water deficit stress. *Peak Journal of Agricultural Sciences*, 2(1): 9-14.
- Habibzadeh, Y., Jalilian, J., Eivazy, A., Tayeferezai, H., Zardoshti, M.R., and Pirzad, A. 2013. Effect of arbuscular mycorrhiza on water use efficiency and grain yield of mungbean under water Stress conditions. *Journal of Agronomy*, 100: 38-48. (In Persian with English Summary).
- Hassani, A., and Omidbeighi, R. 2002. Effects of water stress on some morphological, physiological and metabolical characteristics of basil (*Ocimum basilicum*). *Journal of Agricultural Knowledge*, 12(3): 47-59.
- Hefnawy, T.H. 2011. Effect of processing methods on nutritional composition and anti-nutritional factors in lentils (*Lens culinaris*). *Annals of Agricultural Sciences*, 56(2): 57-61.
- Hosseini, F.S. 2011. Effect of supplemental irrigation in different phonological stages on growth characteristics, yield components and performance of three Lentil cultivars (*Lens culinaris* Medik). MSc Dissertation, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary).
- Hosseini, F.S., Nezami, A., Parsa, M., and Haji Mohammadnia Galibaf, K. 2011. Effect of supplemental irrigation on yield and yield components of lentil (*Lens culinaris* Medik)

- weather in Mashhad. *Iranian Journal of Water and Soil*, 25 (3): 625-633. (In Persian with English Summary).
- Hosseini, F.S., Nezami, A., Parsa, M., and Hajmohammadnia Ghalibaf, K. 2016. Effects of supplementary irrigation at phenological stages on some growth indices of lentil (*Lens culinaris* Medik.) cultivars in Mashhad region. *Iranian Journal of Pulses Research*, 7(1): ۱۲۰-۱۰۵. (In Persian with English Summary).
- Jacobson, K.M. 1997. Moisture and substrate stability determine VA-mycorrhizal fungal community distribution and structure in an arid grassland. *Journal of Arid Environmenst*, 35(1): 59-75.
- Jaderlund, L., Arthurson, V., Grandhall, U., and Jansson, J.K. 2008. Specific interactions between arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth-promoting bacteria: as revealed by different combinations. *FEMS Microbiology Letters*, 287(2): 174-180.
- Jalilian, J., Amirnia, R., Gholinezhad, E., and Abbas Zadeh, S. 2016. The effect of supplemental irrigation and seed priming on seed yield, yield components and some characteristics of vetch. *Agricultural Crop Management (Journal of Agriculture)*, 18(3): 625-637. (In Persian with English Summary).
- Jalilian, J., and Heydarzadeh, S. 2016. Effect of cover crops, organic and chemical fertilizer on the quantitative and qualitative characteristics of Safflower (*Carthamus tinctorius*). *Journal of Agricultural Science*, 25(4): 71-85. (In Persian with English Summary).
- Kafi, M., Borzoe, A., Salehi, M., Kamandi, A., Masoumi, A., and Nabati, J. 2010. *Physiology of environmental stress in plant*. Ferdowsi University of Mashhad publication, p: 502. (In Persian).
- Kuchenbuch, R., Claassen, N., and Jungk, A. 1986. Potassium availability in relation to soil moisture, *Plant and Soil*, 95(2): 221-231.
- Levitt, J. 1980. *Responses of plants to environmental stress*, Academic Press, New York. 2: 497.
- Mirfakhraei, N., Moghaddam, M., Aharizad, S., and Razbane Haghigi, A. 2009. Evaluation of *Vicia dasycarpa* genotypes under drought stress conditions. *Journal of Sustainable Agriculture and Production Science*, 2(1): 133-141. (In Persian with English Summary).
- Ortas, I. 2010. Effect of mycorrhiza application on plant growth and nutrient uptake in cucumber production under Field conditions. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 8(1): 116-122.
- Ortas, I., Sari, N., Akpinar, C., and Yetisir, H. 2011. Screening mycorrhizae species for plant growth, P and Zn uptake in pepper seedling grown under greenhouse conditions. *Scientia Horticulturae*, 128: 92-98.
- Oweis, T., Hachum, A., and Pala, M. 2004. Lentil production under supplemental irrigation in a Mediterranean environment. *Agricultural Water Management*. 68: 251-265.

- Oweis, T., and Hachum, A. 2006. Water harvesting and supplemental irrigation for improved water productivity of dry farming systems in West Asia and North Africa. *Agricultural Water Management*, 80: 57-73.
- Pirzad, A., Shakiba, M.R., Zehtab-Salmasi, S., Mohammadi, S.A., Darvishzadeh, R., and Samadi, A. 2011. Effect of water stress on leaf relative water content, chlorophyll, proline and soluble carbohydrates in *Matricaria chamomilla* L. *Journal of Medicinal Planst Research*, 5(12): 2483-2488.
- Pirzad, A., Darvishzadeh, R., Bernousi, I., Hassani, A., and Sivritepe, N. 2012. Influence of water deficit on iron and zinc uptake by *Matricaria chamomilla* L. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 72(2): 232-236.
- Rahbari, A., Sinaki, J.M., and Zarei, M. 2015. Effects of Phosphate fertilizer and less irrigation on grain yield of the forage millet. *Journal of Agronomy Sciences*, 5(10): 27-38.
- Rezaeyan Zadeh, E., Parsa, M., Ganjali, A., and Nezami, A. 2011. Responses of yield and yield components of chickpea cultivars (*Cicer arietinum* L.) to supplemental irrigation in different Phenology stages. *Journal of Water and Soil*, 25(5): 1085-1095. (In Persian with English Summary).
- Sajedi, N.A., and Rejali, F. 2011. Effects of water stress, the use of mycorrhizal inoculation on the absorption of micronutrients in corn. *Iranian Journal of Soil Research*, 25(2): 83-92. (In Persian with English Summary).
- Shamsi, K., Kobraee, S., and Haghparast, R. 2010. Drought stress mitigation using supplemental irrigation in rainfed chickpea (*Cicer arietinum* L.) varieties in Kermanshah, Iran. *African Journal of Biotechnology*, 9(27): 4197-4203.
- Siddique, K.H. M., and Sedgley, R.H. 1986. Chickpea (*Cicer arietinum* L.) a potential grain legume for south-western Australia: Seasonal growth and yield. *Australian Journal of Agricultural Reseaech*, 37: 245-261.
- Tadeusz, Z., Agnieszka, K.K., and Rzej, O. 2013. Effect of *Rhizobium* inoculation of seeds and foliilar fertilization on productivity of pisum sativum L. *Acta Agrobotanica*, 66(2) 71-78.
- Turner, N.C. 2003. Adaptation to drought: lessons from studies with chickpea. *Indian Journal of Plant Physiology*, 11-17.
- Wu, Q.S., and Xia, R.X. 2006. Arbuscular mycorrhizal fungi influence growth, osmotic adjustment and photosynthesis of citrus under well-watered and water stress conditions. *Journal of Plant Physiology*, 163: 417-425.

Effect of varying end season rainfall, supplemental irrigation and mycorrhizal symbiosis on the yield and quality (forage and grain) of rain-fed lentil

A. Pirzad^{1*}, M. Mazlomi Mamyandi² and J. Jalilian¹

1. Associate Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Urmia University, Iran. (Corresponding author)
2. PhD student of Agronomy, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Urmia University, Iran.

Received: March 2017 Accepted: March 2018

Extended Abstract

Pirzad, A., Mazlomi Mamyandi, M., Jalilian., Effect of varying end season rainfall, supplemental irrigation and mycorrhizal symbiosis on the yield and quality (forage and grain) of rainfed lentil
Applied Research in Field Crops Vol 30, No. 2, 2017 1-3: 1-12(in Persian)

Introduction :Water scarcity and low atmospheric precipitation are the major challenges faced by crop production in arid and semi-arid regions. Lentil (*Lens culinaris* Medik, Fabaceae family), under rainfed production conditions, is subjected to end-season drought stress. The occurrence of end-season water deficit stress in rainfed system can result in crop failure and yield loss. The quantitative and qualitative yield reductions are more pronounced and unpredictable under varying rainfall situation. Supplemental irrigation is the most effective and efficient way to prevent fluctuations in yield and the achievement of desired lentil production in arid and semi-dry lands. In order to compensate for water deficit-induced damage, the biological methods such as mycorrhizal symbiosis are used as one of the most useful interactions in agricultural ecosystems. The mycorrhizal fungi can improve profitability and nutritional status of host plant due to enhanced water and nutrient (especially P) uptake under irrigated and rainfed conditions (Habibzadeh *et al.*, 2013).

Materials and Methods: The 2-year (2014-2015) factorial experiment was conducted based on randomized complete block design with three replications at West Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research Center. Treatments were rainfall interruption (30 May, 13 June and 27 June), mycorrhizal symbiosis

Email address of the corresponding author: a.pirzad@urmia.ac.ir

(non-mycorrhizal plants and inoculation with *Glomus intraradices*) and irrigation (rainfed and one supplemental irrigation). Lentil (*Lens culinaris* Medik. cv Ziba) seeds were cultivated on March 16-2014 and April 5-2015 with a density of 125 plants per square meter. Supplemental irrigation was carried out on the basis of the rainfall interruption, on 8, 14 and 17 June of the first year, and on 6, 12 and 15 June of the second year (from the beginning up to 50% of podding). The amounts of irrigation water for each of two years were respectively, 400, 465 and 470 m³/ha in 30 May, 13 June and 27 June when rainfalls interrupted. Forage (ash, protein, calcium, potassium and phosphorus) and grain (protein, potassium and phosphorus) quality were respectively determined at podding and seed maturity stage.

Results and Discussion: The results of the two-year combined analysis showed significant interactions of year, rainfall interruption, mycorrhiza and supplemental irrigation on the lentil forage and grain yield (quantity and quality). Significant interaction effects were found among “year×rainfall interruption ×mycorrhiza×supplemental irrigation” on forage protein, “rainfall interruption ×mycorrhiza×supplemental irrigation” on forage calcium and year×mycorrhiza×supplemental irrigation on forage ash. Forage yield was significantly influenced by the year effect (Table 2). Forage quality (phosphorus, calcium and protein) and grain nutrients (phosphorus) of mycorrhizal irrigated lentil plants were improved in comparison with rainfed condition. With the late interruption of rainfall (27 June), lentil grain yield under treatment of *G. intraradices* significantly increased in both rainfed and supplemental irrigation conditions. However, the grain yield was consistently higher when lentil plants received supplemental irrigation as compared to no irrigation (rainfed) where the greatest grain yield (472.96 ha/kg) was obtained from the mycorrhizal lentil involving supplemental irrigation under the conditions that rainfall continued till 27 June, which was 28.72 % higher than the lowest yield, which was associated with the early interruption of rainfall (May 30) and the non-mycorrhizal treatment under rainfed condition. Supplemental irrigation is a managerial factor for yield improvement and stability, which ultimately minimizes the possibility of crop failure under water deficit conditions (Oweis et al., 2004). In both two rainfed and supplemental irrigation conditions, mycorrhizal lentil produced higher forage yield. It is reported that mycorrhiza has positive impact on phosphorus and nitrogen uptake by plant leaf, leading to increased yield in both water stress and non-stress conditions (AL-Karaki et al., 2004). Lentil gave more forage yield (1048.81 kg/ha) in the second year of the experiment than the first year (939.59 kg/ha). It seems that relatively higher qualitative and quantitative yields in both mycorrhizal and non-mycorrhizal lentil in the second year was due to the trial being conducted

in the first year which made it possible to effectively control all the cultivation operations and provide better care for the plant in the second year. The maximum yield and quality in both lentil forage and grain were obtained from irrigated mycorrhizal treatment, indicating a synergistic effect of mycorrhiza and irrigation on the productivity of the legume crop.

Key words: Drought, *Glomus*, *Lens culinaris*, Phosphorus, Protein.

References:

- AL-Karaki, G., McMichael, B., and John, Z. 2004. Field response of wheat to arbuscular mycorrhizal fungi and drought stress. *Mycorrhiza*, 14(4): 263-269.
- Habibzadeh, Y., Jalilian, J., Eivazy, A., Tayeferezaei, H., Zardoshti, M.R., and Pirzad, A. 2013. Effect of arbuscular mycorrhiza on water use efficiency and grain yield of mungbean under water Stress conditions. *Journal of Agronomy*, 100: 38-48. (In Persian with English Summary).
- Oweis, T., Hachum, A., and Pala, M. 2004. Lentil production under supplemental irrigation in a Mediterranean environment. *Agricultural Water Management*. 68: 251-265.