نشریهٔ پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۴ شمارهٔ۲، صفحهٔ۵۰-۳۵، نیمهٔ دوم ۱۳۹۲

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 4, No. 2, 2013, p. 35-50

واکنش خصوصیات فنومورفولوژیک ارقام عدس (*Lens culinaris* Medik.) به آبیاری تکمیلی در شرایط مشهد

فریده‌سادات حسینی[۱]، احمد نظامی[۲*]، مهدی پارسا[۲] و کمال حاج‌محمدنیا قالی‌باف[۴]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
۲ و ۳- اعضای هیئت علمی گروه زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
۴- کارشناس ارشد آموزشی گروه زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۵/۱۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۲/۲۷

چکیده

در مناطق خشک و نیمه‌خشکی مانند ایران، آبیاری تکمیلی عاملی مهم در رشد و نمو عدس می‌باشد. به‌منظور بررسی اثر آبیاری تکمیلی بر خصوصیات فنولوژیک و مورفولوژیک سه رقم عدس (*Lens culinaris* Medik.)، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به‌صورت اسپلیت‌بلوک در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. در این آزمایش، آبیاری تکمیلی (آبیاری در تمام مراحل فنولوژی گیاه، انجام یک‌بار آبیاری در هر کدام از مراحل شاخه‌دهی، گل‌دهی، غلافدهی، پُرشدن دانه‌ها و بدون آبیاری طی فصل رشد) به‌عنوان فاکتور اصلی (کرت نواری)، و سه رقم عدس (رباط، کالپوش و گچساران) به‌عنوان فاکتورهای فرعی درنظرگرفته شدند. نتایج نشان داد انجام یک نوبت آبیاری تکمیلی در هر کدام از مراحل گلدهی، غلافدهی و پُرشدن دانه عدس در مقایسه با آبیاری تکمیلی در مرحله شاخه‌دهی، منجر به افزایش معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) دورهٔ رشد زایشی گیاه شد. آبیاری کامل نیز کل دوره رشد گیاه را حدود ۱۲درصد (بر اساس درجه‌روز) نسبت به تیمار بدون آبیاری افزایش داد. اثر متقابل آبیاری×رقم نیز بر رشد رویشی و کل دوره رشد گیاه، معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود، به‌طوری‌که در رقم رباط، تأخیر در آبیاری تا مرحله پُرشدن دانه سبب کاهش ۹/۵درصدی طول دورهٔ رشد رویشی (بر اساس درجه‌روز) نسبت به شرایط آبیاری کامل شد و در رقم کالپوش، آبیاری در مرحلهٔ غلافدهی، تعداد درجه‌روز رشد را حدود ۹درصد نسبت به تیمار بدون آبیاری افزایش داد. آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی، تعداد شاخه در بوته را به میزان ۱۴درصد نسبت به تیمار آبیاری در مرحله پُرشدن دانه افزایش داد، درحالی‌که آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی سبب افزایش ۳۳درصدی وزن‌خشک شاخه نسبت به تیمار بدون آبیاری شد. همچنین آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی در ارقام رباط، کالپوش و گچساران، وزن‌خشک شاخه را نسبت به تیمار بدون آبیاری به‌ترتیب حدود ۱۷، ۳۱ و ۵۹درصد افزایش داد. اثر متقابل آبیاری×رقم بر طول و وزن‌خشک شاخه و عملکرد دانه در عدس معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود. در رقم گچساران، عدم آبیاری سبب کاهش ۳۰درصدی طول شاخه در گیاه نسبت به تیمار آبیاری کامل شد، در صورتی‌که این کاهش در رقم کالپوش، حدود ۲۱درصد بود. همچنین آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی طول شاخه را در ارقام رباط، کالپوش و گچساران به‌ترتیب ۱۸، ۲۳ و ۲۷درصد نسبت به تیمار آبیاری تکمیلی در مرحلهٔ پُرشدن دانه افزایش داد. همبستگی مثبت و معنی‌داری بین دورهٔ رشد رویشی و زایشی با طول ساقه (به‌ترتیب $r=$۰/۲۶* و $r=$۰/۳۴**) و دورهٔ رشد زایشی با طول شاخه ($r=$۰/۳۰*)، وزن‌خشک ساقه و شاخه (به‌ترتیب $r=$۰/۳۷** و $r=$۰/۴۱**) و عملکرد دانه ($r=$۰/۳۴**) مشاهده شد. همچنین بین عملکرد دانه با طول ساقه ($r=$۰/۳۲*)، تعداد و طول شاخه (به‌ترتیب $r=$۰/۴۴** و $r=$۰/۵۳**) و وزن‌خشک ساقه و شاخه (به‌ترتیب $r=$۰/۴۲** و $r=$۰/۳۶**) همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت. به‌نظر می‌رسد انجام یک نوبت آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی در بهبود خصوصیات رشدی و عملکرد عدس، مؤثرتر بوده است.

واژه‌های کلیدی: رشد رویشی، رشد زایشی، طول ساقه، عملکرد دانه، غلافدهی

مقدمه

عدس پس از سویا از نظر پروتئین، مقام دوم را در بین حبوبات دارا بوده و منبعی بسیار عالی جهت تأمین پروتئین و اسیدهای‌آمینه برای مردم کشورهای درحال‌توسعه است (Erskine *et al.*, 1993). این گیاه با توانایی رشد در شرایط محیطی نامناسب و خاک‌های فقیر و همچنین همزیستی با باکتری‌های تثبیت‌کنندهٔ نیتروژن، در حاصلخیزی خاک، بسیار مؤثر می‌باشد و به‌همین دلیل در تناوب با گیاهان زراعی به‌ویژه با غلات در دیم‌زارها، نقش به‌سزایی دارد (Saxena, 1993;

*نویسنده مسئول: دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده کشاورزی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، تلفن: ۲۰-۰۵۱۳۸۷۹۵۶۱۵، دور نگار: ۳۸۷۸۷۴۳۰، همراه: ۰۹۱۵۳۱۶۳۳۴۸، nezami@um.ac.ir

(Parsa *et al.*, 2008). عدس با سطح زیرکشت حدود ۲۲۶هزارهکتار در ایران و متوسط عملکرد ۵۰۲کیلوگرم در هکتار، تولیدی معادل ۱۱۳هزارتُن دارد (FAO, 2006). عملکرد پایین این گیاه، به‌دلیل کشت ارقام کم‌تولید و اثر تنش‌های محیطی می‌باشد (Ashraf *et al.*, 1990). یکی از عمده‌ترین مشکلات تولید عدس در مناطق خشک و نیمه‌خشک، کمبود آب و نزولات جوّی است. این گیاه در کشت بهاره در اواخر مراحل رویشی و زایشی در معرض تنش‌های خشکی و گرما به‌طور همزمان قرار می‌گیرد و عملکرد آن کاهش می‌یابد (Oweis *et al.*, 2004; Silim *et al.*, 1991).

آبیاری تکمیلی، یکی از راه‌های مؤثر و کارآمد برای جلوگیری از نوسان عملکرد و دستیابی به تولید پایدار عدس در مناطق خشک و نیمه‌خشک است و لذا از این طریق اثرات تنش خشکی به گیاه تخفیف می‌یابد (Oweis *et al.*, 2004). آبیاری تکمیلی، تلفیقی از حداکثر استفاده مطلوب از نزولات جوی و ذخایر آبی بسیار محدود یک منطقه در تأمین رطوبت در زمان مناسب برای گیاه می‌باشد (Oweis *et al.*, 2006). در اغلب نواحی کشت حبوبات به‌ویژه استان خراسان رضوی، توزیع بارندگی پراکنده است و به‌نظر می‌رسد که با انجام آبیاری تکمیلی به‌ویژه در مراحل حساس رشدی گیاه، می‌توان کمبود رطوبت خاک را (که به‌دلیل عدم ریزش به‌موقع نزولات جوی یا بروز ناگهانی دوره خشکی ایجاد می‌شود) در حد نسبتاً مناسب جبران نمود و میزان تولید را بهبود بخشید (Rezaeyan zade, 2008; Bayati, 2001).

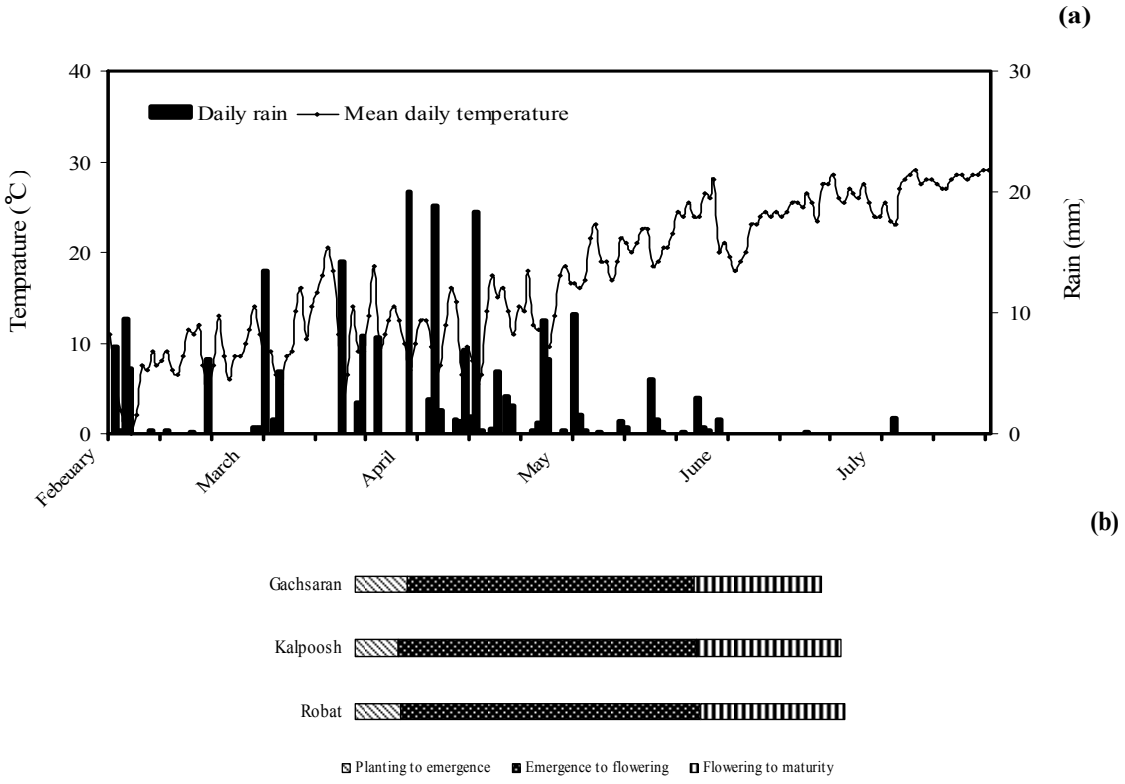
تنش خشکی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل کاهش عملکرد در حبوبات نیز ذکر شده است و شدت اثر این تنش، هنگامی افزایش می‌یابد که پیری برگ‌ها بر اثر تنش خشکی آغاز شده و غلاف‌ها ریزش پیدا کنند (Siddique *et al.*, 1986). در شرایط تنش، همچنین سرعت نموّ حبوبات افزایش یافته و لذا طول دورۀ رشد در گیاهی مانند نخود خصوصاً در دماهای بالا (۱۶ تا ۲۶درجه سانتی‌گراد) کاهش می‌یابد (Duarte *et al.*, 1999). محققین با انجام آزمایشی بر روی سویا نشان دادند که آبیاری در مرحله گلدهی، شروع تشکیل غلاف و غلاف‌دهی کامل سبب بهبود بیشتر ارتفاع گیاه نسبت به آبیاری در مرحله تشکیل دانه، دانه‌بندی کامل و شروع رسیدگی شد (Kadhem *et al.*, 1995). کاهش آب قابل‌دسترس گیاه خصوصاً در ابتدای مرحلۀ گلدهی، سرعت رشد اندام‌های هوایی را کاهش داده و سبب کوتاه‌شدن طول دورۀ رشد زایشی و کاهش ارتفاع بوته شد، به‌طوری‌که آبیاری تکمیلی در ۵۰درصد گلدهی بر افزایش ارتفاع و تعداد شاخه‌های نخود تأثیر مثبت داشته است (Yousefi *et al.*, 1997) و لذا آبیاری تکمیلی در مرحله بحرانی رشد گیاه می‌تواند از شدت خسارت تنش بکاهد و عملکرد را بهبود بخشد (Ney *et al.*, 1994). در بررسی بر روی گیاه نخود در شرایط آب و هوایی مشهد مشخص شد که در بین مراحل فنولوژی این گیاه، مرحله گلدهی حساس‌ترین مرحله به کمبود آب است (Rezaeyan zade, 2008). در عدس نیز مراحل گیاهچه‌ای و گلدهی بیشترین حساسیت را به فراهمی آب و تنش خشکی داشته‌اند (Salehi *et al.*, 2006).

در یک بررسی، عملکرد دانه و زیست‌تودۀ عدس با انجام آبیاری تکمیلی افزایش یافت، به‌طوری‌که کاربرد آبیاری تکمیلی به میزان دوسوم آبیاری کامل، بالاترین عملکرد دانه و زیست‌توده را تحت تیمارهای آبیاری تکمیلی داشت (Oweis *et al.*, 2004). نتایج بررسی دیگری همچنین نشان داد انجام دو مرحله آبیاری تکمیلی، یکی قبل از گلدهی و دیگری در مرحله پُرشدن دانه، به‌طور متوسط عملکرد عدس را تا ۲۰درصد نسبت به کشت دیم افزایش داد (Hamdi *et al.*, 1992). اما درصورت محدودیت آب، یک‌بار آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی عدس در افزایش عملکرد دانه تأثیر به‌سزایی داشته است (Zhang *et al.*, 2000; Bayati, 2001). در بررسی خصوصیات فنولوژیک و مورفولوژیک نخود، ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر مراحل فنولوژی (کاشت تا سبزشدن، سبزشدن تا گلدهی، گلدهی تا رسیدگی) و خصوصیاتی نظیر ارتفاع گیاه، تعداد و طول شاخه‌ها، با یکدیگر تفاوت معنی‌داری داشتند (Nezami *et al.*, 2005). با توجه به بررسی‌های فوق، آبیاری تکمیلی به‌منظور رفع تنش در مراحل بحرانی رشد گیاه تأثیر زیادی بر بهبود رشد رویشی، رشد زایشی و همچنین خصوصیات مورفولوژیک گیاه داشته است، بنابراین، آزمایش حاضر با هدف بررسی تأثیر آبیاری تکمیلی در هر کدام از مراحل فنولوژیک بر ویژگی‌های فنولوژیک و مورفولوژیک سه رقم عدس طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی مشهد (۱۰کیلومتری شرق مشهد با عرض جغرافیایی۳۶درجه و۱۶دقیقه شمالی و طول جغرافیایی۵۹درجه و۳۶دقیقه شرقی و ارتفاع ۹۸۵متری از سطح دریا و متوسط بارندگی سالانه۲۸۶میلی‌متر، حداکثر و حداقل دمای مطلق سالانه برابر ۴۳ و ۲۷/۸-درجه سانتی‌گراد و نوع خاک سیلتی‌لوم) به‌صورت اسپلیت‌بلوک در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد که در آن سطوح آبیاری شامل آبیاری کامل (در تمام مراحل فنولوژیک گیاه)، انجام یک‌نوبت آبیاری در هر کدام از مراحل شاخه‌دهی،

گلدهی، غلافدهی، پُرشدن دانه‌ها و نیز تیمار بدون آبیاری طی فصل رشد به‌عنوان عامل اصلی و ارقام عدس شامل رباط، کالپوش و گچساران به‌عنوان عامل فرعی درنظرگرفته شدند. عملیات آماده سازی زمین شامل تسطیح و تهیه بستر بذر در نیمهٔ اول اسفندماه انجام شد. کود فسفات آمونیوم به‌میزان ۱۰۰کیلوگرم در هکتار و کود اوره به‌میزان ۲۰کیلوگرم در هکتار به‌صورت قبل از کاشت به زمین داده شد. ابعاد کرت‌های آزمایشی ۵×۳/۷۵ متر و هر کرت دارای ۱۰ردیف کشت با فاصله ردیف‌های ۳۷/۵سانتی‌متر بود. بذور عدس در عمق دو تا سه‌سانتی‌متری خاک و با تراکم ۲۰۰بوته در مترمربع در نیمهٔ دوم اسفندماه کشت شدند. به‌منظور جلوگیری از آلودگی‌های قارچی و بیماری‌زای خاک، بذرها قبل از کاشت با استفاده از سم بنومیل به نسبت دو در هزار ضدعفونی شدند. در همهٔ تیمارها یک‌نوبت آبیاری پس از کاشت جهت اطمینان از سبز یکنواخت بذور، انجام شد و پس از آن، آبیاری‌های بعدی با توجه به تیمارهای آزمایش زمانی که حداقل ۵۰درصد از بوته‌ها به مرحله رشدی مورد نظر رسیدند، اعمال گردید. مبارزه با علف‌های‌هرز به‌صورت وجین دستی انجام شد. جهت مبارزه با آفت شته سیاه باقلا (*Aphis fabae* Scop.)، یک مرحله سمپاشی با استفاده از سم متاسیستوکس به نسبت یک در هزار و برای مبارزه با پیله‌خوار نخود، هلیوتیس (*Heliothis* spp.) در مرحله پُرشدن دانه نیز یک مرحله سمپاشی با سم دیازینون با غلظت یک در هزار انجام گرفت. در طول فصل رشد، زمان وقوع هر یک از مراحل فنولوژی شامل سبزشدن، سبزشدن تا گلدهی (دوره رشد رویشی) و گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک (دوره رشد زایشی) بر اساس وقوع هر مرحله در ۵۰درصد از گیاهان (IBPGR, 1985) در طول یک متر از دو ردیف وسط هر کرت، پس از درنظرگرفتن ۵۰سانتی‌متر حاشیه از ابتدای هر کرت، مشخص و ثبت گردید.



شکل ۱- (الف) درجه‌حرارت متوسط و بارندگی روزانه طی دوره کاشت تا رسیدگی عدس بهاره و (ب) طول مراحل رشدی آن در شرایط مشهد طی سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷

Fig 1. (a): Mean daily temperature and daily rainfall from planting to maturity in spring lentil; (b): growth stages duration of lentil in Mashhad conditions, 2008-2009

به‌منظور بررسی خصوصیات مورفولوژیک گیاه، در پایان فصل رشد، تعداد ۱۰بوته به‌طور تصادفی از هر کرت برداشت و صفاتی از قبیل ارتفاع بوته، طول شاخه، تعداد شاخه، وزن‌خشک ساقه و وزن‌خشک شاخه اندازه‌گیری شد. برای

محاسبۀ درجه‌روز رشد (GDD)[1] با استفاده از آمار هواشناسی در سال مذکور و دمای پایه (T_b) معادل ۵درجه سانتی‌گراد (Aase *et al*., 1996) از معادلۀ ۱ استفاده شد.

معادله ۱: $$GDD = \sum \left[\frac{(T_{max} + T_{min})}{2} - T_b \right]$$

در این معادله T_{min} و T_{max}، به‌ترتیب حداقل و حداکثر دمای روزانه بر حسب درجۀ سانتی‌گراد در سال مذکور می‌باشد.

با توجه به این‌که تراکم نهایی نسبت به تراکم اولیه دچار تغییر شده بود، کلیه داده‌ها در معرض آنالیز کواریانس قرار گرفت و تراکم نهایی به‌عنوان کوواریت در مدل آماری تعریف گردید. تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C و مقایسۀ میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵درصد انجام شد.

نتایج و بحث

کاشت تا سبزشدن: بر اساس نتایج، تفاوت معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۵) بین ارقام عدس از نظر روزهای کاشت تا سبزشدن وجود داشت (جدول ۱). رقم گچساران بیشترین و رقم کالپوش کمترین تعداد روزهای کاشت تا سبزشدن را داشتند (جدول۳).

در بررسی روی ۸۱ژنوتیپ نخود در شرایط آبیاری تکمیلی در کشت پاییزه نیز مشخص شد که بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر تعداد روزهای کاشت تا سبزشدن تفاوت معنی‌داری وجود داشت، به‌طوری‌که میزان این صفت از حداقل ۹ تا حداکثر ۴۳ روز متغیر بود (Zaferanieh *et al*., 2010).

دورۀ رشد رویشی: آبیاری تکمیلی تأثیر معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۵) بر دورۀ رشد رویشی گیاه عدس نداشت (جدول ۱). در سال زراعی مورد بررسی میزان نزولات جوی حدود ۲۶۱میلی‌متر بود که حدود ۶۱درصد آن در طول فصل رشد گیاه زراعی و بخش عمده‌ای از آن نیز در دوره رشد رویشی نازل شد (شکل ۱) و لذا احتمالاً بهبود وضعیت بارندگی در این دورۀ رشدی باعث شده است که آبیاری تکمیلی تأثیری بر آن نداشته باشد. ارقام عدس از نظر طول دوره رشد رویشی اختلاف معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۵) داشتند (جدول ۱)، به‌طوری‌که رقم گچساران در مقایسه با ارقام رباط و کالپوش، زودتر وارد مرحله زایشی شد و رقم رباط بیشترین طول دوره رشد رویشی را داشت (جدول ۳). اثر متقابل آبیاری×رقم نیز بر تعداد روز و درجه‌روز رشد از سبزشدن تا گلدهی، معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود (جدول ۱). در رقم رباط، تأخیر در آبیاری تا مرحله پُرشدن دانه سبب کاهش ۹/۵درصدی طول دورۀ رشد رویشی (بر اساس درجه‌روز رشد) نسبت به شرایط آبیاری کامل شد، در حالی‌که در رقم گچساران و کالپوش تأخیر در آبیاری تا مرحله مذکور، تأثیر چندانی بر این دوره رشدی نداشت (جدول ۳).

بین کاشت تا سبزشدن با دورۀ رشد رویشی همبستگی منفی و معنی‌داری ($r= -۰/۶۵^{**}$ و $r= -۰/۳۴^{**}$ به‌ترتیب بر اساس تعداد روز و درجه‌روز) مشاهده شد (جدول ۷). در بررسی اثر تاریخ کاشت پاییزه بر ژنوتیپ‌های متحمل به سرمای عدس نیز بین دو صفت مذکور، همبستگی منفی و معنی‌داری ($r= -۰/۴۱^{**}$) گزارش شده است (Khamadi *et al*., 2008). لذا به‌نظر می‌رسد که تسریع در سبزشدن بذور عدس، افزایش طول دوره رویشی را در پی داشته باشد.

دورۀ رشد زایشی: تأثیر سطوح مختلف آبیاری بر دورۀ رشد زایشی عدس و درجه‌روز رشد از گلدهی تا رسیدگی معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود (جدول ۱). بیشترین دورۀ زایشی در تیمار آبیاری کامل و کمترین آن در تیمار بدون آبیاری مشاهده شد. انجام یک نوبت آبیاری تکمیلی در مراحل گلدهی، غلافدهی و پُرشدن دانه به‌ترتیب منجر به افزایش ۱۶، ۱۵ و ۱۳درصدی طول این دوره نسبت به شرایط بدون آبیاری شد، درصورتی‌که تفاوت چندانی از نظر طول دورۀ رشد زایشی بین تیمار آبیاری تکمیلی در مرحله شاخه‌دهی با تیمار بدون آبیاری مشاهده نشد (جدول ۳). بین دوره‌رشد زایشی با دورۀ کاشت تا سبزشدن، همبستگی منفی و معنی‌داری ($r= -۰/۳۵^{**}$ و $r= -۰/۳۸^{**}$ به‌ترتیب بر اساس تعداد روز و درجه‌روز) وجود داشت، در حالی‌که هیچ‌گونه همبستگی بین دورۀ رشد رویشی و زایشی مشاهده نشد (جدول ۷).

بررسی‌ها نشان داده است که طول دورۀ گلدهی تا رسیدگی در نخود با آبیاری افزایش یافت (Tuba Bicer *et al*., 2004) ضمن این‌که با افزایش دورۀ رشد زایشی، گیاه فرصت بیشتری برای انتقال مواد فتوسنتزی به دانه داشته و نهایتاً عملکرد بهبود می‌یابد (Oweis *et al*., 2004). در همین راستا، افزایش سرعت رشد محصول در مرحله پُرشدن دانه و بهبود دوام بافت‌های سبز گیاه در طی این مرحله نیز منجر به بهبود رشد و اندازه (وزن) دانه شده است (Mohammadi *et al*., 2006). درحالی‌که بروز شرایط خشکی با وقوع همزمان دماهای بالا در انتهای فصل رشد خصوصاً در مرحله گلدهی، سبب کاهش دوره رشد زایشی می‌گردد (Zaferanie *et al*., 2010)، در سایر بررسی‌ها نیز مشاهده شده است که کاهش میزان آب قابل‌دسترس به‌خصوص در ابتدای مرحلۀ زایشی گیاه، سبب کوتاه‌شدن این دوره شد (Korte *et al*., 1993) و به‌دنبال آن، تعداد غلاف و عملکرد، کاهش یافته است (جدول۳).

[1] Growing degree days (GDD)

کاشت تا برداشت: تعداد روز و درجه‌روز رشد از کاشت تا برداشت عدس به‌طور معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۱) تحت تأثیر سطوح آبیاری قرار گرفت (جدول ۱). تیمار آبیاری کامل و بدون آبیاری، به‌ترتیب دارای بیشترین و کمترین تعداد روز و درجه‌روز رشد از کاشت تا برداشت بودند، به‌طوری که آبیاری کامل، دوره رشد گیاه را حدود ۱۲درصد (بر اساس درجه‌روز) افزایش داد (جدول ۳). تفاوت طول دورهٔ رشد ارقام عدس معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۵) بود (جدول ۱) و رقم رباط از رقم گچساران حدود پنج روز (معادل ۹۷درجه‌روز) دیرتر وارد مرحلهٔ رسیدگی شد (جدول ۳). اثر متقابل آبیاری×رقم بر کل دورهٔ رشد گیاه هر چند از نظر تعداد روز معنی‌دار نبود ولی از نظر تعداد درجه‌روز رشد معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) شد (جدول ۱). با وجود این که در هر سه رقم، آبیاری کامل تعداد درجه‌روزهای رشد را به میزان حدود ۱۲درصد نسبت به تیمار بدون آبیاری افزایش داد ولی آبیاری در مرحلهٔ غلاف‌دهی تعداد درجه‌روز رشد را در رقم کالپوش حدود ۹درصد نسبت به تیمار بدون آبیاری افزایش داد درصورتی‌که این افزایش در رقم گچساران، حدود ۲درصد بود (جدول ۴).

بین کل دورهٔ رشد گیاه با کاشت تا سبزشدن، همبستگی منفی و معنی‌دار ($r=-۰/۳۶^{**}$) و با دورهٔ رشد رویشی ($r=۰/۵۴^{**}$ و $r=۰/۵۶^{**}$ به‌ترتیب بر اساس تعداد روز و درجه‌روز)، دورهٔ رشد زایشی ($r=۰/۸۰^{**}$ و $r=۰/۷۷^{**}$ به‌ترتیب بر اساس تعداد روز و درجه‌روز) و عملکرد ($r=۰/۲۶^{*}$ و $r=۰/۲۷^{*}$ به‌ترتیب بر اساس تعداد روز و درجه‌روز) همبستگی مثبت و معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۷). در مجموع، به‌نظر می‌رسد در شرایط مطالعهٔ حاضر، هرچند بهبود هر دو دورهٔ رشد رویشی و زایشی نقش مهمی در افزایش کل دورهٔ رشد گیاه داشته‌اند، ولی تأثیر افزایش دورهٔ زایشی محسوس‌تر می‌باشد. نتایج نشان داده که افزایش طول دوره رشد و دوام بافت‌های سبز گیاه و به‌ویژه افزایش دوره رشد زایشی سبب می‌شود که گیاه فرصت بیشتری برای انتقال مواد فتوسنتزی به دانه داشته باشد و نهایتاً سبب بهبود عملکرد گردد (Oweis *et al.*, 2004).

طول و وزن‌خشک ساقه: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر آبیاری تکمیلی بر طول ساقه عدس معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۵) بود (جدول ۲). گیاهان تیمار آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی پس از آبیاری کامل، بیشترین طول ساقه را داشتند و کوتاه‌ترین طول ساقه نیز تحت شرایط بدون آبیاری به‌دست آمد. آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی نیز سبب افزایش ۱۲درصدی طول ساقه عدس نسبت به تیمار بدون آبیاری شد (جدول ۵). ارقام عدس از نظر طول ساقه، تفاوت معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۱) داشتند (جدول ۲)، به‌طوری‌که ارقام کالپوش و رباط بیشترین و رقم گچساران، کمترین طول ساقه را داشتند (جدول ۵). بین طول ساقه با دورهٔ رشد رویشی ($r=۰/۲۶^{*}$)، دورهٔ رشد زایشی ($r=۰/۳۴^{**}$ و $r=۰/۴۰^{**}$ به‌ترتیب بر اساس تعداد روز و درجه‌روز) و کل دورهٔ رشد گیاه ($r=۰/۴۵^{**}$ و $r=۰/۴۶^{**}$ به‌ترتیب بر اساس تعداد روز و درجه‌روز) همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت (جدول ۷). تأثیر سطوح مختلف آبیاری بر وزن خشک ساقه عدس نیز معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود (جدول ۲) و بیشترین و کمترین وزن‌خشک ساقه به‌ترتیب در تیمار آبیاری کامل و تیمار بدون آبیاری مشاهده شد. در بین تیمارهای آبیاری تکمیلی نیز آبیاری در مرحله گلدهی و آبیاری در مرحله پُرشدن دانه به‌ترتیب بیشترین و کمترین وزن‌خشک ساقه عدس را تولید کردند (جدول ۵). در این آزمایش بین وزن‌خشک ساقه با دورهٔ رشد زایشی ($r=۰/۳۷^{**}$ و $r=۰/۴۱^{**}$ به‌ترتیب بر اساس تعداد روز و درجه‌روز) و کل دورهٔ رشد گیاه ($r=۰/۴۳^{**}$)، ارتفاع بوته ($r=۰/۴۲^{**}$)، تعداد شاخه در بوته ($r=۰/۳۹^{**}$) و مجموع طول شاخه در بوته ($r=۰/۶۸^{**}$) همبستگی مثبت و معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۷). بنابراین انجام آبیاری در عدس، موجب بهبود رشد گیاه، طول و وزن‌خشک ساقه عدس شده است. در بررسی بر روی سویا مشخص شد که آبیاری در مرحله گلدهی و تولید غلاف در مقایسه با آبیاری در مرحله تشکیل دانه، تأثیر بیشتری بر ارتفاع گیاه داشته است (Kadhem *et al.*, 1995). نتایج برخی بررسی‌ها نیز نشان داده است که کمبود آب سبب کاهش تعداد و اندازه برگ‌ها و همچنین کاهش ارتفاع و زیست‌توده گیاه شده است (Pagter *et al.*, 2005). در آزمایشی بر روی نخود با سه تیمار آبیاری (بدون آبیاری، آبیاری در ۵۰درصد گلدهی و غلافدهی)، ارتفاع بوته تحت تأثیر آبیاری تکمیلی قرار گرفت، به‌طوری‌که آبیاری در مرحله غلافدهی سبب افزایش ارتفاع بوته در گیاه نسبت به سایر تیمارهای آبیاری شد، در حقیقت کمبود آب در هر کدام از مراحل رویشی و زایشی ارتفاع گیاه را کاهش می‌دهد (Shamsi *et al.*, 2010).

تعداد شاخه در بوته: تأثیر سطوح آبیاری بر تعداد شاخه در بوته معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود (جدول ۲) و تیمار آبیاری کامل، بیشترین تعداد شاخه در بوته را تولید کرد. در بین تیمارهای آبیاری تکمیلی نیز آبیاری در مرحله گلدهی بیشترین تعداد شاخه را داشت، به‌طوری‌که تعداد شاخه در بوته در تیمار مذکور به میزان ۱۴درصد نسبت به تیمار آبیاری در مرحله پُرشدن دانه افزایش داشت (جدول ۵). همبستگی مثبت و معنی‌داری بین مجموع تعداد شاخه در بوته با ارتفاع بوته

(r=۰/۳۳*) مشاهده شد (جدول ۷). در سایر بررسی‌ها بر روی گیاه نخود نیز مشخص شده است که تیمار آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی، بیشترین تعداد شاخه (Yousefi *et al*., 1997) و آبیاری در مرحله پُرشدن دانه کمترین تعداد شاخه در نخود را تولید کرده است (Rezaiyan zade, 2008). نتایج همچنین نشان داده است که آبیاری تکمیلی در زمان گلدهی و پُرشدن غلاف‌های نخود به‌دلیل تأثیر مثبت بر تعداد شاخه‌های فرعی و ارتفاع بوته، در افزایش عملکرد بیولوژیک این گیاه مؤثر بوده است (Ozgun *et al*., 2004; Shamsi *et al*., 2010, Tuba Bicer *et al*., 2004; Ullah *et al*., 2002; Zang *et al*., 2000) ضمن این‌که تعداد شاخه در عدس نیز به‌عنوان یک صفت مؤثر در بهبود عملکرد دانه مطرح می‌باشد (Salehi *et al*., 2007).

مجموع طول شاخه در بوته: آبیاری تکمیلی بر طول شاخه عدس تأثیری معنی‌دار (p≤۰/۰۱) داشت (جدول ۲) و حداکثر طول شاخه در تیمار آبیاری کامل مشاهده شد و در بین تیمارهای آبیاری تکمیلی، آبیاری در مرحله گلدهی بیشترین طول شاخه را تولید کرد و آبیاری در مرحله تشکیل دانه، تأثیر چندانی بر طول شاخه نداشت (جدول ۵). اثر متقابل آبیاری×رقم بر طول شاخه نیز معنی‌دار (p≤۰/۰۱) بود (جدول ۲). با وجود این‌که تأخیر در آبیاری تکمیلی و یا عدم آبیاری سبب کاهش طول شاخه در تمام ارقام مورد مطالعه شد، ولی این کاهش بسته به رقم متفاوت بود، به‌طوری‌که در رقم گچساران، عدم آبیاری سبب کاهش ۳۰درصدی طول شاخه در گیاه نسبت به تیمار آبیاری کامل شد، درصورتی‌که این کاهش در رقم کالپوش حدود ۲۱درصد بود. همچنین، آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی طول شاخه را در ارقام رباط، کالپوش و گچساران به‌ترتیب ۱۸، ۲۳ و ۲۷درصد نسبت به تیمار آبیاری تکمیلی در مرحلۀ تشکیل دانه افزایش داد (جدول ۶). از آنجا که دو رقم رباط و کالپوش از جمله ارقامی هستند که برای سالیان متمادی در شرایط کشت متکی به باران (دیم) کشت شده‌اند، لذا واکنش کمتری به آبیاری نسبت به رقم گچساران (که اخیراً آزاد شده است) نشان داده‌اند. بین مجموع طول شاخه‌ها در بوته با دورۀ رشد زایشی (r=۰/۳۰* و r=۰/۳۸**) به‌ترتیب بر اساس تعداد روز و درجه‌روز) و کل دورۀ رشد گیاه (r=۰/۴۴** و r=۰/۴۷**) به‌ترتیب بر اساس تعداد روز و درجه‌روز)، ارتفاع بوته (r=۰/۵۹**) و تعداد شاخه (r=۰/۶۶**)، همبستگی مثبت و معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۷). در بررسی دیگری بر روی عدس نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری بین طول شاخه در بوته با تعداد روزهای گلدهی تا رسیدگی (r=۰/۴۹**) و ارتفاع بوته (r=۰/۵۵**) گزارش شده است (Khamadi *et al*., 2008).

وزن‌خشک شاخه: تأثیر سطوح آبیاری بر وزن‌خشک شاخه در گیاه عدس معنی‌دار (p≤۰/۰۱) بود (جدول ۲) و تیمار آبیاری کامل بیشترین وزن‌خشک شاخه را داشت و آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی با افزایش ۳۳درصدی وزن‌خشک شاخه نسبت به تیمار بدون آبیاری، بالاترین میزان وزن‌خشک شاخه را پس از تیمار آبیاری کامل تولید کرد. آبیاری تکمیلی در مراحل شاخه‌دهی، غلافدهی و پُرشدن دانه نیز وزن خشک شاخه را به ترتیب معادل ۲۳، ۱۵ و ۸درصد نسبت به تیمار شاهد بدون آبیاری افزایش داد (جدول ۵). ارقام عدس از نظر وزن‌خشک شاخه تفاوت معنی‌داری (p≤۰/۰۱) داشتند (جدول ۲) و بیشترین و کمترین وزن‌خشک شاخه به‌ترتیب مربوط به رقم رباط و کالپوش بود (جدول ۵). اثر متقابل آبیاری×رقم بر وزن‌خشک شاخه نیز معنی‌دار (p≤۰/۰۱) بود (جدول ۲). باوجود این‌که پس از آبیاری کامل، هر سه رقم در تیمار آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی بیشترین وزن‌خشک شاخه را تولید کردند، ولی واکنش ارقام در تولید وزن‌خشک شاخه متفاوت بود، به‌طوری‌که آبیاری تکمیلی در مرحله مذکور (گلدهی) در ارقام رباط، کالپوش و گچساران به‌ترتیب ۱۷، ۳۱ و ۵۹درصد وزن‌خشک شاخه را نسبت به تیمار بدون آبیاری افزایش داد (جدول ۶). بین وزن‌خشک شاخه با درجه‌روز دورۀ رشد رویشی (r=۰/۲۹*)، دورۀ رشد زایشی (r=۰/۴۱** و r=۰/۴۸**) به‌ترتیب بر اساس تعداد روز و درجه‌روز) و کل دورۀ رشد گیاه (r=۰/۵۸**)، ارتفاع بوته (r=۰/۶۱**)، تعداد شاخه در بوته (r=۰/۵۱**) و مجموع طول شاخه در بوته (r=۰/۸۳**) و وزن‌خشک ساقه (r=۰/۷۱**) نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۷). بین عملکرد دانه با دورۀ رشد رویشی و زایشی و همچنین خصوصیات مورفولوژیک عدس نیز همبستگی خوبی مشاهده شد (جدول ۷) و لذا به‌نظر می‌رسد که آبیاری تکمیلی از طریق بهبود این صفات منجر به افزایش عملکرد شده است.

در کشت بهاره عدس گیاهان در مراحل انتهایی رشد با تنش خشکی همراه با درجه‌حرارت‌های بالا مواجه می‌شوند و این موضوع سبب کاهش رشد و تولید گیاه خواهد شد و لذا جهت تخفیف اثرات تنش بر رشد گیاه، آبیاری تکمیلی در طی این مراحل مفید می‌باشد.

جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تعداد روز و درجه‌روز رشد تا مراحل فنولوژیک عدس در شرایط مشهد، ۸۸-۱۳۸۷

Table 1. Analysis of variance (mean squares) of days and growth degree days of phenological stages of lentil in Mashhad conditions, 2008-2009

منابع تغییر S.O.V		درجه آزادی df	میانگین مربعات تعداد روز (Mean squares of days)				میانگین مربعات درجه روز رشد (Mean squares of Growth Degree Day)			
			کاشت تا سبزشدن Planting to emergence	سبزشدن تا گلدهی Emergence to flowering	گلدهی تا رسیدگی Flowering to maturity	کاشت تا برداشت Planting to harvesting	کاشت تا سبزشدن Planting to emergence	سبزشدن تا گلدهی Emergence to flowering	گلدهی تا رسیدگی Flowering to maturity	کاشت تا برداشت Planting to harvesting
بلوک	Block	2	15.25 **	56.58 **	4.00 ns	10.30 ns	553.35 **	5500.95 *	717.45 ns	3804.67 ns
آبیاری	Irrigation	5	1.33 ns	6.12 ns	25.96 **	29.15 **	63.85 ns	1712.67 ns	10695.35 **	12652.42**
خطا	Error	10	1.16	4.82	1.51	3.40	44.58	1076.35	579.06	1789.53
رقم	Cultivar	2	14.60 *	32.28 *	70.81 ns	111.70*	512.96 *	2916.83 ns	32270.01 ns	45400.23*
خطا	Error	4	2.21	3.85	20.75	8.81	62.37	1474.43	7176.34	4033.87
آبیاری× رقم	Irrigation × Cultivar	10	1.15 ns	5.89 **	2.09 ns	2.10 ns	46.53 ns	1004.50 **	581.25 ns	1301.58**
کواریت	Covariate	1	2.80	0.55	2.99	7.06	70.96	1.91	776.36	2109.81
خطا	Error	19	1.01	0.79	3.14	1.58	44.33	110.17	710.46	247.54
کل	Total	53								

ns، * و ** به ترتیب عدم معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال پنج درصد و یک درصد.

ns, *, **, Non significant and significant at the 0.05 and 0.01 probability level, respectively.

در آزمایش حاضر که با هدف بررسی مراحل حساس رشدی عدس به تنش خشکی و تأثیر آبیاری تکمیلی بر خصوصیات فنولوژیک و مورفولوژیک ارقام عدس اجرا شد، آبیاری تکمیلی سبب بهبود اغلب خصوصیات فنولوژیک و صفات مورفولوژیک گیاه عدس شد، با وجود این، آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی بیشترین تأثیر را داشت و پس از آبیاری کامل در تمام دورهٔ رشد گیاه، آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی بالاترین عملکرد را تولید کرد.

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مورفولوژیک و عملکرد عدس در شرایط مشهد طی سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷

Table 2. Analysis of variance (mean squares) of morphological traits and yield of lentil in Mashhad conditions, 2008-2009

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی Df	طول ساقه Stem length	تعداد شاخه در بوته Number of branches per plant	مجموع طول شاخه در بوته Branches length per plant	وزن خشک ساقه Stem dry weight	وزن خشک شاخه Branches dry weight	عملکرد Yield
بلوک Block	2	5.88 ns	0.68 *	46.28 ns	1250.89 ns	6262.48 ns	61.47 ns
آبیاری Irrigation	5	23.86 *	0.70 **	1483.39 **	5097.88 **	140212.27 **	288452.18 **
خطا Error	10	12.88	0.14	51.05	579.85	5983.52	858.69
رقم Cultivar	2	27.91 **	0.06 ns	62.27 ns	1619.04 ns	100238.50**	133391.13 **
خطا Error	4	1.78	0.18	28.58	632.13	5910.47	42.67
آبیاری× رقم Irrigation × Cultivar	10	6.23 ns	0.06 ns	38.36 **	784.01 ns	9778.58 **	4685.04 **
کوواریت Covariate	1	3.56	0.31	14.44	284.65	997.44	733.80
خطا Error	19	3.63	0.09	10.36	392.02	692.83	422.16
کل Total	53						

ns، * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال پنج‌درصد و یک‌درصد.

ns, *, **: Non significant and significant at the 0.05 and 0.01 probability level, respectively.

جدول ۳- اثر آبیاری و رقم بر مراحل فنولوژیک عدس در شرایط مشهد، ۸۸-۱۳۸۷

Table 3. Effects of irrigation and cultivar on phenological stages of lentil in Mashhad conditions, 2008-2009

تیمار treatment		تعداد روز (day)				درجه روز رشد (GDD)			
		کاشت تا سبزشدن Planting to emergence	سبزشدن تا گلدهی Emergence to flowering	گلدهی تا رسیدگی Flowering to maturity	کاشت تا برداشت Planting to harvesting	کاشت تا سبزشدن Planting to emergence	سبزشدن تا گلدهی Emergence to flowering	گلدهی تا رسیدگی Flowering to maturity	کاشت تا برداشت Planting to harvesting
آبیاری Irrigation	آبیاری کامل Complete irrigation	9.0	58.7	28.7	96.4	68.5	551.1	530.7	1150.2
	آبیاری در مرحله شاخه دهی Irrigation in branching stage	9.4	57.8	25.7	92.9	72.1	540.8	467.6	1080.6
	آبیاری در مرحله گلدهی Irrigation in flowering stage	9.0	56.5	28.2	93.7	68.7	516.5	506.5	1091.7
	آبیاری در مرحله غلاف‌دهی Irrigation in podding stage	8.7	56.7	28.1	93.4	66.7	516.2	501.5	1084.4
	آبیاری در مرحله پر شدن دانه Irrigation in seed setting stage	8.5	57.2	27.6	93.4	65.2	524.07	494.0	1083.3
	بدون آبیاری Non irrigation	9.5	56.8	24.4	90.7	71.6	527.8	430.3	1029.7
	LSD (0.05)	ns	ns	1.3	1.9	Ns	ns	25.3	42.3
ارقام Cultivar	رباط Robat	8.7	58.2	28.6	95.5	67.0	540.1	520.1	1127.1
	کالیوش Kalpoosh	8.3	57.9	27.9	94.1	64.7	532.8	505.1	1102.5
	گچساران Gachsaran	10.0	55.8	24.9	90.6	74.8	515.4	440.1	1030.3
	LSD (0.05)	1.3	1.8	ns	2.7	7.3	ns	ns	57.9

جدول ۴- اثرمتقابل آبیاری×رقم بر مراحل فنولوژیک عدس در شرایط مشهد، ۸۸-۱۳۸۷

Table 4. Effects of irrigation×cultivar on phenological stages of lentil in Mashhad conditions, 2008-2009

ارقام عدس Lentil cultivar	تیمار آبیاری Irrigation treatment	تعداد روز (day)				درجه‌روز رشد (GDD)			
		کاشت تا سبزشدن Planting to emergence	سبزشدن تا گلدهی Emergence to flowering	گلدهی تا رسیدگی Flowering to maturity	کاشت تا برداشت Planting to harvesting	کاشت تا سبزشدن Planting to emergence	سبزشدن تا گلدهی Emergence to flowering	گلدهی تا رسیدگی Flowering to maturity	کاشت تا برداشت Planting to harvesting
رباط Robat	آبیاری کامل Complete irrigation	8.9	60.0	30.2	99.2	68.5	569.9	568.4	1206.6
	آبیاری در مرحله شاخه‌دهی Irrigation in branching stage	8.6	59.4	27.3	95.3	65.8	558.0	501.1	1124.8
	آبیاری در مرحله گلدهی Irrigation in flowering stage	8.6	58.4	28.3	95.3	67.0	541.1	516.2	1124.2
	آبیاری در مرحله غلاف‌دهی Irrigation in podding stage	8.3	56.7	30.3	95.3	64.6	513.2	547.8	1125.6
	آبیاری در مرحله پُرشدن دانه Irrigation in seed setting stage	8.9	56.4	29.5	94.8	66.7	515.7	524.0	1106.1
	بدون آبیاری Non irrigation	8.8	58.4	26.1	93.3	69.1	543.8	463.4	1075.7
کالپوش Kalpoosh	آبیاری کامل Complete irrigation	8.4	58.3	29.4	96.1	64.6	539.5	537.1	1141. 4
	آبیاری در مرحله شاخه‌دهی Irrigation in branching stage	8.3	59.5	26.6	94.4	64.6	555.2	494.5	1115.0
	آبیاری در مرحله گلدهی Irrigation in flowering stage	7.8	56.6	29.8	94.1	62.6	505.6	532.7	1101.2
	آبیاری در مرحله غلاف‌دهی Irrigation in podding stage	8.2	59.1	27.9	95.1	64.7	548.0	509.5	1121.9
	آبیاری در مرحله پُرشدن دانه Irrigation in seed setting stage	7.7	57.7	29.0	94.3	60.4	522.8	521.9	1105.1
	بدون آبیاری Non irrigation	9.5	56.6	24.5	90.6	71.5	524.2	434.9	1030.5
گچساران Gachsaran	آبیاری کامل Complete irrigation	9.6	57.8	26.6	94.1	72.4	543.8	486.5	1102.7
	آبیاری در مرحله شاخه‌دهی Irrigation in branching stage	11.4	54.6	23.1	89.1	86.0	508.6	407.2	1001.9
	آبیاری در مرحله گلدهی Irrigation in flowering stage	10.5	54.6	26.5	91.6	76.5	502.3	470.5	1049.6
	آبیاری در مرحله غلاف‌دهی Irrigation in podding stage	9.5	54.3	26.2	89.9	70.8	487.3	447.2	1005.7
	آبیاری در مرحله پُرشدن دانه Irrigation in seed setting stage	9.0	57.7	24.3	91.0	68.6	534.0	436.3	1038.8
	بدون آبیاری Non irrigation	10.1	55.6	22.4	88.2	74.8	515.2	392.7	983.9
	$LSD_{(0.05)}$	ns	1.5	ns	ns	Ns	17.9	ns	26.9

جدول ۵- اثر آبیاری و رقم بر خصوصیات مورفولوژیک و عملکرد عدس در شرایط مشهد، ۸۸-۱۳۸۷

Table 5. Effects of irrigation and cultivar on morphological characters and yield of lentil in Mashhad conditions, 2008-2009

عملکرد (کیلوگرم در هکتار) Yield (kg/ha)	وزن خشک شاخه (میلی گرم) Branches dry weight (mg)	وزن خشک ساقه (میلی گرم) Stem dry weight (mg)	طول شاخه در بوته (سانتی‌متر) Branches length per plant (cm)	تعداد شاخه در بوته Number of branches per plant	طول ساقه (سانتی‌متر) Stem length (cm)		تیمار treatment
1309	1001.5	359.8	126.3	4.3	35.0	آبیاری کامل Complete irrigation	آبیاری Irrigation
905	803.5	312.7	109.4	4.0	33.0	آبیاری در مرحله شاخه‌دهی Irrigation in branching stage	
1213	869.7	336.3	118.3	4.1	33.8	آبیاری در مرحله گلدهی Irrigation in flowering stage	
1167	754.3	320.7	101.4	3.9	32.1	آبیاری در مرحله غلاف‌دهی Irrigation in podding stage	
1150	704.4	311.2	96.4	3.6	32.0	آبیاری در مرحله پُرشدن دانه Irrigation in seed setting stage	
796	653.2	289.2	93.6	3.6	30.3	بدون آبیاری Non irrigation	
24.4	81.2	25.3	7.6	0.4	3.7	LSD (0.05)	
1003	885.9	332.9	109.7	3.9	33.4	Robat رباط	ارقام Cultivar
1161	742.7	317.6	107.1	3.9	33.5	Kalpoosh کالپوش	
1156	760.2	314.5	106.0	4.0	31.3	Gachsaran گچساران	
12.2	71.1	ns	Ns	ns	1.2	LSD (0.05)	

جدول ۶- اثرمتقابل آبیاری×رقم بر خصوصیات مورفولوژیک و عملکرد عدس در شرایط مشهد، ۸۸-۱۳۸۷

Table 6. Effects of irrigation×cultivar on morphological characters and yield of lentil in Mashhad conditions, 2008-2009

ارقام عدس Lentil cultivar	تیمار آبیاری Irrigation treatment	طول ساقه (سانتی‌متر) Stem length (cm)	تعداد شاخه در بوته Number of branches per plant	طول شاخه در بوته (سانتی‌متر) Branches length per plant (cm)	وزن خشک ساقه (میلی‌گرم) Stem dry weight (mg)	وزن خشک شاخه (میلی‌گرم) Branches dry weight (mg)	عملکرد (کیلوگرم در هکتار) Yield (kg/ha)
رباط Robat	آبیاری کامل Complete irrigation	36.0	4.3	131.8	398.0	1178.8	1204
	آبیاری در مرحله شاخه‌دهی Irrigation in branching stage	33.5	4.0	111.7	316.0	850.0	926
	آبیاری در مرحله گلدهی Irrigation in flowering stage	35.2	4.1	117.9	345.7	919.8	1113
	آبیاری در مرحله غلاف‌دهی Irrigation in podding stage	31.1	3.8	101.0	325.6	804.4	1052
	آبیاری در مرحله پُرشدن دانه Irrigation in seed setting stage	33.1	3.6	99.7	325.4	774.7	1030
	بدون آبیاری Non irrigation	31.4	3.7	96.2	286.4	787.5	694
کالپوش Kalpoosh	آبیاری کامل Complete irrigation	36.4	4.2	119.2	336.6	884.6	1405
	آبیاری در مرحله شاخه‌دهی Irrigation in branching stage	33.5	4.0	108.6	313.6	730.4	1011
	آبیاری در مرحله گلدهی Irrigation in flowering stage	34.0	4.0	117.8	320.2	808.9	1274
	آبیاری در مرحله غلاف‌دهی Irrigation in podding stage	32.4	4.1	106.5	316.2	728.5	1243
	آبیاری در مرحله پُرشدن دانه Irrigation in seed setting stage	31.7	3.7	95.7	308.1	686.6	1238
	بدون آبیاری Non irrigation	33.0	3.4	94.4	311.0	617.3	795
گچساران Gachsaran	آبیاری کامل Complete irrigation	32.7	4.6	127.8	344.8	941.2	1317
	آبیاری در مرحله شاخه‌دهی Irrigation in branching stage	32.1	4.0	108.0	308.6	830.0	1078
	آبیاری در مرحله گلدهی Irrigation in flowering stage	32.2	4.3	119.5	342.9	880.3	1254
	آبیاری در مرحله غلاف‌دهی Irrigation in podding stage	32.7	3.8	96.7	320.2	703.1	1207
	آبیاری در مرحله پُرشدن دانه Irrigation in seed setting stage	31.5	3.6	93.8	300.1	651.8	1182
	بدون آبیاری Non irrigation	26.5	3.7	90.0	270.3	554.8	900
	LSD $_{(0.05)}$	ns	ns	5.5	Ns	45.0	35.1

جدول ۷- ضرایب همبستگی میان مراحل فنولوژیک، مورفولوژیک و عملکرد عدس در شرایط مشهد، ۸۸-۱۳۸۷

Table 7. Correlation coefficients among phonological stages, morphological characters and yield of lentil in Mashhad conditions, 2008-2009

صفات characters	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
۱- کاشت تا سبزشدن (روز) Planting to emergence (day)	1													
۲- سبزشدن تا گلدهی (روز) Emergence to flowering (day)	-0.65 **	1												
۳- گلدهی تا رسیدگی (روز) Flowering to maturity (day)	-0.35 **	0.05 ns	1											
۴- کاشت تا برداشت (روز) Planting to harvesting (day)	-0.36 **	0.54 **	0.80 **	1										
۵- کاشت تا سبزشدن (درجه‌روز) Planting to emergence (GDD)	0.98 **	-0.64 **	-0.37 **	-0.38 **	1									
۶- سبزشدن تا گلدهی (درجه روز) Emergence to flowering (GDD)	-0.34 **	0.93 **	-0.10 ns	0.50 **	-0.34 **	1								
۷- گلدهی تا رسیدگی (درجه‌روز) Flowering to maturity (GDD)	-0.38 **	0.20 ns	0.97 **	0.89 **	-0.39 **	0.08 ns	1							
۸- کاشت تا برداشت (درجه‌روز) Planting to harvesting (GDD)	-0.36 **	0.56 **	0.77 **	0.99 **	-0.37 **	0.52 **	0.88 **	1						
۹- طول ساقه Stem length	-0.14 ns	0.26 *	0.34 **	0.45 **	-0.11 ns	0.24 ns	0.40 **	0.46 **	1					
۱۰- تعداد شاخه Number of branches	0.10 ns	-0.04 ns	0.16 ns	0.17 ns	0.13 ns	-0.02 ns	0.18 ns	0.17 ns	0.33 **	1				
۱۱- طول شاخه Branches length	0.01 ns	0.19 ns	0.30 *	0.44 **	0.04 ns	0.22 ns	0.38 **	0.47 **	0.59 **	0.66 **	1			
۱۲- وزن خشک ساقه Stem dry weight	-0.01 ns	0.11 ns	0.37 **	0.43 **	0.00 ns	0.12 ns	0.41 **	0.43 **	0.42 **	0.39 **	0.68 **	1		
۱۳- وزن خشک شاخه Branches dry weight	-0.01 ns	0.25 ns	0.41 **	0.58 **	0.02 ns	0.29 *	0.48 **	0.58 **	0.61 **	0.51 **	0.83 **	0.71 **	1	
۱۴- عملکرد Yield	-0.07 ns	-0.03 ns	0.34 **	0.26 *	-0.09 ns	-0.07 ns	0.36 **	0.27 *	0.32 *	0.44 **	0.53 **	0.42 **	0.36 **	1

ns، # و ## به ترتیب عدم معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال پنج درصد و یک درصد.

ns, *, **, Non significant and significant at the 0.05 and 0.01 probability level respectively.

منابع

1. Aase, J.K., Pikul, J.L., Prueger, J.H., and Hatfield, J.L. 1996. Lentil water use and fallow water loss in a semiarid climate. Agronomy Journal 88: 723-728.
2. Ashraf, M., and Waheed, A. 1990. Screening of local exotic of lentil (*Lens culinaris* Medik.) for salt tolerance at two growth stages. Plant and Soil 128: 167-176.

3. Bayati, M.A. 2001. Effect of supplemental irrigation and weed control on growth performance and yield of lentil (*Lens culinaris*) in dry land conditions. M.Sc. Thesis, Mazandaran University, Iran. (In Persian with English Summary).
4. Duarte, I., and Desousa, M.T. 1999. Identification of chickpea varieties, adapted to favorable and favorable water conditions. Part III. Workshop7. Abiotic Stress: Drought and Heat.
5. Erskine, W., and Saxena, M.C. 1993. Lentil in South Asia. Proceedings of the Seminar on Lentils in South Asia, 11-15 March 1991, New Delhi, India. ICARDA. Aleppo, Syria. 236 pp.
6. FAO. 2006. FAO Bulletin of Statistics.
7. Hamdi, A., Erskine, W., and Gates, P. 1992. Adaptation of lentil seed yield to varying moisture supply. Crop Sciences 32: 987-990.
8. IBPGR, ICRISAT and ICARDA. 1985. Lentil Descriptors (*Lens culinaris* Medik.). ICRISAT, Patancheru, India.
9. Kadhem, F.A., Specht, J.E., and Wolliams, J.A. 1985. A soybean irrigation serially timed during stages R_1 to R_6. II. Yield component responses. Agronomy Journal 77: 291-298.
10. Khamadi, N., Nezami, A., and Bagheri, A. 2008. Effect of autumn planting on phenology and morphology of cold hardy Lentils (*Lens culinaris* Medik.) in Mashhad conditions. Environmental Stresses in Agricultural Sciences 2(1): 39-51. (In Persian with English Summary).
11. Korte, L.L., Wolliams, J.H., Specht, T.E., and Sorensen, R.C. 1993. Irrigation of soybean genotypes during reproductive ontogeny. I. Agronomic responses. Crop Science 28: 521-530.
12. Mohammadi, GH., Ghasemi Golezani, K., Javanshir, A., and Moghaddam, M. 2006. The influence of water limitation on the yield of three chickpea cultivars. Iranian Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Water and Soil Science 10(2) :109-120. (In Persian with English Summary).
13. Ney, B., Duthion, C., and Ture, O. 1994. Phenological response of Pea to water stress during reproductive development. Crop Science 34: 141-146.
14. Nezami, A., and Bagheri, A. 2005. Responsiveness of cold tolerant chickpea characteristics in fall and spring planting: I- phenology and morphology. Iranian Journal of Field Crops Research 3(1): 143-155. (In Persian with English Summary).
15. 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.
16. Oweis, T., Hachum, A., and Pala, M. 2004. Lentil production under supplemental irrigation in a Mediterranean environment. Agricultural Water Management 68: 251-265.
17. Oweis, T., Hachum, A., and Pala, M. 2004. Water use efficiency of winter-sown chickpea under supplemental irrigation in a Mediterranean environment. Agricultural Water Management 66: 163-179.
18. Ozgun, O.S., Tuba Bicer, B., and Sakar, D. 2004. Agronomic and morphological characters of chickpea under irrigated conditions in turkey. International Journal of Agriculture & Biology 6(4): 606-610.
19. Pagter, M., Bragato, C., and Brix, H. 2005. Tolerance and physiological responses of phragmites Australia to water deficit. Aquatic Botany 81: 285-299.
20. Parsa, M., and Bagheri, A. 2008. Pulses. Jahade Daneshgahi of Mashhad Press. (In Persian).
21. Rezaeyan zade, A. 2008. Effects of supplemental irrigation on yield and yield components and growth index of three chickpea cultivars (*Cicer arietinum* L.). M.Sc. Thesis, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary).
22. Salehi, M., Haghnazari, A., and Shekari, F. 2006. The study of morpho-physiological traits of lentil (*Lens culinaris* Medik.) relation with grain yield under normal and drought stress conditions. The 9th Iranian Crop Sciences Congress. p. 27-28. (In Persian with English Summary).
23. Salehi, M., Haghnazari, A., Shekari, F., and Balsini, H. 2007. Evaluation of relationships between different traits in lentil (*Lens culinaris* Medik.). Iranian Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 41: 205-215. (In Persian with English Summary).
24. Saxena, M.C. 1993. The challenge of developing biotic and abiotic stress resistance in cool season food legumes. In: K.B. Singh and M.C. Saxena (Eds.). Breeding for Stress Tolerance in Cool-Season Food Legumes. John Wiley & Sons, New York, NY, p. 3-4.
25. 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.
26. Siddique, K.H.M., and Sedgley, R.H. 1986. Chickpea (*Cicer arietinum* L.) a potential grain legume for southwestern Australia: Seasonal growth and yield. Australian Journal of Agricultural Research 37: 245-260.

27. Silim, S.N., Saxena, M.C., and Erskine, W. 1991. Effect of sowing date on the growth and yield of lentil in a rainfed Mediterranean environment. Experimental Agriculture 27: 145-154.
28. Tuba Bicer, B., Narin Kolender, A., and Sakar, D. 2004. The effect of irrigation on spring-sown chickpea. Journal of Agronomy 3: 154-158.
29. Ullah, A., Bakht, J., Shafi, M., and Islam W.A. 2002. Effect of various irrigations level on different chickpea varieties. Asian Journal of Plant Science 4: 355-357.
30. Yousefi, B., Kazemi Arbat, H., Rahimzade khoyi, F., and Moghaddam, M. 1997. Study for some agronomic traits in chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars under two irrigation regimes and path analysis of traits under study. Iranian Journal of Agricultural Science 28(4): 147-162. (In Persian with English Summary).
31. Zaferanieh, M., Nezami, A, Parsa, M., Porsa, H., and Bagheri, A. 2010. Evaluation of fall sowing of cold tolerant chickpea (*Cicer arietinum* L.) germplasms under supplementary irrigation in Mashhad condition: 1- Phenological and morphological characteristics. Iranian Journal of Field Crops Research 7(2): 473-482. (In Persian with English Summary).
32. Zang, H., Pala, M., Oweis, Y., and Harris, H. 2000. Water use and water use efficiency of chickpea and lentil in a Mediterranean environment. Australian Journal of Agricultural Research 51: 295-304.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 4, No. 2, 2013, p. 35-50

Reaction of pheno-morphological characteristics of lentil (*Lens culinaris* Medik.) cultivars to supplementary irrigation in Mashhad conditions

Hosseini[1], F.S., Nezami[2*], A., Parsa[2], M. & Hajmohammadnia Ghalibaf[2], K.

1. MSc. Student, Department of Agronomy, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad-Iran
2. Contributions from Department of Agronomy, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad-Iran

Received: 9 August 2011
Accepted: 15 May 2012

Abstract

Supplementary irrigation is a key factor in dryland production of lentil (*Lens culinaris* Medik.). In order to study the effects of supplementary irrigation on phenological and morphological characters of three Lentil (*Lens culinaris* Medik.) cultivars, a trial carried out as split block based on randomized complete block design with three replications at Research Field of Agricultural College, Ferdowsi University of Mashhad. Six treatments of supplementary irrigation (irrigation in all of phenological stages; once irrigation in each stage of branching; flowering; podding; seed setting, and also without irrigation in all growing season) as main plot (strip plot), and three lentil cultivars (Robat; Kalpoosh, and Gachsaran) as sub plot were adjusted. Results showed that one irrigation in flowering, podding, and seed setting stages increased significantly ($p \leq 0.01$) reproductive growth stage relative to irrigation in branching stage. The complete irrigation treatment increased growth stages of plant approximately 12% (based on degree day) relative to without irrigation treatment. The interaction of irrigation×cultivar on the vegetative growth and overall plant growth was significant ($p \leq 0.01$). In Robat cultivar, delay in irrigation till seed setting stage compared to complete irrigation, decreased 9.5% the vegetative growth period (based on degree day), while irrigation in podding stage on Kalpoosh cultivar compared to without irrigation, increased the number of growing degree day by about 9%. Supplementary irrigation at the flowering stage increased number of branches per plant by 14% compared to the irrigation at the seed setting stage. While, supplementary irrigation during flowering stage increased the branch dry weight about 33% compared to the non-irrigation treatment. Also, the supplementary irrigation at flowering stage compared to without irrigation increased the branch dry weight of Robat, Gachsaran, and Kalpoosh cultivars about 17, 31 and 59%, respectively. The interaction of irrigation×cultivar was significant ($p \leq 0.01$) on branch length, and dry weight, also grain yield of lentil. The non-irrigation compared to the completed irrigation, reduced the branch length of Gachsaran, and Kalpoosh cultivars about 30 and 21%, respectively. Supplementary irrigation during the flowering stage in comparison with seed setting stage, also was increased the branch length of Robat, Gachsaran, and Kalpoosh cultivars 18, 23 and 27%, respectively. Positive and significantly correlation were observed between vegetative and reproductive growth duration with stem length ($r=0.26^{*}$ and $r=0.34^{**}$) and reproductive growth with branches length ($r=0.34^{**}$), stem and branches dry weight ($r=0.37^{**}$ and $r=0.41^{**}$) and yield ($r=0.34^{**}$), respectively. Also correlation between yield and stem length ($r=0.32^{*}$), number of branches and branches length ($r=0.44^{**}$ and $r=0.53^{**}$) and stem and branches dry weight ($r=0.42^{**}$ and $r=0.36^{**}$) was positive and significant. Based on above conclusions, one supplementary irrigation in flowering stage was more effective to improving growth characters and lentil yield.

Key words: Branch length, Grain yield, Podding stage, Reproductive growth, Vegetative growth

* **Corresponding Author:** nezami@um.ac.ir, Tel.: 051-38795615-20, Mobile: 09153163348