

مقاله پژوهشی

اثر کاربرد خاک پوش پلاستیکی شفاف در شرایط کم آبیاری بر عملکرد و بهره‌وری آب لوبیا سبز

جعفر نیکبخت^{۱*}، فاطمه محمدی^۲ و طاهر برزگر^۳

چکیده

پژوهش حاضر به منظور بررسی اثر کاربرد خاک پوش پلاستیکی شفاف بر عملکرد و بهره‌وری آب لوبیا سبز رقم الموت در شرایط کم آبیاری انجام شد. پژوهش به صورت آزمایش کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان در سال ۱۳۹۷ انجام گرفت. تیمارهای آزمایش شامل کم آبیاری در سه سطح (۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه) به عنوان کرت اصلی و خاک پوش پلاستیکی شفاف در دو سطح (کاربرد و عدم کاربرد خاک پوش) به عنوان کرت فرعی بود. بر اساس نتایج، کاربرد خاک پوش باعث افزایش معنی‌دار محتوی کلروفیل برگ، محتوی نسبی آب برگ، سطح برگ، تعداد غلاف در بوته، عملکرد گیاه و بهره‌وری آب نسبت به تیمار شاهد (به ترتیب ۱۶/۸، ۵/۲، ۱۱/۲، ۳۴، ۳۸ و ۳۹ درصد) شد. اعمال ۲۰ و ۴۰ درصد کم آبیاری باعث کاهش معنی‌دار میانگین محتوی کلروفیل برگ (۲۰/۶ و ۳۰/۳ درصد)، میانگین محتوی نسبی آب برگ (۱۱/۱ و ۲۱/۰ درصد)، میانگین سطح برگ (۱۷/۸ و ۵۹/۹ درصد)، میانگین تعداد غلاف در بوته (۱۰ و ۴۳ درصد)، میانگین عملکرد گیاه (۲۴ و ۵۳ درصد) و میانگین بهره‌وری آب (۱۲ و ۳۴ درصد) در مقایسه با تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه شد. برهمکنش متقابل خاک پوش و کم آبیاری بر صفات محتوی کلروفیل برگ، سطح برگ و تعداد غلاف در بوته اثر معنی‌دار داشت که در هر سطح آبیاری استفاده از خاک پوش پلاستیکی شفاف باعث افزایش مقدار میانگین این صفات شد.

واژه‌های کلیدی: بهره‌وری آب، خاک پوش پلاستیکی شفاف، کم آبیاری، لوبیا سبز

مقدمه

اعمال کم آبیاری صورت گرفته است که به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود. ارزیابی اثر کم آبیاری بر روی سیب‌زمینی در شمال اتیوپی توسط کیفلی و گبرسادیکان نشان داد بیشترین بهره‌وری آب در تیمار ۲۵ درصد کم آبیاری (۲/۸۶ کیلوگرم در مترمکعب) بود (Kifle and Gebretsadikan, 2016). بررسی دو ساله (۲۰۱۲ و ۲۰۱۳) کم آبیاری بر روی بادمجان توسط مهاوش در دو مکان مختلف کشور اردن (غورالصابی و الکاراتک) نشان داد تیمار ۸۰ درصد نیاز آبی با مقدار ۶ کیلوگرم بر مترمکعب، بیشترین بهره‌وری آب را داشت (Mohawesh, 2016). بیش‌ترین بهره‌وری آب کنگد در پژوهش سلامتی و دانایی (۱۳۹۵) در ایستگاه تحقیقات کشاورزی بهبهان، در تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی با مقدار ۰/۱۳۵ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش گردید. حیدریان و همکاران (۱۳۹۶) طی آزمایشی بر روی برخی توده‌های خریزه

۱ کم آبیاری به عنوان یک راه‌کارهای مدیریتی در شرایط کمبود آب مورداستفاده قرار می‌گیرد که در آن با حذف بخش کم بازده آب آبیاری، بهره‌وری مصرف آب افزایش می‌یابد که نهایتاً سود حاصل، حداکثر می‌شود (نیکبخت و همکاران، ۱۳۹۹). پژوهش‌های زیادی در اثبات افزایش بهره‌وری آب در شرایط

^۱دانشیار و عضو هیئت‌علمی گروه مهندسی آب دانشگاه زنجان، زنجان، ایران (*نویسنده مسئول: NIKBAKHT.JAEFAR@ZNU.AC.IR)

^۲کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

^۳دانشیار و عضو هیئت‌علمی گروه علوم باغبانی دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۶/۳۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۸/۳۰

کیلوگرم بر مترمکعب و در تیمار بدون خاکپوش، ۰/۳۰۹ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آوردند. نتایج بررسی اثر دو نوع خاکپوش پلاستیکی (شفاف و سیاه) در گیاه خیار در مرکز تحقیقات کشاورزی هاما در سوریه در دو سال ۲۰۰۹ و ۲۰۱۰ توسط یاقی و همکاران نشان داد بهره‌وری آب خیار در تیمار آبیاری قطره‌ای با خاکپوش شفاف ۰/۲۶۲ تن در هکتار در میلی‌متر، آبیاری قطره‌ای با خاکپوش سیاه ۰/۲۳۸ تن در هکتار در میلی‌متر، آبیاری قطره‌ای بدون خاکپوش ۰/۱۵۳ تن در هکتار در میلی‌متر و آبیاری جوی-پشته‌ای ۰/۰۵۶ تن در هکتار در میلی‌متر بود (Yaghi et al., 2013). بازازه و همکاران (۱۳۹۴) طی آزمایشی بر روی لوبیا در آستانه‌اشرفیه، بیش‌ترین بهره‌وری آب در تیمار دوره‌های آبیاری مختلف، در دور ۱۸ روز با میانگین ۰/۵۸ کیلوگرم بر مترمکعب و در تیمار سطوح مختلف خاکپوش کاه، در تیمار یک و دو سانتیمتر در هر پلات به ترتیب با میانگین ۰/۶۳ و ۰/۶۰ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آوردند. راندمان مصرف آب در گیاه خربزه در منطقه ورامین در حالت استفاده از خاکپوش شفاف و تیره نسبت به تیمار شاهد (بدون خاکپوش)، به ترتیب ۱۷/۳ و ۱۳/۴ درصد افزایش داشت (جعفری و جلالی، ۱۳۹۵). بیش‌ترین بهره‌وری آب در تولید میوه کدوی پوست‌کاغذی در آزمایش نکوخو و فلاح (۱۳۹۷)، در تیمار ۵۰ درصد آبیاری کامل با کاربرد خاکپوش پلاستیکی و تأمین کامل نیاز نیتروژن گیاه (۲۷/۹۸ کیلوگرم بر مترمکعب) و کم‌ترین مقدار در تیمار آبیاری کامل و بدون خاکپوش و تأمین ۶۰ درصد نیاز نیتروژن (۱۶/۸۶ کیلوگرم بر مترمکعب) به دست آمد. نتایج پژوهش لین و همکاران بر روی ذرت بهاره در چین نشان داد کاربرد خاکپوش پلاستیکی باعث افزایش ۲۸/۶ درصد در عملکرد و ۲۶/۴ درصد در بهره‌وری آب شد (Lin et al., 2019). عسکری و همکاران (۱۳۹۹) طی پژوهشی دو ساله (۱۳۹۵ و ۱۳۹۶) در دشت باجگاه شیراز، بیشترین بهره‌وری آب را در تیمار ۵۰ درصد آبیاری کامل با روش کاشت درون جویچه با خاکپوش (۰/۴ کیلوگرم بر مترمکعب) به دست آوردند. بر اساس نتایج بررسی ساری‌داش و همکاران در منطقه مدیترانه شرقی ترکیه، بهره‌وری آب توت‌فرنگی در تیمار خاکپوش نقره‌ای تیره

بومی ایران در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زنجان مشاهده کردند تنش کم‌آبی بر بهره‌وری آب اثر معنی‌دار داشت به‌طوری‌که با کاهش آبیاری از ۱۰۰ به ۴۰ درصد نیاز آبی، بهره‌وری آب نیز به ترتیب از ۱۳/۴۵ به ۱۴/۹۳ کیلوگرم در مترمکعب افزایش یافت. ناکاووکا و همکاران طی پژوهشی ۲ ساله در دره یاکیمای ایالت واشینگتن تأثیر کم‌آبیاری را بر عملکرد کمی و کیفی و بهره‌وری آب ۴ رقم رازک بررسی کردند. بر اساس نتایج، بیش‌ترین بهره‌وری آب در هر ۴ رقم، در تیمار ۸۰ درصد نیاز آبی بود که به ترتیب ۰/۳۴، ۰/۴۱، ۰/۹۵ و ۰/۴۵ کیلوگرم در هکتار (به ترتیب ارقام هود، وایلامت، کلمبوس و چینوک) به دست آمد (Nakawuka et al., 2017). پرخیده و همکاران (۱۳۹۷) طی آزمایشی مشاهده کردند در تیمار کم‌آبیاری ۷۰ درصد، عملکرد میوه هندوانه ابوجهل و بهره‌وری آب به ترتیب به میزان ۱۵/۵ و ۱۶/۸ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت ولی در مصرف آب ۳۰ درصد صرفه‌جویی شد. بیش‌ترین بهره‌وری آب گوجه‌فرنگی رقم فلات در آزمایش صالحی تیزآبی و همکاران (۱۳۹۹) در دانشگاه فردوسی مشهد با مقدار ۴/۴۶ کیلوگرم بر مترمکعب در تیمار آبیاری بخشی ریشه به‌طور ثابت حاصل شد. نتایج ارزیابی کم‌آبیاری بر دو توده عدس (بلوچستان و کردستان) در مزرعه تحقیقاتی مجتمع آموزش عالی سراوان توسط امیری و همکاران (۱۴۰۰) نشان داد بیش‌ترین و کم‌ترین بهره‌وری آب به ترتیب در تیمار ۸۰ درصد نیاز آبی توده بلوچستان (۲/۹ کیلوگرم در هکتار بر میلی‌متر) و ۶۰ درصد نیاز آبی توده کردستان (۱/۵ کیلوگرم در هکتار بر میلی‌متر) بود.

در شرایط کم‌آبیاری باید با کاربرد روش‌های مدیریتی مناسب، رطوبت نیم‌رخ خاک حفظ شود تا بهره‌وری آب افزایش یابد. مالچ یا خاکپوش پلاستیکی از جمله موادی است که به دلیل ممانعت از تبخیر مستقیم آب از سطح خاک و تعرق توسط علف‌های هرز، در این شرایط می‌تواند مورداستفاده قرار گیرد (عسکری و همکاران، ۱۳۹۹). افشار و همکاران (۱۳۹۱) طی پژوهشی در مزرعه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کاشمر، بهره‌وری آب را در تیمار خاکپوش پلاستیک سفیدرنگ، ۰/۴۱۵ کیلوگرم بر مترمکعب، تیمار خاکپوش پلاستیک سیاه، ۰/۳۸۸

مواد و روش‌ها

این پژوهش به صورت آزمایش کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار (شکل ۱) در سال ۱۳۹۷ بر روی گیاه لوبیا سبز رقم الموت در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان انجام گرفت. بر اساس اقلیم نمای آمبرژه، اقلیم منطقه زنجان، نیمه خشک سرد می‌باشد. در جدول ۱ نوع عملیات زراعی، تاریخ انجام و طول دوره رشد گیاه لوبیا سبز، در جدول ۲ و ۳ خصوصیات فیزیکی شیمیایی خاک و آب مزرعه و در جدول ۴ میانگین پارامترهای هواشناسی ایستگاه سینوپتیک زنجان در طول دوره رشد گیاه آورده شده است.

سطح آبیاری

	۰٪ نیاز آبی گیاه	۱۰٪ نیاز آبی گیاه	۸۰٪ نیاز آبی گیاه
تکرار ۱	مالج بدون مالج	مالج بدون مالج	مالج بدون مالج
تکرار ۲	مالج بدون مالج	مالج بدون مالج	مالج بدون مالج
تکرار ۳	مالج بدون مالج	مالج بدون مالج	مالج بدون مالج

شکل ۱- نقشه کشت اجرا شده در پژوهش

و سطوح آبیاری ۱۰۰ و ۵۰ درصد نیاز آبی به ترتیب ۱۸/۱ و ۱۶/۹ کیلوگرم بر مترمکعب، خاک پوش سیاه و سطوح آبیاری ۱۰۰ و ۵۰ درصد نیاز آبی به ترتیب ۱۵/۰ و ۱۵/۲ کیلوگرم بر مترمکعب، خاک پوش شفاف و سطوح آبیاری ۱۰۰ و ۵۰ درصد نیاز آبی به ترتیب ۱۳/۱ و ۱۴/۷ کیلوگرم بر مترمکعب و بدون خاک پوش و سطوح آبیاری ۱۰۰ و ۵۰ درصد نیاز آبی به ترتیب ۱۳/۰ و ۷/۸ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد (Saridas et al., 2021). از یک سو به دلیل قرار گرفتن بخش اعظم گستره کشور ایران در منطقه خشک و نیمه خشک کره زمین و سهم یک سوم کشور از بارش‌های کل جهان و از سوی دیگر کاهش نزولات جوی در سال‌های اخیر و پیش‌بینی بر احتمال تداوم آن در آینده به همراه افزایش میزان تقاضای بخش‌های مختلف متقاضی آب، باعث کاهش سهم بخش کشاورزی از منابع آب محدود در دشت‌های مختلف شده است. در این شرایط لازم است با اعمال تمهیدات مدیریتی مناسب، بهره‌وری آب در مزرعه افزایش یابد تا پایداری تولید محصولات کشاورزی و هم‌چنین بهره‌برداری از منابع آب و خاک کشور حفظ شود. بر اساس ضرورت ذکر شده، پژوهش حاضر با هدف ارزیابی اثر کاربرد خاک پوش پلاستیکی شفاف در شرایط کم آبیاری (به عنوان دو راهکار مدیریتی در شرایط محدودیت آب) بر عملکرد و بهره‌وری آب در لوبیا سبز رقم الموت اجرا گردید.

جدول ۱- عملیات زراعی، تاریخ انجام و طول دوره رشد گیاه لوبیا سبز

عملیات شخم و دیسک	جمع‌آوری سنگ‌ریزه	کرت بندی و چیدمان لوله‌ها و نوارهای آبیاری	کشت و اولین آبیاری	آخرین برداشت	طول دوره رشد
۸ تا ۷ خرداد ۱۳۹۷	۹ خرداد ۱۳۹۷	۱۰ خرداد ۱۳۹۷	۱۱ خرداد ۱۳۹۷	۱ مهر ۱۳۹۷	۱۱۵ روز

جدول ۲- ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی خاک مزرعه

رس	سیلت	شن	بافت خاک	مواد در صد	K میلی گرم در کیلوگرم	Na میلی گرم در کیلوگرم	Ca میلی گرم در کیلوگرم	N درصد	EC دسی زیمنس بر متر	pH

جدول ۳- نتایج تجزیه شیمیایی آب چاه مورد استفاده

HC ₃	Co ₃	Cl	Mg	Ca	K	Na	SAR	EC	pH
میلی‌اکی‌والانت در لیتر	میلی‌اکی‌والانت در لیتر	میلی‌اکی‌والانت در لیتر	میلی‌اکی‌والانت در لیتر	میلی‌اکی‌والانت در لیتر	میلی‌اکی‌والانت در لیتر	میلی‌اکی‌والانت در لیتر	میلی‌اکی‌والانت در لیتر ^{-۱}	دسی‌زیمنس بر متر	
۱۹۵/۲	۰/۰	۵۸۲/۲	۱۰۳/۷	۲۵۸/۴۵	۰/۰	۵۰	۰/۶۶	۲/۳۵	۶/۵

جدول ۴- میانگین پارامترهای هواشناسی ایستگاه سینوپتیک زنجان در طول دوره رشد

پارامتر هواشناسی	خرداد*	تیر	مرداد	شهریور	مهر*
متوسط دما (درجه سانتی‌گراد)	۲۰/۱	۲۶/۳	۲۶/۳	۲۱/۷	۱۷/۳
مجموع بارندگی (میلی‌متر)	۲/۰	۰/۰	۰/۷	۰/۳	۰/۳
مجموع ساعات آفتابی	۲۳۸/۹	۳۵۴/۵	۳۴۱/۱	۳۲۷/۶	۹/۸
سرعت باد (متر بر ثانیه)	۱/۸	۲/۲	۲/۲	۱/۸	۳/۴

*مقادیر ذکر شده برای خرداد از تاریخ کشت (۱۱ خرداد) تا انتهای ماه بود و برای ماه مهر فقط برای روز اول ماه می‌باشد.

نیاز آبی گیاه در روش آبیاری قطره‌ای، نیاز آبیاری گیاه در تیمار شاهد تعیین شد. در این تحقیق راندمان آبیاری ۹۰ درصد در نظر گرفته شد. در انتهای فصل رشد، میزان آب داده شده به تیمارهای ۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی، به ترتیب ۵۱۴۵، ۴۴۲۷ و ۳۷۰۹ مترمکعب در هکتار بود.

$$ET_C = K_C \times ET_0 \quad (1)$$

که در این رابطه ET_0 : تبخیر-تعرق گیاه مرجع چمن (میلی‌متر در روز)، K_C : ضریب گیاهی و ET_C : تبخیر-تعرق گیاه لوبیا (میلی‌متر در روز) می‌باشد. مقادیر K_C مورد استفاده در پژوهش به ترتیب ۰/۵ (مرحله ابتدایی رشد)، ۱/۰۵ (مرحله میانی رشد) و ۰/۹ (مرحله نهایی رشد) بود (Allen et al., 1998). مقادیر ET_0 از رابطه ۲ محاسبه شد (Allen et al., 1998).

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{(T+273)} u_2 (e_a - e_d)}{\Delta + \gamma(1+0.34u_2)} \quad (2)$$

برای بررسی اثر تیمارهای آزمایش بر گیاه، با حذف ردیف‌ها (۲ ردیف اول و آخر در هر کرت) و گیاهان حاشیه (۳ گیاه ابتدا و ۳ گیاه انتهای هر ردیف کشت)، به صورت تصادفی ۸ بوته از

در این پژوهش تیمارهای آزمایش شامل کم‌آبیاری در سه سطح (۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه) به عنوان کرت اصلی و خاک پوش پلاستیکی شفاف در دو سطح (کاربرد و عدم کاربرد خاک پوش) به عنوان کرت فرعی بود. ردیف‌های کشت با طول ۱/۵ متر و فاصله از یکدیگر ۲۰ سانتی‌متر، فاصله بوته‌های لوبیا بر روی هر ردیف کشت، ۱۰ سانتی‌متر و عمق کاشت بذرها ۳ تا ۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. در هر کرت ۶ ردیف گیاه (۳ ردیف با خاک پوش پلاستیکی و ۳ ردیف بدون خاک پوش پلاستیکی) کشت شد و بین تکرارها یک متر فاصله قرار داده شد. در تیمارهای خاک پوش، از پلاستیکی شفاف با ضخامت ۰/۲ میلی‌متر، برای پوشش روی خاک استفاده شد. تیمار آبیاری تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه بدون خاک پوش به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. سیستم آبیاری مورد استفاده برای آبیاری گیاهان، آبیاری قطره‌ای-نوراری و دور آبیاری ۲ روز بود. نوارهای آبیاری مورد استفاده با ضخامت ۱۷۵ میکرون، فاصله روزنه‌های ۲۰ سانتی‌متر و دبی ۲ لیتر در ساعت در فشار کارکرد ۱ بار بود که در کنار هر ردیف کشت، یک نوار قرار داده شد. اعمال تیمار کم‌آبیاری بعد از رسیدن گیاهان به مرحله ۴ برگگی انجام شد. با اندازه‌گیری سطح سایه‌انداز گیاه در طول دوره رشد، استفاده از رابطه فائو-پنمن-مانتیت (روابط ۱ و ۲) و داده‌های بهنگام پارامترهای هواشناسی ایستگاه سینوپتیک زنجان و روابط تعیین

کلیه برگ‌ها از ساقه جدا شده و پس حذف دم برگ‌ها، سطح برگ با کمک اسکنر نوری (مدل Mustek 600PRO A3) تعیین شد. پس از محاسبه وزن تر غلاف‌ها، با رابطه ۴، بهره‌وری آب در تولید وزن تر کل گیاه (غلاف‌ها) محاسبه گردید (نیکبخت و همکاران، ۱۳۹۹a و b).

$$WUE = \frac{Y}{W} \quad (4)$$

Y؛ وزن تر غلاف‌ها بر حسب کیلوگرم، W؛ مقدار آب آبیاری برای تولید یک کیلوگرم عملکرد بر حسب مترمکعب و WUE؛ بهره‌وری آب بر حسب کیلوگرم بر مترمکعب. در نهایت تجزیه و تحلیل داده‌های جمع‌آوری شده با کمک نرم‌افزار SAS 9.3 صورت گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس میانگین مربعات صفات اندازه‌گیری شده در گیاه لوبیا سبز تحت تأثیر تیمارهای کم‌آبیاری، کاربرد خاک‌پوش پلاستیکی شفاف و اثر متقابل آن‌ها در جدول ۵ نشان داده شده است. با توجه به نتایج جدول ۵، کاربرد خاک‌پوش پلاستیکی شفاف در گیاه لوبیا سبز بر کلیه صفات مورد ارزیابی در سطوح آماری مختلف معنی‌دار شد. هم‌چنین اعمال تنش کم‌آبیاری به جز وزن هزار دانه در بقیه صفات اندازه‌گیری شده در سطوح آماری متفاوت اثر معنی‌دار داشت. برهم‌کنش متقابل کاربرد خاک‌پوش پلاستیکی شفاف و اعمال کم‌آبیاری فقط بر صفات تعداد غلاف در بوته، ارتفاع بوته، سطح برگ (سطح احتمال ۱ درصد) و محتوی کلروفیل برگ (سطح احتمال ۰/۱ درصد) گیاه لوبیا سبز اثر معنی‌دار داشت.

مقایسه میانگین‌های اثر کاربرد خاک‌پوش پلاستیکی شفاف بر صفات اندازه‌گیری شده در گیاه لوبیا سبز در جدول ۶ و مقایسه میانگین‌های اثر اعمال سطوح متفاوت آبیاری بر صفات اندازه‌گیری شده در جدول ۷ نشان داده شده است.

بوته‌های باقیمانده هر تیمار در هر کرت انتخاب و اندازه‌گیری صفات موردنظر در طول دوره رشد و در انتهای فصل از آن‌ها صورت گرفت. بعد از رسیدن گیاه به مرحله غلاف دهی، هر ۵ تا ۶ روز یک‌بار، غلاف‌هایی که دانه در آن‌ها تشکیل و به‌اندازه کافی بزرگ شده بودند برداشت شد که برداشت تا پایان فصل رشد، در ۵ نوبت صورت گرفت. در هر نوبت برداشت، مجموع وزن غلاف‌های برداشت‌شده از بوته‌های هر کرت با ترازوی دقیق شده و به‌عنوان وزن تر غلاف یادداشت شد. مجموع وزن تر غلاف‌های برداشت‌شده از هر کرت در طول دوره رشد، به‌عنوان عملکرد کرت در نظر گرفته شد. صفت مورد بررسی دیگر محتوای نسبی آب برگ بود که برای اندازه‌گیری آن، در اواسط فصل رشد، یک برگ کاملاً توسعه‌یافته از قسمت میانی بوته چیده شده، سپس به چند قسمت تقسیم شده و وزن تکه‌های برگ به کمک ترازوی دیجیتالی اندازه‌گیری شد. سپس تکه‌های برگ درون پتری دیش‌های درب دار حاوی آب مقطر به مدت ۲۴ ساعت در محیط تاریک گذاشته شدند. سپس برگ‌ها از آب مقطر خارج کرده، رطوبت اضافی سطح آن‌ها توسط دستمال کاغذی خشک شده و جهت به دست آوردن وزن آماس، وزن شدند. در نهایت قطعات برگ به مدت ۴۸ ساعت در آون ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و پس از خشک شدن، وزن خشک برگ‌ها با ترازوی دقیق اندازه‌گیری شد.

برای محاسبه محتوای نسبی آب برگ از رابطه ۳ استفاده شد (نیکبخت و همکاران، ۱۳۹۹a و b).

$$RWC = \frac{M_{Wet} - M_{Dry}}{M_{Turgidity} - M_{Dry}} \times 100 \quad (3)$$

که در رابطه ۳، RWC؛ محتوای نسبی آب برگ (درصد)، M_{Wet} ؛ وزن تر برگ (گرم)، M_{Dry} ؛ وزن خشک برگ (گرم)، $M_{Turgidity}$ ؛ وزن آماس برگ (گرم) می‌باشد. در اواسط فصل رشد، محتوای کلروفیل برگ، با استفاده از دستگاه Spad اندازه‌گیری شد. در انتهای فصل رشد، برای اندازه‌گیری سطح برگ بوته‌ها، پس از قطع بوته‌ها از محل طوقه،

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس میانگین مربعات صفات اندازه‌گیری شده در گیاه لوبیا سبز رقم الموت

منابع تغییرات	درجه آزادی	تعداد غلاف در بوته	وزن تر غلاف	کارایی مصرف آب	محتوی کلروفیل برگ	محتوی نسبی آب برگ	سطح برگ
تکرار	۲	۰/۵۳ ^{ns}	۷/۴۸ ^{ns}	۰/۴۱ ^{ns}	۰/۳۱ ^{ns}	۲/۳۹ ^{ns}	۸۰۹۹/۳۵ ^{ns}
سطح آبیاری	۲	۱۴۷/۳۳ ^{***}	۸۵۹/۰۸ ^{***}	۱۴/۵۷ ^{***}	۴۵/۳۷ ^{***}	۴۲۰/۴۷ ^{***}	۲۴۹۶۳۹۷/۹۴ ^{***}
خطای کرت اصلی	۴	۰/۱۴	۲/۷۰	۰/۱۴	۰/۱۷	۳/۳۵	۳۸۸۰/۱۸
خاک‌پوش	۱	۱۲۶/۴۱ ^{***}	۵۳۲/۴۷ ^{***}	۲۷/۶۳ ^{***}	۲۳/۳۵ ^{***}	۵۷/۹۶ ^{***}	۱۲۱۷۵۴/۶۸ ^{***}
خاک‌پوش×سطح آبیاری	۲	۴/۵۰ ^{**}	۲/۶۴ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}	۵/۳۹ ^{***}	۴/۶۱ ^{ns}	۲۶۱۰۰/۵۷ ^{**}
خطای کرت فرعی	۶	۰/۵۸	۳/۰۴	۰/۱۴	۰/۵۰	۵/۰۴	۳۷۹۸/۶۴
ضریب تغییرات (درصد)	-	۴/۲	۵/۱	۴/۹	۴/۸	۳/۲	۴/۰

ns: غیر معنی‌دار؛ ***، ** و * به ترتیب، معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۱، ۰/۰۱ و ۵ درصد

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر کاربرد خاک‌پوش پلاستیکی شفاف بر صفات اندازه‌گیری شده در گیاه لوبیا سبز رقم الموت

تیمار خاک‌پوش	تعداد غلاف در بوته	وزن تر غلاف تن در هکتار	کارایی مصرف آب کیلوگرم بر مترمکعب	محتوی کلروفیل برگ	محتوی نسبی آب برگ درصد	سطح برگ سانتی متر مربع
بدون خاک‌پوش	۱۵/۵b	۲۸/۵b	۶/۳b	۱۳/۶b	۶۹/۴b	۱۴۷۰/۵b
خاک‌پوش	۲۰/۸a	۳۹/۳a	۸/۷a	۱۵/۹a	۷۳/۰a	۱۶۳۵/۰a

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر سطوح متفاوت آبیاری بر صفات اندازه‌گیری شده در گیاه لوبیا سبز رقم الموت

تیمار آبیاری	تعداد غلاف در بوته	وزن تر غلاف تن در هکتار	کارایی مصرف آب کیلوگرم بر مترمکعب	محتوی کلروفیل برگ	محتوی نسبی آب برگ درصد	سطح برگ سانتی متر مربع
۱۰٪ نیاز آبی	۲۲/۱a	۴۵/۵a	۸/۸a	۱۷/۸a	۷۹/۷a	۲۰۹۵/۸a
۸۰٪ نیاز آبی	۱۹/۸b	۳۴/۶b	۷/۸b	۱۴/۱b	۷۰/۹b	۱۷۲۲/۶b
۶۰٪ نیاز آبی	۱۲/۶c	۲۱/۶c	۵/۸c	۱۲/۴c	۶۳/۰c	۸۳۹/۷c

محتوی کلروفیل برگ

غلظت کلروفیل برگ‌ها، شاخص مستقیم سلامتی گیاه و وضعیت رشد آن و شاخصی از فعالیت فتوسنتزی برگ و وضعیت تغذیه نیتروژن گیاه می‌باشد (نجفی و همکاران، ۱۳۹۳) که افزایش میزان آن باعث افزایش سایر صفات رشدی گیاه می‌گردد. با توجه به نتایج جدول ۶، با کاربرد خاک‌پوش پلاستیکی شفاف بر روی ردیف‌های کشت گیاه لوبیا سبز، میانگین محتوی کلروفیل برگ ۲/۳ برابر (۱۶/۸ درصد) نسبت به تیمار شاهد افزایش معنی‌دار یافت. در شرایط کاربرد خاک‌پوش، رطوبت خاک به دلیل حذف تبخیر و علف‌های هرز، حفظ می‌گردد. در نتیجه، جذب مواد مغذی راحت‌تر صورت گرفته و میزان کلروفیل برگ افزایش می‌یابد (افشار و همکاران، ۱۳۹۱). در پژوهش اشرف‌الزمان و همکاران، میانگین کلروفیل کل برگ

فلفل قرمز در تیمارهای خاک‌پوش پلاستیکی سیاه، خاک‌پوش پلاستیک آبی و تیمار شاهد (بدون خاک‌پوش) به ترتیب ۲/۲۶، ۲/۰۸۶ و ۱/۷۲۳ میلی‌گرم در هر گرم وزن تر برگ (Ashrafuzzaman et al., 2011) و در پژوهش عزیززی و همکاران (۱۳۹۴) میانگین شاخص کلروفیل برگ گیاه نعنای فلفلی در تیمارهای خاک‌پوش خرده چوب، خاک‌پوش پلاستیک سیاه و بدون خاک‌پوش، به ترتیب ۵۶/۰۷، ۵۶/۲۰ و ۵۶/۵۶ حاصل شد.

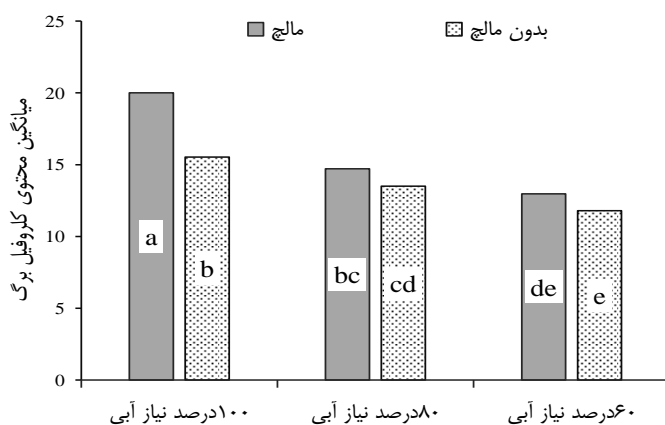
بر اساس نتایج جدول ۷، مشاهده می‌شود اعمال تیمار کم‌آبیاری باعث کاهش معنی‌دار میانگین محتوی کلروفیل برگ نسبت به تیمار شاهد به میزان ۳/۷ و ۵/۴ واحد (۲۰/۶ و ۳۰/۳ درصد) به ترتیب در تیمارهای ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه شد. کلروفیل یکی از اجزای اصلی کلروپلاست برای فتوسنتز بوده و

کم آبیاری در تیمارهای ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه، میانگین محتوی کلروفیل برگ نسبت به تیمار شاهد به ترتیب ۲/۰ و ۳/۷ واحد (۱۳/۱ و ۲۴/۰ درصد) کاهش معنی دار داشت. با کاربرد خاک پوش پلاستیکی شفاف، میانگین محتوی کلروفیل برگ نسبت به تیمار بدون خاک پوش افزایش یافت که این افزایش در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی به میزان ۲۸/۸ درصد و معنی دار بود ولی در تیمارهای ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی میزان افزایش (به ترتیب ۹/۰ و ۱۰/۰ درصد) از نظر آماری معنی دار نشد.

هم چنین نتایج نشان داد استفاده از خاک پوش در تیمار ۸۰ درصد نیاز آبی باعث شد اختلاف میانگین کلروفیل آن با تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی بدون خاک پوش (۵/۶ درصد) معنی دار نباشد (حروف مشترک) که این حالت بین دو تیمار ۶۰ درصد نیاز آبی با خاک پوش و ۸۰ درصد نیاز آبی بدون خاک پوش (اختلاف ۴/۱ درصد) نیز مشاهده شد. عزیزی و همکاران (۱۳۹۴) در پژوهشی با اعمال تیمارهای خاک پوش و تنش خشکی بر گیاه نعنای فلفلی، بیشترین و کمترین میانگین شاخص کلروفیل برگ را در چین اول به ترتیب در تیمارهای بدون خاک پوش-۶۰ درصد نیاز آبی و خاک پوش خرد چوب-۱۰۰ درصد نیاز آبی (به ترتیب ۶۱/۸۲ و ۵۷/۲۸) و در چین دوم به ترتیب در تیمارهای بدون خاک پوش-۸۰ درصد نیاز آبی و خاک پوش پلاستیک سیاه-۱۰۰ درصد نیاز آبی (به ترتیب ۵۶/۲۶ و ۵۰/۴۷) به دست آوردند.

محتوی نسبی کلروفیل (شاخص کلروفیل) ارتباط مستقیمی با سرعت فتوسنتز دارد. با افزایش تنش خشکی و کاهش فراهمی آب برای گیاه، مولکولهای کلروفیل که مهمترین رنگدانه گیاه هستند، تخریب و تجزیه می شود (نیکبخت و همکاران، ۱۳۹۲). میانگین محتوی کلروفیل برگ با اعمال ۲۰ و ۴۰ درصد تنش خشکی به گیاه خیار به ترتیب ۱۲/۶ و ۲۵/۴ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش داشت (نیکبخت و همکاران، ۱۳۹۹). بر اساس نتایج پژوهش حیدریان و همکاران (۱۳۹۶) میانگین کلروفیل کل برگ خربزه در تیمارهای آبیاری ۱۰۰، ۷۰ و ۴۰ درصد نیاز آبی به ترتیب ۱/۴۶، ۱/۲۹ و ۱/۱۹ میلی گرم در گرم وزن برگ تازه، در آزمایش پرخیده و همکاران (۱۳۹۷) بر روی هندوانه ابوجهل در تیمارهای آبیاری ۱۰۰، ۷۰ و ۵۰ درصد نیاز آبی به ترتیب ۲/۹۱، ۲/۶۳ و ۱/۹۸ میلی گرم در گرم وزن برگ تازه و در پژوهش مهوش در تیمارهای آبیاری ۱۰۰، ۸۰، ۶۰ و ۴۰ درصد نیاز آبی گیاه بادمجان در منطقه غورالصابی به ترتیب ۲۳۸۶/۸۵، ۲۴۸۶/۲۱، ۲۳۱۲/۶۷، ۲۱۹۶/۵۷ و ۱۹۴۵/۴۷ میلی گرم در کیلوگرم و در منطقه الکاراک به ترتیب ۱۴۱۶/۵۷، ۱۳۲۹/۷۴، ۱۱۹۸/۰۰، ۱۰۶۴/۵۱ و ۹۲۳/۷۰ میلی گرم در کیلوگرم (Mohawesh, 2016)، به دست آمد.

نتایج اثرات متقابل کاربرد خاک پوش پلاستیکی شفاف و کم آبیاری بر میانگین محتوی کلروفیل برگ در گیاه لوبیا سبز در شکل ۲ آورده شده است. ملاحظه می گردد در اثر اعمال



شکل ۲- اثرات متقابل کاربرد خاک پوش پلاستیکی شفاف و کم آبیاری بر میانگین محتوی کلروفیل برگ در گیاه لوبیا سبز رقم الموت

محتوی نسبی آب برگ

یافته‌های پژوهش نشان داد با کاربرد خاک‌پوش پلاستیکی شفاف، میانگین محتوی نسبی آب برگ گیاه لوبیا سبز نسبت به تیمار شاهد ۵/۲ درصد افزایش معنی دار یافت (جدول ۶) که این افزایش می‌تواند به دلیل کاهش رشد علف‌های هرز و تبخیر از سطح خاک و در نتیجه حفظ رطوبت محیط خاک در اثر استفاده از خاک‌پوش باشد (جعفری و جلالی، ۱۳۹۵). مقادیر میانگین محتوی نسبی آب برگ نعنای فلفلی در پژوهش عزیززی و همکاران (۱۳۹۴) در تیمارهای بدون خاک‌پوش، خاک‌پوش پلاستیک سیاه و خاک‌پوش خرده چوب به ترتیب ۴۵/۸۹، ۵۳/۷۲ و ۵۴/۱۸ درصد به دست آمد.

اعمال تنش خشکی به گیاه لوبیا سبز باعث کاهش معنی دار میانگین محتوی نسبی آب برگ در تیمارهای ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی به میزان ۱۱/۱ و ۲۱/۰ درصد (به ترتیب) نسبت به تیمار شاهد شد (جدول ۷). محتوی نسبی آب برگ یکی از پارامترهای فیزیولوژیکی پاسخ دهنده گیاه به تنش خشکی می‌باشد که نشان‌دهنده میزان آب موجود در اندام‌های گیاه یا شادابی آن بوده و قابلیت یک گیاه در حفظ آب تحت شرایط تنش را مشخص می‌نماید (نیکبخت و همکاران، ۱۳۹۹). میانگین محتوی نسبی آب برگ خیار تحت تأثیر تیمارهای ۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی در پژوهش نیکبخت و همکاران (۱۳۹۹) به ترتیب ۸۱/۳، ۸۱/۰ و ۸۰/۶ درصد، در هندوانه ابوجهل در تیمارهای آبیاری ۱۰۰، ۷۰ و ۵۰ درصد نیاز آبی در تحقیق پرخیده و همکاران (۱۳۹۷) به ترتیب ۸۳/۴، ۸۲/۵ و ۷۷/۲ درصد و در گیاه بادمجان تحت تیمارهای آبیاری ۱۰۰، ۸۰، ۶۰، ۴۰ و ۲۰ درصد نیاز آبی در آزمایش مهاوش در منطقه غورالصافی به ترتیب ۷۸/۳۳، ۷۶/۶۷، ۷۲/۷۷، ۷۲/۴۳ و ۷۲/۶۴ درصد و در منطقه الکراک به ترتیب ۸۶/۳۰، ۸۳/۰۱، ۸۱/۹۱، ۸۱/۶۷ و ۸۰/۶۸ درصد (Mohawesh, 2016) حاصل شد.

سطح برگ

در پژوهش حاضر، میانگین سطح برگ گیاهان لوبیا سبز با کاربرد خاک‌پوش پلاستیکی شفاف نسبت به تیمار شاهد ۱۶۴/۵

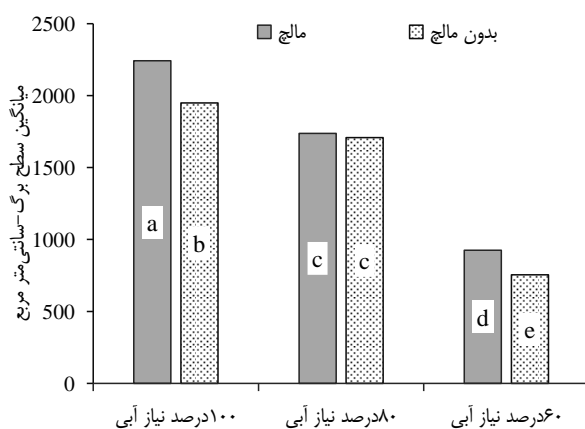
سانتی‌متر مربع (۱۱/۲ درصد) افزایش معنی‌دار یافت (جدول ۶). همان‌طور که بیان شد کاربرد خاک‌پوش موجب حفظ رطوبت خاک و جذب راحت‌تر مواد مغذی می‌گردد (افشار و همکاران، ۱۳۹۱). در نتیجه با افزایش جذب آب، آماس سلولی و در نتیجه پتانسیل فشاری آب در سلول، افزایش یافته بنابراین تقسیم سلولی در بافت‌های برگ بیش‌تر صورت می‌گیرد. هم‌چنین در نتیجه افزایش جذب آب و مواد غذایی، میزان پروتئین بافت‌ها افزایش یافته و فعالیت هورمون‌هایی که باعث رشد، تقسیم و کشیدگی سلول‌ها می‌گردد، بیش‌تر می‌شود. در نهایت تعداد برگ‌ها و سطح کل برگ گیاه، افزایش می‌یابد (نیکبخت و همکاران، ۱۳۹۹). نتایج پژوهش حاضر با نتایج عزیززی و همکاران (۱۳۹۴) هم‌خوانی داشت. ایشان میانگین سطح برگ گیاه نعنای فلفلی را در تیمارهای خاک‌پوش خرده چوب و خاک‌پوش پلاستیک سیاه به ترتیب ۹۲۰/۱ و ۵۷۱/۶ سانتی‌متر مربع و در تیمار بدون خاک‌پوش ۵۲۱/۵ سانتی‌متر مربع به دست آوردند.

با توجه به نتایج جدول ۷ ملاحظه می‌گردد با اعمال ۲۰ درصد تنش خشکی بر گیاه لوبیا سبز، میانگین سطح برگ نسبت به تیمار شاهد ۳۷۳/۲ سانتی‌متر مربع (۱۷/۸ درصد) کاهش معنی‌دار و با اعمال ۴۰ درصد تنش خشکی، ۱۲۵۶/۰ سانتی‌متر مربع (۵۹/۹ درصد) کاهش معنی‌دار داشت. یافته‌ها نشان داد با وجود فاصله برابر تنش‌های خشکی اعمال شده بر گیاه (۲۰ درصد)، میزان کاهش میانگین سطح برگ خطی نبود. هم‌چنین با مقایسه نتایج جداول ۶ و ۷ ملاحظه می‌گردد روند تغییرات مقادیر میانگین سطح برگ و میانگین محتوی نسبی آب برگ یکسان است که علت آن حساسیت گیاه لوبیا به تنش خشکی و تأثیرپذیری موازی این دو صفت از تنش خشکی بود. هرگاه گیاه با هر نوع تنشی روبرو شود پاسخ‌های فنوتیپی در گیاه جهت کاهش خسارت وارده، شکل می‌گیرد. بیش‌ترین تعرق گیاه از طریق روزنه‌های برگ صورت می‌پذیرد. پاسخ فیزیولوژیک گیاه در مواقع بروز تنش خشکی جهت حفظ میزان آب در داخل اندام‌ها، کاهش سطح برگ می‌باشد تا از این طریق، میزان تعرق خود را کاهش دهد (نیکبخت و همکاران، ۱۳۹۲). دلیل کاهش

سانتی متر مربع و در منطقه الکاراتک به ترتیب ۱۹۳/۳۶، ۱۵۷/۱۵، ۱۳۰/۱۸۴، ۱۰۹/۴۸ و ۱۰۶/۷۷ سانتی متر مربع (Mohawesh, 2016) به دست آمد.

با توجه به شکل ۳، با اعمال کم آبیاری در تیمار بدون خاک پوش، متوسط سطح برگ گیاه لوبیا نسبت به تیمار شاهد به ترتیب ۲۴۱/۴ و ۱۱۹۵/۵ سانتی متر مربع (به ترتیب ۱۲/۴ و ۶۱/۳ درصد) کاهش داشت که با کاربرد خاک پوش پلاستیکی شفاف، در هر تیمار آبیاری، میانگین سطح برگ افزایش یافت که این افزایش در تیمارهای ۱۰۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه (به ترتیب ۲۹۲/۷ و ۱۷۱/۶ سانتی متر مربع یا ۱۵/۰ و ۲۲/۸ درصد) معنی دار و در تیمار ۸۰ درصد نیاز آبی (۲۹/۲ سانتی متر مربع یا ۱/۷ درصد) غیر معنی دار بود. عزیزی و همکاران (۱۳۹۴) در پژوهشی، بیشترین و کمترین سطح برگ گیاه نعنای فلفلی را در چین اول به ترتیب ۸۳۷/۳ و ۳۱۸/۵ سانتی متر مربع در تیمارهای خاک پوش خرده چوب-۱۰۰ درصد نیاز آبی و بدون خاک پوش-۶۰ درصد نیاز آبی (به ترتیب) و در چین دوم به ترتیب ۱۳۸۱ و ۴۲۹/۲ سانتی متر مربع در تیمارهای خاک پوش خرده چوب-۶۰ درصد نیاز آبی و بدون خاک پوش-۶۰ درصد نیاز آبی (به ترتیب) به دست آوردند.

سطح برگ، کاهش فشار آماس در سلولها و در نتیجه کاهش رشد و توسعه سلولها خصوصاً در ساقه و برگها است. با کاهش فشار آماس سلولی در اثر کمبود آب، نمو سلول به دلیل عدم وجود فشار درون سلول کاهش می یابد. بنابراین بین کاهش اندازه سلول و میزان کاهش آب رابطه معنی داری در بافت های گیاهی وجود دارد. از طرفی با کاهش رشد سلول، اندازه اندام نیز محدود می شود و به همین دلیل است که اولین اثر محسوس کم آبی بر روی گیاهان را می توان از روی اندازه کوچک تر برگها یا ارتفاع گیاهان تشخیص داد. به علاوه در شرایط کم آبی جذب مواد و عناصر غذایی نیز کاهش یافته در نتیجه رشد و توسعه برگها محدود می گردد (عزیزی و همکاران، ۱۳۹۴). بر اساس نتایج پژوهش های انجام یافته، میانگین سطح برگ نعنای فلفلی با اعمال ۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی به ترتیب ۷۹۴/۲، ۵۶۸/۵ و ۶۵۰/۸ سانتی متر مربع (عزیزی و همکاران، ۱۳۹۴)، خربزه با اعمال ۱۰۰، ۷۰ و ۴۰ درصد نیاز آبی به ترتیب ۲۰۲/۰۱، ۱۵۷/۴۲ و ۱۲۴/۵۷ سانتی متر مربع (حیدریان و همکاران، ۱۳۹۶) به دست آمد. بر اساس نتایج پژوهش مهاوش، میانگین سطح برگ گیاه بادمجان با اعمال تیمارهای ۱۰۰، ۸۰، ۶۰، ۴۰ و ۲۰ درصد نیاز آبی در منطقه غورالصفی به ترتیب ۶۰/۲۲، ۴۴/۴۹، ۳۳/۴۰، ۳۱/۱۹ و ۲۶/۱۹



شکل ۳- اثرات متقابل کاربرد خاک پوش پلاستیکی شفاف و کم آبیاری بر میانگین سطح آب برگ در گیاه لوبیا سبز رقم الموت

پلاستیک شفاف به عنوان خاک پوش، میانگین تعداد غلاف در بوته های لوبیا سبز به میزان ۳۴ درصد نسبت به ردیف های بدون

تعداد غلاف در بوته

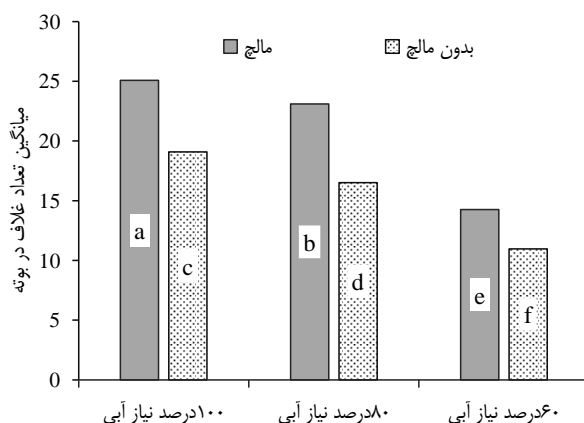
نتایج نشان داد (جدول ۶) با پوشش ردیف های کشت با

می‌گردد (امینی و همکاران، ۱۳۹۴). نتایج بررسی اثر تنش خشکی بر شش ژنوتیپ لوبیا توسط کریم زاده و همکاران (۱۳۹۶) نشان داد میانگین تعداد غلاف در بوته در همه ژنوتیپ‌ها در اثر تنش خشکی بسته به ژنوتیپ بین ۲۰ تا ۷۳ درصد کاهش یافت. یافته‌های امینی و همکاران (۱۳۹۴) نشان داد میانگین تعداد غلاف در بوته لوبیا قرمز در تیمار آبیاری پس از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر ۲۴ درصد کم‌تر از تیمار آبیاری پس از ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشت بود. صالحی تیزآبی و همکاران (۱۳۹۹) طی تحقیقی میانگین تعداد میوه در بوته گوجه‌فرنگی در تیمارهای ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی را به ترتیب ۴۲، ۴۴ و ۳۳ عدد، نیکبخت و همکاران (۱۳۹۹) میانگین تعداد میوه در بوته خیار در تیمارهای ۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی را به ترتیب ۱۰/۷، ۸/۷ و ۶/۱ عدد و ساری‌دش و همکاران (Saridas et al., 2021) میانگین تعداد میوه در بوته توت‌فرنگی در سطوح آبیاری ۱۰۰ و ۵۰ درصد نیاز آبی را به ترتیب ۴۲/۲ و ۳۲/۹ عدد به دست آوردند.

تأثیر مثبت کاربرد خاک‌پوش پلاستیکی شفاف در هر سطح آبیاری بر میانگین تعداد غلاف در بوته به‌وضوح در شکل ۴ مشاهده می‌شود که استفاده از خاک‌پوش باعث افزایش معنی‌دار میانگین تعداد غلاف در هر ۳ سطح ۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی به میزان ۶/۰، ۶/۶ و ۳/۳ عدد (به ترتیب ۳۱/۴، ۴۰/۰ و ۳۰/۲ درصد) شد. هم‌چنین نتایج نشان داد در تنش خشکی ملایم (۸۰ درصد نیاز آبی) افزایش تعداد غلاف در بوته به دلیل استفاده از خاک‌پوش به‌اندازه‌ای بود که با تیمار شاهد (۱۰۰ درصد نیاز آبی بدون خاک‌پوش) به مقدار ۴ عدد (۲۱/۱ درصد) اختلاف معنی‌دار ایجاد شد. ساری‌دش و همکاران (Saridas et al., 2021) بیش‌ترین و کم‌ترین میانگین تعداد میوه در بوته توت‌فرنگی را به ترتیب در تیمارهای ۱۰۰ درصد نیاز آبی-خاک‌پوش نقره‌ای تیره و ۵۰ درصد نیاز آبی-بدون خاک‌پوش (به ترتیب ۵۲/۰ و ۲۳/۹ عدد) مشاهده کردند.

پوشش افزایش معنی‌دار داشت. خاک‌پوش با تعدیل دما در محیط ریشه، حفظ رطوبت محیط خاک از طریق کاهش علف‌های هرز و تبخیر از سطح خاک، افزایش رشد ریشه (جعفری و جلالی، ۱۳۹۵) و تأثیر بر میزان مواد غذایی خاک (افشار و همکاران، ۱۳۹۱) و افزایش حاصلخیزی خاک، باعث افزایش رشد رویشی و فتوسنتز گردیده، در نتیجه مواد فتوسنتزی بیش‌تری جهت تشکیل گل و غلاف تولید گردیده که در نهایت تعداد غلاف افزایش می‌یابد (امینی و همکاران، ۱۳۹۴). استفاده از خاک‌پوش توسط امینی و همکاران (۱۳۹۴)، باعث افزایش ۱۳ درصدی میانگین غلاف در بوته‌های لوبیای قرمز شد. میانگین تعداد میوه در بوته فلفل قرمز در تیمارهای بدون خاک‌پوش، خاک‌پوش شفاف، خاک‌پوش سیاه و خاک‌پوش آبی در آزمایش اشرف‌الزمان و همکاران به ترتیب ۳۳۵، ۴۳۴، ۴۷۲ و ۴۴۳ عدد (Ashrafuzzaman et al., 2011) و میانگین تعداد میوه در بوته توت‌فرنگی در تیمارهای خاک‌پوش نقره‌ای تیره، مشکی، شفاف و بدون خاک‌پوش در آزمایش ساری‌دش و همکاران به ترتیب ۴۷/۵، ۳۷/۹، ۳۵/۳ و ۲۹/۶ عدد (Saridas et al., 2021) حاصل شد.

بر اساس یافته پژوهش حاضر، اعمال تنش کم‌آبیاری بر بوته‌های لوبیا سبز باعث کاهش معنی‌دار میانگین تعداد غلاف در بوته گردید که میزان کاهش در تیمار آبیاری ۸۰ درصد نیاز آبی نسبت به تیمار شاهد، ۱۰ درصد و در تیمار آبیاری ۶۰ درصد نیاز آبی، ۴۳ درصد بود (جدول ۷). کاهش بیش‌تر میانگین تعداد غلاف در بوته در تیمار ۶۰ درصد نیاز آبی نسبت به تیمار ۸۰ درصد نیاز آبی، می‌تواند مربوط به حساسیت گیاه لوبیا سبز به تنش خشکی باشد. کاهش تعداد غلاف در بوته در شرایط تنش رطوبتی را می‌توان به اختلال در عمل‌گرده‌افشانی و کاهش تعداد گل‌ها و ریزش گل‌ها و غلاف‌ها مربوط دانست. علاوه بر آن در اثر تنش خشکی، طول دوره رشد گیاه کاهش یافته که موجب نقصان در تولید مواد فتوسنتزی و کاهش غلاف در بوته



شکل ۴- اثرات متقابل کاربرد خاک پوش پلاستیکی شفاف و کم آبیاری بر میانگین تعداد غلاف در بوته در گیاه لوبیا سبز رقم الموت

همان‌طور که ملاحظه شد، اعمال تنش خشکی بر گیاه لوبیا سبز، باعث کاهش معنی‌دار میانگین تعداد غلاف در بوته شد که این شرایط باعث کاهش معنی‌دار عملکرد در تیمارهای کم آبیاری به میزان ۱۰/۹ و ۲۳/۹ تن در هکتار به ترتیب در تیمارهای ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه (۲۴ و ۵۳ درصد) نسبت به تیمار شاهد گردید. تنش خشکی از طریق عوامل روزنه‌ای و غیر روزنه‌ای بر شدت فتوسنتز تأثیر می‌گذارد. از آنجایی که برای انجام عمل فتوسنتز و تبادلات گازی باز بودن روزنه‌ها ضروری می‌باشد، بنابراین در اثر کمبود آب و بسته شدن روزنه‌ها، تبادلات گازی کاهش یافته، دی‌اکسید کربن کمتری در دسترس گیاه قرار می‌گیرد و شدت فتوسنتز کاهش می‌یابد. علاوه بر این پاسخ فیزیولوژیک گیاه در مواقع بروز تنش آبی جهت حفظ میزان آب در داخل اندام‌ها، کاهش سطح برگ می‌باشد که این مسئله از طریق کاهش آماس سلولی و پتانسیل فشاری در برگ صورت می‌گیرد تا از این طریق میزان تعرق خود را کاهش دهد (نیکبخت و همکاران، ۱۳۹۲) که نتیجه این امر کاهش فتوسنتز خالص می‌باشد. بروز تنش خشکی در مراحل مختلف رشد به‌ویژه در مراحل زایشی به علت کاهش در میزان کلروفیل، کاهش طول دوره فتوسنتز و انتقال مواد حاصل از فتوسنتز جاری و هم‌چنین کاهش سهم انتقال دوباره مواد ذخیره‌شده، موجب کاهش در اجزای عملکرد و در نهایت کاهش عملکرد دانه می‌شود (نکوخوا و فلاح، ۱۳۹۷). کاهش عملکرد گیاه مورد آزمایش تحت تأثیر سطوح متفاوت خشکی در پژوهش‌های

وزن تر غلاف (عملکرد کل)

بر اساس یافته‌ها، استفاده از خاک پوش پلاستیکی شفاف باعث افزایش میانگین عملکرد گیاه لوبیا سبز به میزان ۱۰/۹ تن در هکتار (۳۸ درصد) گردید (جدول ۶) که این افزایش به دلیل افزایش میانگین تعداد غلاف در بوته به دلیل کاربرد خاک پوش بود. در پژوهش یاقی و همکاران میانگین عملکرد خیار در تیمارهای خاک پوش پلاستیکی شفاف، خاک پوش پلاستیکی سیاه و بدون خاک پوش به ترتیب ۶۳/۹، ۵۷/۸ و ۴۴/۱ تن در هکتار (Yaghi et al., 2013)، در تحقیق بابازاده و همکاران (۱۳۹۴) میانگین عملکرد دانه لوبیا در تیمارهای بدون خاک پوش و کاربرد ۱، ۲ و ۳ سانتی‌متر خاک پوش کاه به ترتیب ۱۰۳۴، ۱۵۸۵، ۱۵۱۸ و ۱۲۷۶ کیلوگرم در هکتار، در آزمایش اشرف‌الزمان و همکاران میانگین عملکرد فلفل قرمز در تیمارهای بدون خاک پوش، خاک پوش شفاف، خاک پوش سیاه و خاک پوش آبی به ترتیب ۱۳/۴۶، ۱۸/۴۵، ۲۱/۳۳ و ۱۹/۱۵ تن در هکتار (Ashrafuzzaman et al., 2011)، در تحقیق ساری‌داش و همکاران میانگین عملکرد توت‌فرنگی در بوته در تیمارهای خاک پوش نقره‌ای تیره، مشکی، شفاف و بدون خاک پوش به ترتیب ۸۶۰/۸، ۷۳۶/۹، ۶۷۳/۹ و ۵۲۸/۹ گرم (Saridas et al., 2021) بود. نتایج تحقیق امینی و همکاران (۱۳۹۴) بر روی لوبیای قرمز نشان داد عملکرد دانه در تیمار کاربرد خاک پوش به‌طور معنی‌دار (۱۸ درصد) بیش‌تر از تیمار فاقد خاک پوش شد.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد اعمال ۲۰ و ۴۰ درصد کم آبیاری بر گیاهان لوبیا سبز مورد آزمایش، باعث کاهش میانگین کارایی مصرف آب به میزان ۱ و ۳ کیلوگرم بر مترمکعب (به ترتیب ۱۲ و ۳۴ درصد) نسبت به تیمار شاهد کاهش داشته باشد (جدول ۷). همان طور که بیان به دلیل حساسیت بالای لوبیا به تنش خشکی، با کاهش میزان آب آبیاری، عملکرد آن و در نتیجه کارایی مصرف آب در این گیاه نیز کاهش یافت. کاهش کارایی مصرف آب تحت تأثیر تیمار کم آبیاری در گیاه حساس کاهو برگی در پژوهش ذرتی پور و همکاران (۱۳۹۸)، گیاه خربزه در پژوهش حیدریان و همکاران (۱۳۹۶)، گیاه هندوانه ابوجهل در آزمایش پرخیده و همکاران (۱۳۹۷)، گیاه گوجه فرنگی در پژوهش صالحی تیزآبی و همکاران (۱۳۹۹)، گیاه خیار در تحقیق نیکبخت و همکاران (b1399)، گیاه بادمجان در آزمایش مهاوش (Mohawesh, 2016) و گیاه توت فرنگی در پژوهش ساری داش و همکاران (Saridas et al., 2021) حاصل شد.

نتیجه گیری

در پژوهش حاضر تأثیر توأمان تیمارهای کم آبیاری و خاک پوش پلاستیکی شفاف بر عملکرد و کارایی مصرف آب در لوبیا سبز مورد پژوهش قرار گرفت. نتایج حاصل نشان داد کاربرد خاک پوش پلاستیکی شفاف باعث افزایش معنی دار میانگین محتوی کلروفیل برگ (۱۶/۸ درصد)، میانگین محتوی نسبی آب برگ (۵/۲ درصد)، میانگین سطح برگ (۱۱/۲ درصد)، میانگین تعداد غلاف در بوته (۳۴ درصد)، میانگین عملکرد گیاه (۳۸ درصد) و میانگین کارایی مصرف آب (۳۹ درصد) شد. در تیمارهای ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی، میانگین محتوی کلروفیل برگ به ترتیب ۲۰/۶ و ۳۰/۳ درصد، میانگین محتوی نسبی آب برگ به ترتیب ۱۱/۱ و ۲۱/۰ درصد، میانگین سطح برگ به ترتیب ۱۷/۸ و ۵۹/۹ درصد، میانگین تعداد غلاف در بوته به ترتیب ۱۰ و ۴۳ درصد، میانگین عملکرد گیاه به ترتیب ۲۴ و ۵۳ درصد و میانگین کارایی مصرف آب به ترتیب ۱۲ و ۳۴ درصد کاهش معنی دار

مختلف نتیجه شد که حیدریان و همکاران (۱۳۹۶) میانگین عملکرد تحت تأثیر اعمال ۱۰۰، ۷۰ و ۴۰ درصد نیاز آبی را به ترتیب ۴۱۰۲۶/۵، ۲۵۵۱۹/۶ و ۱۸۲۲۳/۱ کیلوگرم در هکتار، پرخیده و همکاران (۱۳۹۷) میانگین عملکرد کل هندوانه ابوجهل در تیمارهای آبیاری ۱۰۰، ۷۰ و ۵۰ درصد نیاز آبی را به ترتیب ۲۱/۸۵، ۱۸/۴۵ و ۹/۶۸ تن در هکتار، صالحی تیزآبی و همکاران (۱۳۹۹) میانگین عملکرد میوه گوجه فرنگی در تیمارهای ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی را به ترتیب ۳/۵۷، ۳/۲۵ و ۲/۰۵ کیلوگرم در مترمربع، نیکبخت و همکاران (b1399) میانگین عملکرد خیار در تیمارهای ۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی را به ترتیب ۳۷/۳، ۲۹/۳ و ۲۰/۸ تن در هکتار و مهاوش میانگین عملکرد گیاه بادمجان در تیمارهای آبیاری ۱۰۰، ۸۰، ۶۰، ۴۰ و ۲۰ درصد نیاز آبی در منطقه غورالصافی را به ترتیب ۲۷۸۴۰، ۲۶۰۲۰، ۱۶۶۸۷، ۱۱۱۳۸ و ۱۰۰۵۷ کیلوگرم در هکتار و در منطقه الکاراک را به ترتیب ۲۸۲۹۰، ۲۱۰۰۰، ۱۵۶۰۰ و ۱۲۵۴۰ کیلوگرم در هکتار (Mohawesh, 2016) به دست آوردند.

بهره‌وری آب

در مناطق خشک و نیمه خشک با منابع آب محدود، استفاده از هر عامل یا روشی که باعث افزایش عملکرد گیاه با کاربرد مقدار معین آب گردد به عنوان یک راه کار مدیریتی مؤثر در افزایش کارایی مصرف آب خواهد بود. همان طور که در جدول ۶ نیز مشاهده شد، استفاده از پلاستیک شفاف برای پوشش خاک ردیف‌های کشت لوبیا سبز باعث افزایش معنی دار میانگین عملکرد نسبت به تیمار شاهد شد. در نتیجه میانگین کارایی مصرف آب در این تیمار به میزان ۲/۵ کیلوگرم بر مترمکعب (۳۹ درصد) نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت. افزایش کارایی مصرف آب با کاربرد خاک پوش نسبت به تیمار بدون خاک پوش در پژوهش‌های افشار و همکاران (۱۳۹۱)، بابازاده و همکاران (۱۳۹۴)، جعفری و جلالی (۱۳۹۵) و ساری داش و همکاران (Saridas et al., 2021) نتیجه شد که در بخش مقدمه به آن‌ها اشاره شد.

۲۸۷-۳۰۲.

ذرتی پور، ا.، سلطانی محمدی، ا. و عالمزاده انصاری، ن. ۱۳۹۸. بررسی عملکرد و بهره‌وری مصرف آب کاهو برگی تحت تنش خشکی و شوری در شرایط گلخانه‌ای. نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۱۳ (۲): ۴۵۰-۴۶۱.

سلامتی، ن. و دانایی، ا. خ. ۱۳۹۵. اثر سطوح مختلف آب بر عملکرد کمی و کیفی سه رقم کنگد با استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای تیپ. نشریه تحقیقات آب و خاک ایران. ۴۷ (۱): ۱۳۷-۱۴۶.

صالحی تیزآبی، س.، گلدانی، م. و نباتی، ج. ۱۳۹۹. تأثیر خشکی ناحیه‌ای بر عملکرد، اجزای عملکرد و کارایی مصرف آب در گیاه گوجه‌فرنگی در شرایط کم آبیاری. مجله آبیاری و زهکشی ایران. ۱۴ (۲): ۴۲۶-۴۳۵.

عزیزی، م.، شهریار، س.، آرویی، ح. و انصاری، ح. ۱۳۹۴. بررسی اثر رژیم‌های مختلف آبیاری و انواع مالچ بر خصوصیات رویشی و میزان اسانس نعنای فلفلی (Mentha piperita). نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۹ (۱): ۱۱-۲۱.

عسکری، م.، کامگار حقیقی، ع. ا.، سپاسخواه، ع. ر.، رزاقی، ف. و رخشنده‌رو، م. ۱۳۹۹. تأثیر کم آبیاری، روش کشت و خاک‌پوش بر محصول و بهره‌وری آب گیاه ماش. نشریه علوم آب و خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی). ۲۴ (۳): ۱۵۱-۱۶۰.

کریم‌زاده، ه. ا.، نظامی، ا.، کافی، م. و تدین، م. ر. ۱۳۹۶. اثر کم آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی در شهرکرد. پژوهش‌های حبوبات ایران. ۸ (۱): ۱۲۶-۱۱۳.

نجفی، ن.، محمودی، ش. و ریحانی‌تبار، ع. ۱۳۹۳. تأثیر رطوبت خاک و کمپوست لجن فاضلاب بر شاخص کلروفیل برگ و برخی ویژگی‌های رشد گیاه یونجه در شرایط گلخانه‌ای. روابط خاک و گیاه. ۵ (۴): ۲۰۵-۲۱۸.

نکوخواه، م. و فلاح، س. ۱۳۹۷. اثر کم آبیاری و نیتروژن بر عملکرد میوه، دانه و روغن کدوی پوست‌کاغذی

داشت. بر اساس نتایج، برهمکنش متقابل خاک‌پوش و کم آبیاری بر صفات محتوی کلروفیل برگ، سطح برگ و تعداد غلاف در بوته اثر معنی‌دار داشت که در هر سطح آبیاری استفاده از خاک‌پوش پلاستیکی شفاف باعث افزایش مقدار میانگین این صفات شد.

منابع

افشار، ه.، صدرقاین، س. ح. و مهرآبادی، ح. ر. ۱۳۹۱. ارزیابی کاربرد مالچ پلاستیک بر عملکرد و میزان آب مصرفی در زراعت پنبه. نشریه آب و خاک. ۲۶ (۶): ۱۴۲۱-۱۴۲۷.

امیری، س. ا.، سلیمی، خ. و ضیائی، س. م. ۱۴۰۰. اثر کم آبیاری بر عملکرد و کارایی مصرف آب عدس (Lens culinaris Medik). مجله تنش‌های محیطی در علوم زراعی. ۱۴ (۱): ۷۵-۸۳.

امینی، ر. ا.، دباغ محمدی نسب، ع. و قلندرزاده، ا. ۱۳۹۴. اثر مالچ و تنش رطوبتی بر برخی صفات فیزیولوژیک، اجزای عملکرد و عملکرد دانه لوبیا قرمز (Phaseolus vulgaris L.). نشریه پژوهش‌های زراعی ایران. ۱۳ (۴): ۶۸۷-۶۹۹.

بابازاده، ح.، عبدزاد گوهری، ع. و خنک، آ. ۱۳۹۴. اثر مدیریت آبیاری و سطوح مختلف مالچ کاه بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه لوبیا. مجله پژوهش آب در کشاورزی. ۲۴ (۲): ۱۲۹-۱۴۰.

پرخیده، ج.، برزگر، ط.، نکونام، ف. و نیکبخت، ج. ۱۳۹۷. بررسی رشد، عملکرد و پاسخ‌های فیزیولوژیکی هندوانه ابوجهل تحت شرایط تنش کم آبیاری. نشریه به‌زراعی کشاورزی. ۲۰ (۲): ۳۵۷-۳۶۹.

جعفری، پ. و جلالی، ا. ه. ۱۳۹۵. تأثیر کاربرد خاک‌پوش پلاستیکی تیره و شفاف بر عملکرد و اجزای عملکرد خربزه در شرایط تنش شوری. نشریه علوم باغبانی. ۳۰ (۱): ۸۰-۸۷.

حیدریان، ن.، برزگر، ط. و قهرمانی، ز. ۱۳۹۶. اثر تنش کم آبی بر رشد، عملکرد، کیفیت میوه و کارایی مصرف آب برخی توده‌های خربزه بومی ایران. به‌زراعی کشاورزی. ۱۹ (۲):

- Kifle, M. and Gebretsadikan, T. G. 2016. Yield and water use efficiency of furrow-irrigated potato under regulated deficit irrigation, Atsibi-Wemberta, North Ethiopia. *Agricultural Water Management*. 170: 133-139.
- Mohawesh, O. 2016. Utilizing deficit irrigation to enhance growth performance and water-use efficiency of eggplant in arid environments. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 18: 265-276.
- Nakawuka, P., Peters, T. R., Kenny, S. and Walsh, D. 2017. Effect of deficit irrigation on yield quantity and quality, water productivity and economic returns of four cultivars of hops in the Yakima Valley, Washington State. *Industrial Crops and Products*. 98: 82-92.
- Saridas, M. A., Kapur, B., Celiktopuz, E., Sahiner, Y. and Paydas Kargi, S. 2021. Land productivity, irrigation water use efficiency and fruit quality under various plastic mulch colors and irrigation regimes of strawberry in the eastern Mediterranean region of Turkey. *Agricultural Water Management*. 245(106568): 1-9.
- Lin, W., Liu, W., Zhou, Sh. and Liu, Ch. 2019. Influence of plastic film mulch on maize water use efficiency in the Loess Plateau of China. *Agricultural Water Management*. 224(105710): 1-7.
- Yaghi, T., Arslan, A. and Naoum, F. 2013. Cucumber (*Cucumis sativus*, L.) water use efficiency (WUE) under plastic mulch and drip irrigation. *Agricultural Water Management*. 128: 149-157.
- (*Cucurbita pepo* L.) در شرایط مالچ پلاستیک. تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۳۴ (۲): ۲۴۵-۲۶۰.
- نیکبخت، ج.، خنده‌رویان، م.، توکلی، ا. و طاهری، م. ۱۳۹۲. اثر کم‌آبیاری با آب مغناطیسی بر عملکرد و بهره‌وری آب ذرت. نشریه پژوهش آب در کشاورزی. ۲۷ (۴): ۵۵۱-۵۶۳.
- نیکبخت، ج.، عشقی، و.، برزگر ساربانقلی، ط. و واعظی، ع. ر. ۱۳۹۹. برهمکنش مصرف کود اوره و آب مغناطیس شده بر عملکرد و کارایی مصرف آب و کود در گیاه خیار (*Cucumis sativus* cv. Kish F1). آب‌وخاک (علوم و صنایع کشاورزی). ۳۴ (۳): ۶۷۵-۶۸۸.
- نیکبخت، ج.، محمدی، ا. و برزگر ساربانقلی، ط. ۱۳۹۹. تأثیر محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک در شرایط کم‌آبیاری بر عملکرد و کارایی مصرف آب خیار (*Cucumis sativus* cv. Kish F1). تحقیقات آب‌وخاک ایران. ۵۱ (۳): ۵۵۳-۵۶۱.
- Allen, R. G., Periera, L. S., Raes, D. and Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration (guidelines for computing crop water requirements). FAO Irrigation and Drainage Paper, No. 56, Rome. Italy.
- Ashrafuzzaman, M., Abdul Halim, M., Razi Ismail, M. and Shahidullah, S. M. 2011. Effect of plastic mulch on growth and yield of chilli (*Capsicum annum* L.) *Biological and Applied Sciences (Brazilian Archives of Biology and Technology)*. 54(2): 321-330.

Effect of Using Transparent Plastic Mulch in Deficit Irrigation Conditions on Yield and Water Productivity Green Beans

J. Nikbakht^{*1}, F. Mohammadi² and T. Barzegar³

Abstract

This research was conducted to investigate the effect of using transparent plastic mulch on yield and water use efficiency in green beans cv. Alamout in deficit irrigation conditions. Research was performed as split plots experiment based on completely randomized blocks design with three replications in 2018 at the Research Farm of Agricultural Faculty, University of Zanjan, Iran. The experiment treatments were deficit irrigation in three levels (100%, 80% and 60% of crop water requirements) as the main plot and transparent plastic mulch in two levels (use and non-use of mulch) as the subplot. Results showed, application of mulch increased significantly mean leaf chlorophyll content, mean relative leaf water content, mean leaf area, mean number of pods per plant, mean yield and mean water productivity compared to control treatment (16.8%, 5.2%, 11.2%, 34%, 38% and 39% respectively). Applying of deficit irrigation at 20 and 40% decreased significantly mean leaf chlorophyll content (20.6% and 30.3%), mean relative leaf water content (11.1% and 21.0%), mean leaf area (17.8% and 59.9%), mean number of pods per plant (10% and 43%), mean yield (24% and 53%) and mean water productivity (12% and 34%) compared to treatment of 100% crop water requirements. Interact effects of deficit irrigation and mulch increased significantly leaf chlorophyll content, leaf area and number of pods per plant such that at each irrigation level use of transparent plastic mulch increased mean values of these traits.

Keywords: Deficit irrigation, Green bean, Transparent plastic mulch, Water productivity

¹ Associate Professor, Department of Water Engineering, University of Zanjan, Zanjan, Iran (*Corresponding Author Email: Nikbakht.jaefar@znu.ac.ir)

² M.Sc. Graduated of Irrigation and Drainage, University of Zanjan, Zanjan, Iran

³ Associate Professor, Department of Horticultural Sciences, University of Zanjan, Zanjan, Iran

Received: 21 Sept 2021

Accepted: 21 Nov 2021

