Archive of SID

نشریه هواشناسی کشاورزی
جلد ۳، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۳۹۴، صص. ۶۷-۵۵

Journal of Agricultural Meteorology
Vol. 3, No. 2, Autumn & Winter 2015, pp. 55-67

مطالعه خصوصیات کمی و کیفی گیاه عدس (رقم بیله‌سوار) تحت تأثیر غلظت‌های مختلف دی‌اکسیدکربن و رژیم‌های مختلف آبیاری

شیده شمس[۱]، محمد موسوی بایگی[۲*]، امین علیزاده[۲]، محمود شور[۳]، علی‌اکبر کامگارحقیقی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۲/۱۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۲/۰۲

چکیده

به‌منظور بررسی اثر غلظت دی‌اکسیدکربن و مقادیر مختلف آب آبیاری بر رشد و عملکرد گیاه عدس، آزمایشی در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد صورت پذیرفت. در این تحقیق آثار افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن از ۴۰۰ به ۸۰۰ و ۱۲۰۰ppm بر رقم بیله‌سوار تحت چهار تیمار آبیاری (FC، ۱۲۵FC٪، ۷۵FC٪ و ۵۰FC٪) تحت یک آزمایش بلوک کاملاً تصادفی بررسی شد. نتایج حاصله نشان داد افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن از ۴۰۰ به ۸۰۰ و ۱۲۰۰ppm به ترتیب موجب افزایش ۲۱ و ۵۰ درصدی عملکرد گیاه شده است که این افزایش در اثر افزایش ۱۳ و ۴۳٪ جرم خشک ۱۰۰ دانه و ۷ و ۴٪ تعداد غلاف‌ها می‌باشد. همچنین دو برابر شدن غلظت دی‌اکسیدکربن به ترتیب افزایش ۱۵، ۲۸ و ۲۲٪ ارتفاع، جرم خشک ساقه و جرم خشک ریشه را به همراه دارد؛ در حالی‌که ۳ برابر شدن غلظت دی‌اکسیدکربن این پارامترها را به ترتیب ۲۴، ۵۹ و ۳۹٪ افزایش می‌دهد. از سوی دیگر دو و سه برابر شدن غلظت دی‌اکسیدکربن به ترتیب موجب کاهش ۱۲ و ۳۰ درصدی و معنی‌دار تبخیر- تعرق و کاهش ۶ و ۱۵٪ میزان پروتئین موجود در دانه می‌گردد. لازم به ذکر است که کاهش میزان آب آبیاری کاهش تولید و نیز کاهش میزان پروتئین را به همراه دارد.

کلمات کلیدی: دی‌اکسیدکربن، تبخیر-تعرق، وزن خشک، عملکرد، پروتئین

مقدمه

پیش از دوران صنعتی شدن متوسط غلظت دی‌اکسیدکربن اتمسفری ۲۷۰ppm بود که این مقدار تا سال ۱۹۹۴ به ۳۶۰ppm رسید (هیأت بین‌الدول تغییر اقلیم[5]، ۱۹۹۵). پیش‌بینی‌ها نشان داده‌اند که تا سال ۲۱۰۰ غلظت دی‌اکسیدکربن اتمسفری به ۴۸۵ تا ۸۵۰ppm خواهد رسید که این مقدار به نرخ انتشار دی‌اکسیدکربن در آینده وابسته می‌باشد (کارتر[6]، ۱۹۹۶). با افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن در اتمسفر، انتظار می‌رود که اقلیم کره زمین دستخوش تغییراتی گردد که افزایش دمای سطحی و تغییر در الگوهای بارش منطقه‌ای بخشی از آن خواهد بود. دی‌اکسیدکربن می‌تواند به طرق مختلفی بر شرایط موجود در کره زمین اثرگذار باشد. در مبحث گرمایش جهانی CO_2 به عنوان یکی از مهم‌ترین گازهای گلخانه‌ای شناخته شده و کاهش میزان آن در اتمسفر ضروری به حساب می‌آید. از سوی دیگر، دی‌اکسیدکربن نقش بسیار مهمی را در بخش کشاورزی ایفا می‌نماید که نبایستی آن را نادیده گرفت. افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن موجب افزایش نرخ فتوسنتز شده، ماده آلی بیش‌تر و تولیدات گیاهی بیش‌تر را به همراه دارد. با این حال، افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن در برخی مناطق می‌تواند اثراتی منفی را بر رشد گیاه به جای بگذارد. به طور کلی می‌توان گفت افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن و تغییر اقلیم می‌تواند اثرات گسترده‌ای بر تولیدات کشاورزی داشته باشد (هیأت بین‌الدول تغییر اقلیم، ۱۹۹۵). بررسی‌ها نشان داده است دو برابر

[۱] دانشجوی دکترای هواشناسی کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
[۲] استاد گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*نویسنده مسئول: mousavib@um.ac.ir)
[۳] دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
[۴] استاد گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

[5] IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change

[6] Carter

www.SID.ir

Archive of SID

شدن غلظت دی‌اکسیدکربن در بسیاری از گیاهان موجب افزایش ۱۰-۵۰٪ عملکرد محصول می‌شود (کیور و آکوک[1]، ۱۹۸۶). عکس‌العمل گیاهان متفاوت نسبت به افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن متفاوت می‌باشد (لیکی[2]، ۲۰۰۹). افزایش دی‌اکسیدکربن بر گیاهان لگومینوز در مقایسه با غلات تأثیر بیش‌تری می‌گذارد که این امر را وابسته به عمل تثبیت نیتروژن در ریشه گیاه دانسته‌اند (روجرز و همکاران[3]، ۲۰۰۶؛ موران و جاترو[4]، ۲۰۱۰). نتایج حاصل از پژوهش‌های پیشین نشان داده است که افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن اثر معنی‌داری را بر اندازه دانه لوبیا قرمز ندارد با این حال فتوسنتز و عملکرد دانه را به ترتیب ۵۰ و ۲۴ درصد افزایش می‌دهد (پراساد و همکاران[5]، ۲۰۰۲). بررسی دیگری بر لوبیا نشان داده است که افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن موجب افزایش تعداد نیام‌ها و در نتیجه عملکرد دانه می‌شود (بونس[6]، ۲۰۰۸). تحقیقات پیشین نشان داده است هنگامی‌که سویا تحت غلظت ۷۴۰ppm دی‌اکسیدکربن رشد نماید ارتفاع گیاه، سطح برگ، وزن خشک ساقه و عملکرد گیاه در مقایسه با غلظت نرمال دی‌اکسیدکربن به ترتیب ۲۵/۴، ۱۵/۸، ۳۳/۴ و ۲۵/۳ درصد افزایش خواهد داشت (لی و همکاران[7]، ۲۰۱۳). افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن از ۳۵۰ به ۷۵۰ppm عملکرد دانه لوبیا قرمز را ۲۰٪ افزایش می‌دهد (شمس و همکاران، ۱۳۹۰). همچنین نشان داده شده است که افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن از ۴۰۰ به ۷۰۰ppm، سطح برگ، وزن ماده خشک تولید شده و عملکرد دانه عدس را به ترتیب ۲۰، ۳۰-۲۰ و ۶۰٪ افزایش می‌دهد (ناصر و همکاران[8]، ۲۰۰۸). در بسیاری از گونه‌های گیاهی افزایش گاز دی‌اکسیدکربن اتمسفری موجب کاهش ۳۳-۵۰ درصدی هدایت روزنه‌ای و در نتیجه ۲۰-۲۷٪ کاهش در تعرق برگ گیاه می‌شود (مدلین و همکاران[9]، ۲۰۰۱؛ کیمبال و همکاران[10]، ۲۰۰۲). کنگ و همکاران[11] (۲۰۰۲) نشان دادند که دو برابر شدن غلظت دی‌اکسیدکربن تحت شرایط آبیاری کامل میزان تعرق گندم، ذرت و پنبه را به ترتیب ۱۷/۴، ۲۲/۱ و ۵/۶٪ کاهش می‌دهد (کیمبال و ایدزو[12]، ۱۹۸۳). به‌طور کلی می‌توان گفت افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن موجب افزایش رشد و عملکرد گیاه می‌شود (روجرز و همکاران، ۲۰۰۴؛ مورگان و همکاران[13]، ۲۰۰۵؛ لی و همکاران ۲۰۱۳). همچنین تحت شرایط تنش آبی، اثر افزاینده افزایش دی‌اکسیدکربن اثر کاهنده کمبود آب را خنثی می‌نماید (لالر و کورنیک[14]، ۲۰۰۲، لی و همکاران، ۲۰۱۳). بررسی‌ها نشان داده است که افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن به طور قابل ملاحظه‌ای کارایی مصرف آب در گیاهانی که تحت تنش آبی واقع شده‌اند را افزایش می‌دهد (لیکی، ۲۰۰۹)، بنابراین می‌تواند اثرات تخریبی کمبود آب را جبران نماید (اینسورت و لانگ[15]، ۲۰۰۵؛ پری و همکاران[16]، ۲۰۱۳). با این حال گزارش شده است هنگامی‌که تنش آبی شدید باشد، افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن نمی‌تواند اثرات منفی کاهش آب را جبران نماید (شمس و همکاران، ۱۳۹۰؛ پری و همکاران، ۲۰۱۳). عدس (Lens culinaris Medic) از جمله حبوبات مهم در مناطق نیمه خشک جهان می‌باشد (مولبار و همکاران[17]، ۱۹۹۵). با توجه به آن که در میان حبوبات بعد از سویا عدس بیش‌ترین مقدار پروتئین و کم‌ترین میزان روغن را دارد، لذا مصرف انسان به سرعت افزایش خواهد یافت (یاداو و همکاران[18]، ۲۰۰۷). لذا با توجه به کمبود تحقیقات صورت گرفته بررسی بر هم‌کنش افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن و نیز سطوح مختلف آبیاری بر چگونگی رشد و عملکرد این گیاه ارزشمند خواهد بود.

مواد و روش‌ها

این بررسی در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی ۱۳۹۳ صورت پذیرفت. در این تحقیق به بررسی اثر افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن اتمسفری تحت تیمارهای مختلف آبیاری و برهم‌کنش آن‌ها پرداخته شد. این تحقیق بر اساس آزمایش فاکتوریل در طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۴ تکرار انجام شد. چهار سطح آبیاری (نیاز آبی گیاه (I_0)، ۱۲۵٪ (I_1)، ۷۵٪ (I_2) و ۵۰٪ نیاز آبی گیاه (I_3)) فاکتور اول و

[1] Cure and Acock
[2] Leakey
[3] Rogers et al.
[4] Moran and Jastrow
[5] Prasad et al.
[6] Bunce
[7] Li et al.
[8] Nasser et al.
[9] Medlyn et al.
[10] Kimball et al.
[11] Kang et al.
[12] Idso
[13] Morgan et al.
[14] Lawlor and Comic
[15] Ainsworth and Long
[16] Perry et al.
[17] Muehlbaue et al.
[18] Yadav et al.

www.SID.ir

Archive of SID

سه سطح غلظت گاز دی‌اکسیدکربن (۴۰۰ (C_0)، ۸۰۰ (C_1) و ۱۲۰۰ppm (C_2)) فاکتور دوم را تشکیل دادند. تیمارهای مورد بررسی از زمان جوانه‌زدن گیاه شروع شده و تا پایان فصل کشت ادامه یافت. در این بررسی آبیاری به روش وزنی و بر اساس کسری از میزان رطوبت در حالت ظرفیت زراعی انجام گرفت. با توجه به وزن خاک موجود در هر گلدان و گنجایش زراعی خاک مورد بررسی ($FC=0/37cm^{-3}cm^{-3}$)، میزان آب مورد نیاز برای رساندن هر گلدان به حد رطوبت در تیمار مورد نظر محاسبه شد. لذا در هر نوبت آبیاری (دور آبیاری سه روز) هر گلدان وزن شده و به میزان تفاوت وزن گلدان با وزن مورد نظر (وزن محاسبه شده برای گلدان در حالت FC و یا درصدی از آن)، آب به گلدان اضافه شد. میزان کمبود آب هر گلدان نشان‌دهنده میزان تبخیر- تعرق آن طی دوره آبیاری بوده و مجموع مقدار آب اضافه شده به هر تیمار نشان دهنده تبخیر- تعرق کل می‌باشد. لازم به ذکر است در این آزمایش گلدان‌های تخریبی در نظر گرفته شد، تا با استفاده از آن گلدان‌ها بتوان وزن بوته‌های عدس را محاسبه نموده و در احتساب آب داده شده به هر یک از تیمارها لحاظ گردد. برای تنظیم دی‌اکسیدکربن با غلظت‌های مورد نظر از یک سیستم کاملاً خودکار استفاده شد. در این سیستم اتاقک‌هایی با ابعاد ۳×۱/۵ متر و ارتفاع ۲ متر با پوشش پلاستیکی طراحی شدند. به منظور تزریق دی‌اکسیدکربن به این محفظه‌ها از کپسول‌های ۵۰ کیلویی دی‌اکسیدکربن استفاده شد. همچنین به‌منظور کنترل غلظت گاز ورودی به هر محفظه شیرهای برقی و تایمرهای مورد نظر در مسیر قرار داده شد. این سیستم با استفاده از یک سلول نوری در شب خاموش و با افزایش شدت نور در روز روشن می‌شود. در نهایت با استفاده از حجم محفظه‌های طراحی شده میزان غلظت دی‌اکسیدکربن وارد شده به هر محفظه با دقت اندازه‌گیری و کنترل شد. به‌منظور تعیین طول ساقه در طی فصل رشد بلندترین ساقه از بوته اندازه‌گیری شده و تغییرات ارتفاع ساقه در طی زمان و در نتیجه طول نهایی ساقه به دست آمد. پس از پایان فصل رشد وزن خشک ریشه، وزن خشک ساقه، وزن صد دانه و عملکرد محاسبه گردید. همچنین میزان پروتئین موجود در دانه‌ها به روش کلدال تعیین گردید. مقایسه میانگین‌ها و تجزیه واریانس مقدار و اجزای عملکرد با استفاده از نرم‌افزار SPSS و در سطح معنی‌داری ۵٪ صورت گرفت.

نتایج

تبخیر- تعرق

جدول (۱) مقادیر مختلف تبخیر- تعرق گیاه عدس در تیمارهای مختلف آبیاری را نشان می‌دهد. با توجه به جدول مشاهده می‌شود کاهش آب آبیاری از تیمار I_0 به تیمار I_2 می‌تواند موجب کاهش ۱۷ تا ۲۴ درصدی تبخیر- تعرق گردد، که بیش‌تر این کاهش متعلق به تیمارهایی است که تحت غلظت ۱۲۰۰ppm غلظت دی‌اکسیدکربن قرار گرفته‌اند. از سوی دیگر کاهش آب آبیاری تا ۵۰٪FC موجب کاهش ۳۴ تا ۵۰ درصدی میزان تبخیر- تعرق می‌شود، با این حال بیش‌ترین میزان کاهش تبخیر- تعرق در این حالت مربوط به تیمارهای تحت غلظت دی‌اکسیدکربن اتمسفری می‌باشد. علاوه بر آن مشاهده می‌شود افزایش میزان آبیاری تا ۱۲۵٪FC نیز موجب افزایش معنی‌دار تبخیر- تعرق گیاه می‌شود، که این افزایش بین ۱۵ تا ۲۲ درصد در نوسان می‌باشد. افزایش غلظت دی‌اکسید کربن اتمسفری کاهش معنی‌داری را در میزان تبخیر- تعرق گیاه به همراه دارد. با توجه به جدول مشاهده می‌شود در تیمارهای آبیاری I_0، I_1، I_2 و I_3 افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن از ۴۰۰ به ۸۰۰ppm به‌ترتیب موجب کاهش ۱۵، ۱۷، ۱۳ و ۳ درصدی میزان تبخیر- تعرق گیاه می‌شود. همچنین در صورت افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن تا ۱۲۰۰ppm این میزان کاهش به ترتیب برابر با ۳۴، ۴۲، ۲۶ و ۱۹ درصد خواهد شد.

جدول ۱- اثر متقابل مقادیر مختلف گاز دی‌اکسیدکربن و آب آبیاری بر تبخیر- تعرق (کیلوگرم)

I_3	I_2	I_1	I_0	
۲/۵۳۹^{f}	۳/۲۶۵^{d}	۴/۳۶۳^{a}	۳/۸۰۶^{b}	C_0
۲/۴۶۳^{f}	۲/۷۸۸^{e}	۳/۸۷۵^{b}	۳/۳۱۳^{d}	C_1
۲/۱۳۲^{h}	۲/۲۹۵^{g}	۳/۴۶۶^{c}	۲/۸۴۷^{e}	C_2

میانگین‌هایی که حروف مشترک دارند بر اساس آزمون دانکن از لحاظ آماری در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌دار ندارند.

بررسی‌های پیشین نشان داده است که افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن تا ۶۶۰ppm تبخیر- تعرق سویا را ۱۰٪ کاهش می‌دهد (جونز و همکاران[1]، ۱۹۸۵). همچنین شمس و همکاران (۱۳۹۰) نشان دادند که دو برابر شدن غلظت دی‌اکسیدکربن از ۳۵۰ppm موجب کاهش ۱۵ درصدی نرخ تبخیر- تعرق گیاه لوبیا

[1] Jones et al.

www.SID.ir

Archive of SID

قرمز می‌شود. از سوی دیگر برکارت و همکاران[1] (۲۰۰۴) نشان دادند که افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن در گیاهانی که به‌طور کامل آبیاری می‌شوند موجب کاهش تبخیر- تعرق می‌شود اما در گیاهانی که تحت تنش آبی قرار داشته باشند افزایش دی‌اکسیدکربن اثری بر تبخیر- تعرق گیاه نخواهد داشت. ایشان دلیل این امر را وسعت ریشه در لایه‌های پایینی خاک دانسته‌اند، با این حال در تحقیق حاضر کاهش میزان آب آبیاری اثر کاهنده دی‌اکسیدکربن بر تبخیر- تعرق را از بین نبرد، دلیل این امر را می‌توان محدود بودن عمق گلدان دانست.

طول ساقه

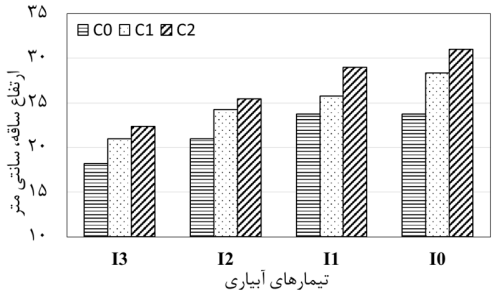
شکل (۱)، تغییرات ارتفاع ساقه گیاه عدس را در تیمارهای مورد آزمایش نشان می‌دهد. همان‌گونه که در شکل مشخص است کاهش آبیاری موجب کاهش ارتفاع ساقه می‌شود، همچنین افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن افزایش ارتفاع ساقه را به همراه دارد.

جدول ۲- اثر متقابل مقادیر مختلف گاز دی‌اکسیدکربن و آب آبیاری بر طول ساقه (سانتی‌متر)

I_3	I_2	I_1	I_0	
۱۸/۲۱^{f}	۲۰/۹۸^{e}	۲۳/۷۳^{cd}	۲۳/۷۱^{cd}	C_0
۲۰/۹۷^{de}	۲۴/۲۲^{dc}	۲۵/۷۶^{c}	۲۸/۳۷^{b}	C_1
۲۲/۳۶^{de}	۲۵/۴۴^{c}	۲۸/۹۶^{b}	۳۱/۰۱^{a}	C_2

میانگین‌هایی که حروف مشترک دارند بر اساس آزمون دانکن از لحاظ آماری در سطح ٪۵ اختلاف معنی‌دار ندارند

خلاصه نتایج حاصله از تحلیل‌های آماری انجام شده در جدول (۲) ارائه شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود با تغییر میزان آب آبیاری از FC به ۱۲۵، ۷۵ و ۵۰٪FC ارتفاع ساقه گیاه به ترتیب ۵، ۱۷ و ۳۵ درصد کاهش می‌یابد. با این حال در تیمارهای غلظت دی‌اکسیدکربن نرمال ارتفاع گیاه در آبیاری‌های FC و ۱۲۵٪FC تقریباً یکسان بوده و از لحاظ آماری معنی‌داری نمی‌باشند. علاوه بر آن، آبیاری به میزان ۱۲۵٪FC در غلظت‌های بالای دی‌اکسیدکربن نه تنها موجب افزایش طول ساقه نمی‌شود، بلکه کاهش طول ساقه را به همراه دارد. در حالی که جرم خشک ساقه در این حالت افزایش می‌یابد، که این امر در اثر ضخیم‌تر شدن ساقه گیاه به وقوع پیوسته است.



شکل ۱- تغییرات طول ساقه در تیمارهای مورد مطالعه

همان‌گونه که در جدول (۲) ارائه شده است افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن محیطی همراه با افزایش طول ساقه می‌باشد، که این به معنای فتوسنتز بیش‌تر و در نتیجه رشد و تولید ماده‌ی آلی بیش‌تر می‌باشد، که با نتایج به دست آمده از وزن خشک ساقه هماهنگی دارد. با این حال همان‌گونه که در جدول مشاهده می‌شود ارتفاع ساقه گیاه عدس در تیمارهای آبیاری ۱۲۵٪FC با افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن از ۴۰۰ به ۸۰۰ppm تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند. نتایج حاصل از آنالیزهای آماری نشان دادند که افزایش غلظت گاز دی‌اکسیدکربن در محیط رشد گیاه از ۴۰۰ به ۸۰۰ و ۱۲۰۰ppm به ترتیب موجب افزایش ۱۵ و ۲۴ درصدی ارتفاع ساقه گیاه می‌شود، که بیش‌ترین میزان افزایش را می‌توان در تیمارهای آبیاری FC مشاهده نمود که به ترتیب ۲۰ و ۳۱٪ افزایش طول ساقه دارند. نتایج به دست آمده از این تحقیق با نتایج حاصله از بررسی سایر محققان همخوانی دارد (پال و همکاران[2]، ۲۰۰۴؛ واناجا و همکاران[3]، ۲۰۰۷). نشان داده شده است که افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن از ۳۸۰ به ۷۴۰ppm موجب افزایش ۲۵/۴ درصدی ارتفاع ساقه سویا می‌شود (لی و همکاران[4]، ۲۰۱۳). لی و همکاران[5] (۱۹۹۷) نشان دادند که افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن از ۳۵۰ به ۵۰۰ppm اثری بر ارتفاع ساقه سویا ندارد، که نتیجه به دست آمده از این تحقیق با درصد بسیاری از مطالعات صورت گرفته متفاوت می‌باشد، که این امر را می‌توان به خصوصیات رقم مورد بررسی نسبت داد. چرا که با توجه به نتایج حاصل از این مطالعه افزایش دی‌اکسیدکربن اثری بر تولید ماده آلی و شاخص سطح برگ نیز ندارد. از سوی دیگر می‌توان شرایط محیطی را نیز در این امر دخیل دانست، به طور مثال ممکن است

[1] Burkart et al.

[2] Pal et al.
[3] Vanaja et al.
[4] Li et al.
[5] Lee et al.

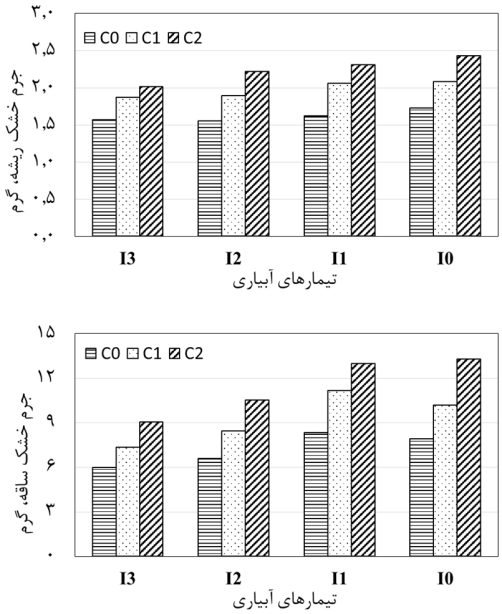
www.SID.ir

Archive of SID

در صورتی که غلظت دی‌اکسیدکربن به بیش از ۵۰۰ppm افزایش یافته بود نتایج حاصله از این بررسی متفاوت بود.

جرم خشک ریشه و ساقه

شکل (۲) تغییرات جرم خشک ریشه و ساقه گیاه عدس در تیمارهای مختلف را نشان می‌دهد. با توجه به جدول (۳) و شکل (۲) مشاهده می‌شود کاهش میزان آب آبیاری موجب کاهش جرم خشک ریشه و ساقه می‌شود، همچنین افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن افزایش جرم ریشه و ساقه را در پی دارد.



شکل ۲- تغییرات جرم خشک ساقه و ریشه در تیمارهای مورد بررسی

جدول ۳- اثر متقابل مقادیر مختلف گاز دی‌اکسیدکربن و آب آبیاری بر جرم خشک ریشه و ساقه (گرم)

		I_0	I_1	I_2	I_3
جرم	C_0	۱/۷۳۴^{g}	۱/۶۲۴^{g}	۱/۵۵۵^{h}	۱/۵۶۶^{h}
خشک	C_1	۲/۰۸۳^{cd}	۲/۰۶۴^{d}	۱/۸۹۴^{ef}	۱/۸۳۷^{f}
ریشه	C_2	۲/۴۳۵^{a}	۲/۳۰۸^{ab}	۲/۲۱۸^{bc}	۲/۰۱۷^{de}
جرم	C_0	۷/۹۳۶^{de}	۸/۳۲۷^{cde}	۶/۵۷۷^{f}	۵/۹۸۴^{f}
خشک	C_1	۱۰/۱۹۰^{b}	۱۱/۱۷۶^{b}	۸/۴۴۴^{cd}	۷/۳۳۸^{e}
ساقه	C_2	۱۳/۲۹۷^{a}	۱۲/۹۸۳^{a}	۱۰/۵۴۵^{b}	۹/۰۴۴^{c}

میانگین‌هایی که حروف مشترک دارند بر اساس آزمون دانکن از لحاظ آماری در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌دار ندارند

کاهش وزن ریشه در اثر افزایش آب آبیاری در هر سه تیمار دی‌اکسیدکربن مشاهده می‌شود، با این حال این کاهش اندک بوده (به طور متوسط ۵٪) و معنی‌دار نمی‌باشد. ریشه برای تأمین آب مورد نیاز خود در خاک انشعابات متعددی تولید می‌کند، لذا در صورتی که آب به میزان فراوان در دسترس گیاه قرار گیرد، ریشه نیازی به تولید انشعاب ندیده، رشد ننموده و وزن آن کم می‌شود. از سوی دیگر همان‌گونه که مشاهده می‌شود کاهش آب آبیاری از FC به ۷۵ و ۵۰FC٪ موجب کاهش معنی‌دار وزن خشک ریشه در سه تیمار غلظت دی‌اکسیدکربن می‌شود. با توجه به جدول مشاهده می‌شود که در تیمارهای دی‌اکسیدکربن ۴۰۰ و ۸۰۰ppm، کاهش آب آبیاری از ۷۵ به ۵۰٪ ظرفیت زراعی مزرعه اثر معنی‌داری بر جرم خشک ریشه نخواهد داشت در حالی که در تیمار غلظت دی‌اکسیدکربن ۱۲۰۰ppm این اختلاف در سطح آماری ۵٪ معنی‌دار می‌باشد. با توجه به جدول مشاهده می‌شود که افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن موجب افزایش معنی‌دار جرم خشک ریشه می‌شود، به طور متوسط بالا رفتن غلظت دی‌اکسیدکربن از ۴۰۰ به ۸۰۰ و ۱۲۰۰ppm به ترتیب موجب افزایش ۲۲ و ۳۹ درصدی جرم خشک ریشه می‌شود، که این افزایش در سطح آماری ۵٪ معنی‌دار می‌باشد. این نتیجه مطابق با نتایج به دست آمده از تحقیقات سایر محققین می‌باشد (مدو و هتفیلد[1]، ۲۰۱۳؛ پکلسکی و همکاران[2]، ۲۰۱۵). علت افزایش جرم خشک ریشه تحت شرایط غلظت‌های بالای دی‌اکسیدکربن را افزایش طول ریشه و نفوذ بیش‌تر آن در خاک دانسته‌اند (واناجا و همکاران، ۲۰۰۷؛ بنلوچ-گنزالس و همکاران[3]، ۲۰۱۴)، که این خصوصیت تحت شرایط آب و هوایی خشک، امتیاز مهمی برای گیاه محسوب می‌شود. همان‌گونه که در جدول (۱) مشاهده می‌شود در تیمارهای دی‌اکسیدکربن ۴۰۰ و ۸۰۰ppm با افزایش آب آبیاری وزن خشک ساقه به طور متوسط ۷٪ افزایش می‌یابد که این افزایش معنی‌دار نمی‌باشد. با این حال در تیمار دی‌اکسیدکربن ۱۲۰۰ppm وزن خشک ساقه با افزایش آب آبیاری تا ۱۲۵FC٪، دو درصد کاهش نشان می‌دهد. نتایج حاصل از مطالعات نشان می‌دهد که کاهش آب آبیاری از FC به ۷۵FC٪، وزن خشک ساقه را به میزان تقریبی ۲۳٪ به طور معنی‌داری کاهش می‌دهد، که نرخ این کاهش در تیمارهای غلظت ۱۲۰۰ppm کمی بیش‌تر از دو غلظت دیگر است (۲۶٪ در برابر ۲۱٪). علاوه بر آن کاهش آب آبیاری از FC به

[1] Madhu and Hatfield
[2] Pacholski et al.
[3] Benlloch-Gonzalez et al.

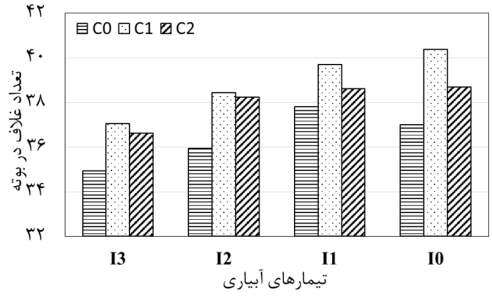
www.SID.ir

Archive of SID

۵۰٪FC، در تیمارهای غلظت دی‌اکسیدکربن ۴۰۰، ۸۰۰ و ۱۲۰۰ppm به ترتیب موجب کاهش معنی‌دار ۳۳، ۳۹ و ۴۷ درصدی وزن خشک ساقه می‌شود. از سوی دیگر وزن خشک ساقه در تیمارهای آبیاری ۷۵ و ۵۰٪FC اختلاف معنی‌داری را با یکدیگر نشان می‌دهد. افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن از ۴۰۰ به ۸۰۰ و ۱۲۰۰ppm به طور متوسط موجب افزایش معنی‌دار ۲۸ و ۵۹ درصدی وزن خشک ساقه می‌گردد. با افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن از ۴۰۰ به ۸۰۰ppm بیش‌ترین افزایش وزن خشک ساقه در تیمار I_1 (آبیاری ۱۲۵٪FC) مشاهده می‌شود (۳۴٪)، با این حال هنگامی که غلظت دی‌اکسیدکربن از ۴۰۰ به ۱۲۰۰ppm می‌رسد بیش‌ترین افزایش وزن خشک ساقه در تیمار آبیاری ۷۵٪FC مشاهده می‌شود (۶۰٪)، و همان‌گونه که در جدول مشاهده می‌شود میان تیمارهای I_0C_1، I_1C_1 و I_2C_2 تفاوت معنی‌داری از لحاظ آماری وجود ندارد، که این امر گویای آن است که افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن تا مقادیر بالاتر اثر کاهنده کاهش آب آبیاری را خنثی نموده و موجب افزایش تولید ماده آلی می‌شود. با توجه به نتایج حاصل از این بررسی افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن افزایش ارتفاع ساقه را به همراه دارد، که در نتیجه آن افزایش جرم خشک ساقه اجتناب ناپذیر می‌باشد. نتایج به دست آمده از این بررسی با نتایج حاصله از مطالعات سایر محققان همخوانی دارد (بلوچی و همکاران، ۱۳۸۷؛ پال و همکاران ۲۰۰۴؛ واناجا و همکاران، ۲۰۰۷؛ لی و همکاران، ۲۰۱۳).

تعداد غلاف ها

شکل (۳) نشان‌دهنده میزان تغییرات تعداد غلاف‌های به دست آمده از هر بوته گیاه عدس تحت تیمارهای آبیاری مورد مطالعه می‌باشد. همان‌گونه که در شکل مشاهده می‌شود تعداد غلاف‌های تشکیل شده در هر بوته با کاهش میزان آب آبیاری کاهش می‌یابد، همچنین افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن از ۴۰۰ به موجب افزایش تعداد غلاف‌ها می‌شود در حالی که تعداد غلاف‌های تولید شده در غلظت ۱۲۰۰ppm کم‌تر از تعداد غلاف‌ها در گیاهان تحت تیمار ۸۰۰ppm می‌باشد.



شکل ۳- تعداد غلاف‌ها در بوته تحت تیمارهای مورد مطالعه

با مراجعه به جدول (۴) مشاهده می‌شود کاهش آب آبیاری، کاهش تعداد غلاف‌ها در بوته را به همراه دارد. همچنین تفاوت معنی‌داری میان تعداد غلاف‌های حاصل در تیمارهای آبیاری FC و ۱۲۵ و ۷۵٪FC وجود ندارد. علاوه بر آن تعداد غلاف‌ها در تیمارهای ۷۵ و ۵۰٪FC نیز با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نشان نمی‌دهند. افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن تا ۸۰۰ppm موجب افزایش معنی‌دار ۷ درصدی تعداد غلاف ها در بوته می‌شود، در حالی‌که افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن از ۴۰۰ به ۱۲۰۰ppm افزایش ۴ درصدی تعداد غلاف‌ها را به همراه دارد که این افزایش تنها در تیمار آبیاری ۷۵٪FC معنی‌دار می‌باشد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن موجب افزایش تعداد غلاف‌های حاصل از هر بوته می‌شود. نتایج آنالیزهای آماری نشان می‌دهد که تعداد غلاف‌های موجود در هر بوته در تیمارهای دی‌اکسیدکربن ۴۰۰ppm به طور معنی‌داری از تعداد غلاف‌ها در تیمارهای ۸۰۰ و ۱۲۰۰ppm کم‌تر می‌باشد. در حالی که اختلاف میان تعداد غلاف‌ها در تیمارهای ۸۰۰ و ۱۲۰۰ppm معنی‌دار نمی‌باشد. مطالعه‌ی بررسی‌های پیشین نیز نشان داده است که دو برابر شدن غلظت دی‌اکسیدکربن افزایش تعداد غلاف‌ها را به همراه دارد (روجرز و همکاران[1]، ۱۹۸۶؛ ساها و همکاران[2]، ۲۰۱۲).

جدول ۴- اثر متقابل مقادیر مختلف گاز دی‌اکسیدکربن و آب آبیاری بر تعداد غلاف در هر بوته

I_3	I_2	I_1	I_0	
۳۴/۹^{e}	۳۵/۹^{de}	۳۷/۸^{bcd}	۳۷/۰^{cd}	C_0
۳۷/۱^{cd}	۳۸/۴^{abc}	۳۹/۷^{ab}	۴۰/۴^{a}	C_1
۳۶/۶^{cde}	۳۸/۲^{bc}	۳۸/۶^{abc}	۳۸/۷^{abc}	C_2

میانگین‌هایی که حروف مشترک دارند بر اساس آزمون دانکن از لحاظ آماری در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌دار ندارند.

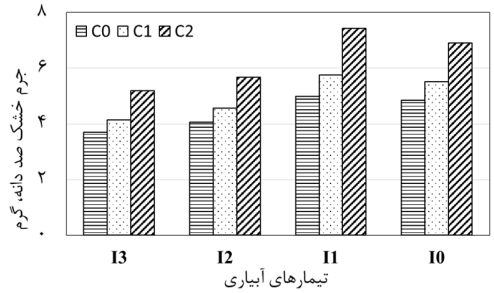
[1] Rogers et al.
[2] Saha et al.

www.SID.ir

Archive of SID

جرم خشک ۱۰۰ دانه

با کاهش آب آبیاری جرم ۱۰۰ دانه کاهش می‌یابد، از سوی دیگر با افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن این پارامتر افزایش نشان می‌دهد (شکل ۴). با مراجعه به جدول (۵) مشاهده می‌شود در تیمارهای غلظت دی‌اکسیدکربن ۴۰۰ و ۸۰۰ppm افزایش آب آبیاری از FC به ۱۲۵FC٪ افزایش معنی‌داری را در وزن خشک ۱۰۰ دانه نخواهد داشت با این حال تحت غلظت ۱۲۰۰ppm دی‌اکسیدکربن این افزایش هفت درصدی معنی‌دار می‌باشد. از سوی دیگر آنالیز آماری نتایج حاصله نشان می‌دهد که اختلاف میان تیمارهای آبیاری ۷۵ و ۵۰FC٪ در هیچ یک از تیمارهای غلظت دی‌اکسیدکربن معنی‌دار نمی‌باشد. با این حال کاهش آب آبیاری از FC به ۷۵FC٪ و ۵۰FC٪ موجب کاهش معنی‌دار و تقریبی ۲۱ و ۳۳ درصدی وزن خشک ۱۰۰ دانه می‌شود.



شکل ۴- جرم خشک صد دانه در تیمارهای مورد بررسی

از سوی دیگر همان‌گونه که مشاهده می‌شود افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن از ۴۰۰ به ۸۰۰ و ۱۲۰۰ppm موجب افزایش تقریبی ۱۳ و ۴۳ وزن خشک ۱۰۰ دانه می‌شود، که این افزایش در سطح آماری ۵٪ معنی‌دار می‌باشد. بیش‌ترین میزان افزایش جرم خشک صد دانه با تغییر غلظت دی‌اکسیدکربن را می‌توان در تیمار آبیاری ۱۲۵FC٪ مشاهده نمود که در حالت به ترتیب با دو و سه برابر شدن غلظت دی‌اکسیدکربن جرم خشک دانه به ترتیب ۱۶ و ۴۹ درصد افزایش می‌یابد. همان‌گونه که در جدول مشاهده می‌شود، میان تیمارهای I_0C_0، I_1C_0 و I_2C_1 و همچنین تیمارهای I_0C_1، I_1C_1 و I_2C_2 اختلاف معنی‌داری وجود ندارد، که این امر گویای آن است که افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن کاهش ناشی از کم آبیاری را کاهش می‌دهد.

جدول ۵- اثر متقابل مقادیر مختلف گاز دی‌اکسیدکربن و آب آبیاری بر جرم خشک ۱۰۰ دانه (گرم)

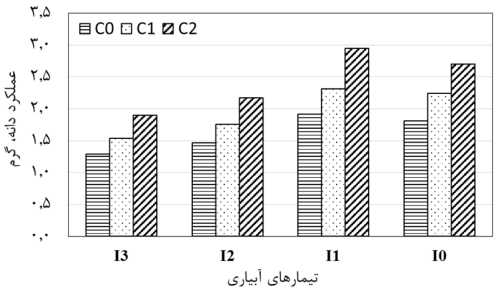
I_3	I_2	I_1	I_0	
۳/۶۹۲^{i}	۴/۰۷۱^{hi}	۴/۹۸۷^{efg}	۴/۸۵۹^{fg}	C_0
۴/۱۴۳^{hi}	۴/۵۷۲^{gh}	۵/۷۶۳^{c}	۵/۵۱۰^{cde}	C_1
۵/۱۸۵^{def}	۵/۶۷۶^{cd}	۷/۴۳۶^{a}	۶/۹۱۲^{b}	C_2

میانگین‌هایی که حروف مشترک دارند بر اساس آزمون دانکن از لحاظ آماری در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌دار ندارند

افزایش جرم خشک ۱۰۰ دانه در این بررسی هم‌راستا با نتایج به دست آمده از تحقیق هاینمن و همکاران[1] (۲۰۰۶) می‌باشد، نتایج نشان داد افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن افزایش عملکرد دانه را در پی دارد که این افزایش عملکرد در اثر افزایش جرم دانه می‌باشد، نه افزایش تعداد دانه‌ها. همچنین نتایج به دست آمده از سایر مطالعات نیز با نتیجه به دست آمده از این پژوهش هماهنگی دارد (شمس و همکاران، ۱۳۹۰؛ هاینمن و همکاران ۲۰۰۶؛ ساها و همکاران، ۲۰۱۲؛ هوگی و همکاران[2]، ۲۰۱۳).

عملکرد دانه

شکل (۵) نشان‌دهنده تغییرات عملکرد دانه در بوته گیاه عدس در تیمارهای مختلف اعمال شده می‌باشد. همان‌گونه که در شکل مشاهده می‌شود افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن موجب افزایش عملکرد دانه در بوته می‌شود. همچنین کاهش آب آبیاری، این عملکرد را کاهش می‌دهد.



شکل ۵- تغییرات عملکرد دانه در تیمارهای مورد بررسی (گرم)

با توجه به جدول (۶) مشاهده می‌شود که افزایش آب آبیاری از FC به ۱۲۵FC٪ افزایش معنی‌داری را برای عملکرد تیمارهای غلظت دی‌اکسیدکربن C_0 و C_1 به همراه ندارد. با این حال گیاهانی که تحت غلظت ۱۲۰۰ppm دی‌اکسیدکربن رشد کرده‌اند افزایش

[1] Heinemann et al.
[2] Hogy et al.

www.SID.ir

Archive of SID

میزان آب در دسترس گیاه موجب افزایش معنی‌دار هشت درصدی عملکرد می‌شود. کاهش آب آبیاری از FC به ۷۵ و ۵۰٪FC به ترتیب موجب کاهش ۲۵ و ۴۳ درصدی عملکرد گیاه می‌شود. از سوی دیگر با توجه به جدول مشاهده می‌شود که کاهش آب آبیاری از ۷۵٪FC به ۵۰٪FC نیز همراه با کاهش معنی‌دار عملکرد دانه می‌شود.

جدول ۶- اثر متقابل مقادیر مختلف گاز دی‌اکسیدکربن و آب آبیاری بر عملکرد دانه (گرم)

I_3	I_2	I_1	I_0	
۱/۲۹۰^{f}	۱/۴۶۳^{e}	۱/۹۱۳^{d}	۱/۸۱۵^{d}	C_0
۱/۵۳۸^{e}	۱/۷۵۵^{d}	۲/۳۱۰^{c}	۲/۲۴۳^{c}	C_1
۱/۹۰۰^{d}	۲/۱۷۰^{c}	۲/۹۴۸^{a}	۲/۷۰۰^{b}	C_2

میانگین‌هایی که حروف مشترک دارند بر اساس آزمون دانکن از لحاظ آماری در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌دار ندارند

افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن از ۴۰۰ به ۸۰۰ppm به طور متوسط موجب افزایش عملکرد دانه به میزان ۲۱ درصد وزن اولیه خود می‌شود. که این افزایش در سطح آماری ۹۵٪ معنی‌دار می‌باشد. از سوی دیگر افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن از ۴۰۰ به ۱۲۰۰ppm نیز افزایش ۵۰ درصدی و معنی‌دار عملکرد کل دانه را به همراه دارد. همان‌گونه که در جدول مشاهده می‌شود عملکرد دانه در تیمارهای I_0C_0، I_1C_0، I_2C_1 و I_3C_2 و نیز تیمارهای I_0C_1، I_1C_1 و I_2C_2 از لحاظ آماری یکسان می‌باشند، این امر حاکی از آن است که افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن در محیط اثر کاهشی، کم آبیاری و تنش‌های آبی را جبران می‌نماید. بررسی مطالعات گذشته نشان می‌دهد که افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن افزایش عملکرد گیاهان زراعی را در پی دارد (شمس و همکاران، ۱۳۹۰؛ ناصر و همکاران، ۲۰۰۷؛ هوگی و همکاران، ۲۰۰۹؛ لی و همکاران، ۲۰۱۳) علت افزایش عملکرد در مطالعات گوناگون مختلف می‌باشد برخی افزایش عملکرد را در اثر افزایش وزن دانه دانسته (هوگی و همکاران، ۲۰۱۳) و برخی دیگر این افزایش را در اثر افزایش تعداد غلاف‌ها بیان کرده‌اند (هاینمن و همکاران، ۲۰۰۶)، با این حال در مطالعه حاضر علت افزایش عملکرد را می‌توان افزایش تعداد غلاف‌ها و نیز افزایش وزن دانه در نظر گرفت.

میزان نیتروژن موجود در دانه

با توجه به جدول (۷) مشاهده می‌شود با کاهش میزان آب آبیاری از میزان نیتروژن موجود در دانه کاسته می‌شود. همچنین افزایش میزان غلظت دی‌اکسیدکربن نیز موجب کاهش نیتروژن موجود در دانه می‌شود. افزایش آب آبیاری از FC به ۱۲۵٪FC تغییر معنی‌داری را در میزان پروتئین موجود در دانه به همراه ندارد، همچین کاهش آبیاری تا ۷۵٪FC نیز اثر معنی‌داری بر میزان پروتئین موجود در دانه به جا نمی‌گذارد. با این حال پروتئین دانه در تیمارهای آبیاری ۵۰٪FC کاهش معنی‌داری را نسبت به تیمارهای آبیاری کامل نشان می‌دهند، با این حال اختلاف میان میزان پروتئین موجود در تیمارهای آبیاری ۷۵ و ۵۰٪FC از نظر آماری معنی‌دار نمی‌باشد. نتایج به دست آمده از این بررسی با نتایج ارائه شده توسط دانشیان و همکاران (۱۳۸۸) هماهنگی دارد، چرا که در شرایط تنش شدید کاهش پروتئین در گیاه سویا مشاهده می‌شود. بررسی‌ها نشان داده است که تحت شرایط تنش خشکی از میزان پروتئین موجود در دانه لوبیا، گندم و کلزا کاسته می‌شود (کالوش و همکاران[1]، ۱۹۹۷؛ هشمت و همکاران[2]، ۲۰۱۳؛ شعبانی و همکاران، ۲۰۱۳). با این حال ایزدی و تدین (۱۳۹۳) نشان دادند که تنش خشکی اثری میزان پروتئین موجود در دانه کرچک ندارد. افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن موجب کاهش درصد پروتئین موجود در دانه می‌شود. با توجه به نتایج حاصله از آنالیزهای آماری انجام گرفته مشاهده می‌شود که افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن از ۴۰۰ به ۸۰۰ و ۱۲۰۰ppm به ترتیب موجب کاهش معنی‌دار ۶ و ۱۵٪ درصد پروتئین موجود در دانه می‌شود.

جدول ۷- اثر متقابل مقادیر مختلف گاز دی‌اکسیدکربن و آب آبیاری بر درصد پروتئین دانه

I_3	I_2	I_1	I_0	
۲۷/۰۳۱^{bc}	۲۷/۷۵^{ab}	۲۸/۲۸^{a}	۲۸/۲۳^{a}	C_0
۲۵/۶۴^{ef}	۲۵/۹۸^{de}	۲۶/۶۳^{cd}	۲۶/۷۵^{cd}	C_1
۲۳/۲۰^{h}	۲۳/۷۷^{gh}	۲۴/۶۷^{fg}	۲۴/۸۷^{f}	C_2

میانگین‌هایی که حروف مشترک دارند بر اساس آزمون دانکن از لحاظ آماری در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌دار ندارند

افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن و در نتیجه تولید بیش‌تر ماده آلی در گیاه موجب می‌شود که نسبت C:N در گیاه افزایش یافته و در نتیجه نیتروژن و یا به عبارتی پروتئین موجود در دانه کاهش یابد (ویزر و همکاران[3]، ۲۰۰۸؛ اربز و همکاران[4]، ۲۰۱۰؛ هوگی و همکاران، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۳). با این حال بررسی‌ها نشان داده

[1] Calvache et al.
[2] Heshmat et al.
[3] Wieser et al.
[4] Erbs et al.

www.SID.ir

Archive of SID

است که در بقولات کاهش نیتروژن و یا پروتئین موجود در دانه گیاه به مراتب کم‌تر از غلات می‌باشد (تائوب[1]، ۲۰۰۸) به نحوی که در بعضی موارد در میزان پروتئین موجود در دانه تغییری حاصل نمی‌شود (کورتیس[2]، ۲۰۰۶)، و حتی در برخی موارد نشان داده شده است که افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن در محیط رشد گیاه افزایش نیتروژن موجود در گیاه را به همراه دارد (توربرت و همکاران[3]، ۲۰۰۴). این امر را به تثبیت نیتروژن در ریشه این گیاه نسبت داده‌اند. لذا در مقایسه با سایر گیاهان، تحت شرایط مدیریتی مناسب، لگوم‌ها می‌توانند از اثرات مثبت افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن محیطی به نحو بهتری استفاده نمایند (روجرز و همکاران، ۲۰۰۹). در بررسی پژوهش‌های صورت گرفته توسط ایدزو و ایدزو (۲۰۰۱) نشان داده شد که با توجه به شرایط مختلف محیطی، با افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن محیطی میزان پروتئین دانه می‌تواند افزایش و یا کاهش یافته و یا تغییری در میزان آن به‌وجود نیاد.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان می‌دهد که افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن موجب کاهش میزان تبخیر- تعرق گیاه عدس می‌شود. با این حال در صورتی که میزان آب در دسترس گیاه افزایش یابد، غلظت دی‌اکسیدکربن اثر کم‌تری بر کاهش تبخیر- تعرق بر جای می‌گذارد. با توجه به نتایج به دست آمده افزایش غلطت دی‌اکسیدکربن از ۴۰۰ به ۸۰۰ و ۱۲۰۰ppm به ترتیب موجب کاهش ۱۲ و ۳۰ درصدی نرخ تبخیر- تعرق می‌گردد. نشان داده شده است که بسته شدن نسبی روزنه‌ها در اثر افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن موجب کاهش خروج بخار آب از برگ و در نتیجه کاهش تبخیر- تعرق می‌شود (شور و همکاران[4]، ۲۰۱۲؛ لی و همکاران، ۲۰۱۳) که با نتایج به دست آمده از این تحقیق و سایر مطالعات همخوانی دارد (شمس و همکاران، ۱۳۹۰؛ کنگ و همکاران، ۲۰۰۲؛ برکارت و همکاران، ۲۰۰۴). ارتفاع ساقه عدس با کاهش آب آبیاری به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد همچنین افزایش با غلظت دی‌اکسیدکربن افزایش ارتفاع ساقه از تیمار ۴۰۰ به ۸۰۰ppm برابر ۱۵٪ و از ۴۰۰ به ۱۲۰۰ppm برابر ۲۴ درصد بوده است. افزایش ارتفاع ساقه گیاه در سایر بررسی‌های انجام شده روی گندم و سویا نیز دیده شده است (پال و همکاران، ۲۰۰۴؛ واناجا و همکاران، ۲۰۰۷؛ لی و همکاران، ۲۰۱۳). نتایج به دست آمده از این بررسی نشان‌دهنده کاهش جرم خشک ریشه و ساقه در اثر کاهش میزان آب آبیاری می‌باشد، همچنین نشان داده شده است که در اثر دو و سه برابر شدن غلظت دی‌اکسیدکربن جرم خشک ریشه به ترتیب ۲۲ و ۳۹ درصد افزایش می‌یابد در حالی که این افزایش در جرم خشک ساقه به ترتیب ۲۸ و ۵۹ درصد می‌باشد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود درصد تغییر جرم خشک ساقه خصوصاً با سه برابر شدن غلظت دی‌اکسیدکربن بسیار بیش‌تر از نرخ تغییر جرم خشک ریشه می‌باشد که علت این امر را می‌توان به کشت در گلدان و کم بودن فضای کافی برای رشد ریشه اشاره نمود. افزایش اندام هوایی و شاخسارها موجب افزایش فتوسنتز و تولید ماده آلی می‌شود، از سوی دیگر ضخیم‌تر شدن ساقه گیاه نیز از دیگر دلایل افزایش جرم خشک ساقه می‌باشد. نشان داده شده است که افزایش رشد ریشه در اثر افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن در اثر افزایش طول ریشه و نفوذ بیش‌تر آن به لایه‌های خاک رخ می‌دهد (واناجا و همکاران، ۲۰۰۷؛ بنلوچ-گنزالس و همکاران، ۲۰۱۴) که این امر در شرایط کم آبی، برای برآورد نیاز آبی کمک شایانی به گیاه می‌نماید. نتایج به دست آمده از این بررسی با نتایج حاصل از بررسی سایر محققان همخوانی دارد (لی و همکاران، ۲۰۱۳؛ و مدو و هتفیلد، ۲۰۱۳؛ بنلوچ-گنزالس و همکاران، ۲۰۱۴؛ پکلسکی و همکاران، ۲۰۱۵). کاهش آب آبیاری، کاهش معنی‌دار تعداد غلاف‌ها در هر بوته را به همراه دارد. در حالی که افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن از ۴۰۰ به ۸۰۰ و ۱۲۰۰ppm موجب افزایش معنی‌دار تعداد غلاف‌های حاصل می‌شود با این حال تعداد غلاف‌ها در تیمارهای ۸۰۰ و ۱۲۰۰ppm اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند. مطالعه بررسی‌های پیشین نیز نشان داده است که دو برابر شدن غلظت دی‌اکسیدکربن افزایش تعداد غلاف‌ها را به همراه دارد (استنسیل و همکاران[5]، ۲۰۰۰؛ ساها و همکاران، ۲۰۱۲). از سوی دیگر در این بررسی با افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن اتمسفری جرم خشک ۱۰۰ دانه نیز به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد به نحوی که با دو و سه برابر شدن غلظت دی‌اکسیدکربن جرم خشک ۱۰۰ دانه به ترتیب ۱۳ و ۴۳

[1] Taub
[2] Curtise
[3] Torbert
[4] Shoor et al.
[5] Stanciel et al.

www.SID.ir

Archive of SID

درصد افزایش می‌یابد. نتایج به دست آمده از این بررسی با نتایج حاصله از بررسی سایر محققین همخوانی دارد (شمس و همکاران، ۱۳۹۰، ساها و همکاران، ۲۰۱۲، هوگی و همکاران، ۲۰۱۳). مطالعات صورت گرفته نشان داده است که افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن موجب افزایش جرم خشک ۱۰۰ دانه می‌شود که این افزایش جرم افزایش عملکرد محصول را در پی دارد (هاینمن و همکاران، ۲۰۰۶؛ هوگی و همکاران، ۲۰۱۳). با این حال سایر مطالعات افزایش تعداد غلاف‌ها را عامل اصلی افزایش عملکرد دانسته‌اند. با این حال در این بررسی عامل افزایش عملکرد را می‌توان افزایش تعداد غلاف‌ها و در نتیجه افزایش تعداد دانه و نیز افزایش وزن دانه در نظر گرفت. نتایج حاصل از این بررسی نشان می‌دهد که کاهش آب آبیاری و نیز افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن هر دو موجب کاهش میزان پروتئین موجود در دانه گیاه عدس می‌شوند که با افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن از ۴۰۰ به ۸۰۰ و ۱۲۰۰ppm درصد پروتئین موجود در دانه به ترتیب ۶ و ۱۵ درصد کاهش می‌یابد. نشان داده شده است که برای گیاهان لگومینوز افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن اثر کم‌تری را بر کاهش پروتئین دانه دارد (تائوب، ۲۰۰۸) به نحوی در بسیاری از موارد مطالعات نشان داده است که افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن اثری بر میزان پروتئین موجود در دانه حبوبات ندارد (کورتیس، ۲۰۰۶). شایان ذکر است که با توجه به مطالعات پیشین در خصوص غلات مشاهده می‌شود که درصد کاهش پروتئین در عدس بسیار کم‌تر از غلات می‌باشد (توربرت، ۲۰۰۴؛ کورتیس ۲۰۰۶).

منابع

ایزدی، ز.، تدین، م. ر. ۱۳۹۳. اثر کم آبیاری بر رشد و عملکرد دانه کرچک در تیمارهای محلول پاشی اسیدسالیسیک و اسپیرمن. فرایند و کارکرد گیاهی، ۳(۹): ۸۳-۹۲.

بلوچی، ح. ر.، مدرس ثانوی، س. ع. م.، امام، ی.، برزگر، م. ۱۳۸۷. تاثیر تنش کم آبی، ازدیاد دی اکسیدکربن و تشعشع ماورا بنفش بر صفات کیفی برگ پرچم گندم دوروم (Triticum Desf L. var Durum turgidum). علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۴۵(الف). ۱۶۷-۱۸۱.

دانشیان، ج.، هادی، ح.، جنوبی، پ. ۱۳۸۸. ارزیابی خصوصیات کمی و کیفی ژنوتیپ‌های سویا در تنش کم آبی. نشریه علـوم زراعـی ایـران، (۴) ۱۱: ۳۹۳-۴۰۹.

شمس، ش.، ناظم‌السادات، س. م. ج.، کامگارحقیقی، ع. ا.، زندپارسا، ش. ۱۳۹۰. بررسی اثر افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن و میزان آبیاری بر تبخیر- تعرق و عملکرد گیاه لوبیا. نشریه علوم و فنون کشاورزی (کشت‌های گلخانه‌ای)، ۸: ۱-۹.

Ainsworth, E. A., Long, S. P. 2005. What have we learned from 15 years of free-air CO2 enrichment (FACE)? A meta-analytic review of the responses of photosynthesis, canopy properties and plant production to rising CO_2. New Phytol., 165: 351–372

Benlloch-Gonzalez, M., Bochicchio, R., Berger, J., Bramley, H., Palta, J. A. 2014. High temperature reduces the positive effect of elevated CO_2 on wheat root system growth. Field Crops Res., 165: 71–79.

Bunce, J. A. 2008. Contrasting responses of seed yield to elevated carbon dioxide under field conditions within Phaseolus vulgaris. Agric. Eco. Environ., 128: 219-224.

Burkart, S., Manderscheid, R., Weigel, H. J. 2004. Interactive effect of elevated atmospheric CO_2 concentrations and plant available soil water content on canopy evepotranspiration and conductance of spring wheat. Eur. J. Agron., 21: 401-417.

Calvache, M., Rechardt, K., Bacchi, O. O. S., Dourado-Neto, D. 1997. Deficit irrigation at different growth stages of the common bean. Sci. Agric. Pirscicba., 54: 1-16.

Carter, T. R. 1996. Developing scenarios of atmosphere, weather and climate for northern regions. Agric. Food Sci. Finl., 5: 235–249.

Cure, J. D., Acock, B. 1986. Crop responses to carbon dioxide doubling: a literature survey. Agric. For. Meteorol., 38: 127-145.

Curtise, P. 2006. Increased CO_2 Levels Are Mixed Blessing for Agriculture. http://researchnews.osu.edu/archive/co2plant.htm. 10 June 10, 2009.

Erbs, M., Manderscheid, R., Jansen, G., Sedding, S., Pacholski, A., Weigel, H.J. 2010. Effects of free-air CO_2 enrichment and nitrogen supply on grain quality parameters and elemental composition of wheat and barley grown in a crop rotation. Agric. Ecosyst. Environ., 136: 59–68

Heinemann, A. B., Maia, H. N., Dourado-Neto, D. Ingram, K. T., Hoogenboom, G. 2006. Soybean [Glycine max (L.) Merr.] growth and development response to CO_2 enrichment under different temperature regimes. Eur. J. Agron., 24:52–61.

Heshmat, S., Aldesuqu, A., Akaria, Y., Baka, Z., Bardees, M. 2013. Does exogenous application of kinetin and spermine mitigate the effect of seawater on yield attributes and biochemical aspects of grains? J. Stress Physiol .Biochemistry, 2: 21-34.

www.SID.ir

Archive of SID

Moran, K. K., Jastrow, J. D., 2010. Elevated carbon dioxide does not offset loss of soil carbon from a corn–soybean agro-ecosystem. Environ. Pollut., 158: 1088–1094.

Morgan, P. B., Bollero, G. A., Nelson, R. L., Dohleman, F. G., Long, S. P. 2005. Smaller than predicted increase in aboveground net primary production and yield of field-grown soybean under fully open-air [CO_2] elevation. Global Change Biol., 11: 1856–1865.

Muehlbauer F. J., Kaiser W. J., Clement S. L., Summerfield, R. J. 1995. Production and Breeding of Lentil. Adv. Agron., 54: 283-332.

Nasser, R., Fuller, M. P., Jellings, A. J. 2008. The influence of elevated CO 2 and drought on the growth and nodulation of Lentils (Lens culinaris Medic). Asp. Appl. Biol., 88: 17-24.

Nasser, R. R., Fuller, M. P., Jellings, A. J. 2007. Effect of elevated CO_2 and nitrigen levels on lentil growth and nodulation. Agron. Sustain. Dev., 28: 1-6.

Pacholski, A., Manderscheid, R., Weigel, H. J. 2015. Effects of free air CO_2 enrichment on root growth of barley, sugar beet and wheat grown in a rotation under different nitrogen supply. Europ. J. Agron., 63: 36–46.

Pal, M., Karthikeyapandian, V., Jain, V., Srivastava, A. C., Raj, A. and Sengupta, U. K. 2004. Biomass production and nutritional levels of berseem (Trifolium alexandrium) grown under elevated CO_2. Agri. Ecosyst. Environ., 101: 31-38.

Perry, L. G., Shafroth, P. B., Blumenthal, D. M., Morgan, J. A., Le Cain, D. R. 2013. Elevated CO_2 does not offset greater water stress predicted under climate change for native and exotic riparian plants. New Phytol., 197: 532–543.

Prasad, P. V. V., Boote, K. J., Allen, L. H., Thomas, J. M. G. 2002. Effect of elevated temperature and carbon dioxide on seed-set and yield of kidney bean (Phaseolus vulgaris L.). Global change Biol., 8: 710-721.

Rogers, A., Ainsworth, E. A., Leakey, D. B. 2009. Will Elevated Carbon Dioxide Concentration Amplify the Benefits of Nitrogen Fixation in Legumes? Plant Physiol., 151: 1009-1016.

Rogers, H. H., Cure J. D., Smith, J. M. 1986. Soybean growth and yield response to elevated carbon dioxide. Agric. Ecosyst. Environ., 16: 113-128.

Rogers, A., Allen, D. J., Davey, P. A., Morgan, P. B., Ainsworth, E. A., Bernacchi, C. J., Cornic, G., Dermody, O., Dohleman, F. G., Heaton, E. A., Mahoney, J., Zhu, X. G., Delucia, E. H., Ort, D. R., Long, S. P. 2004. Leaf photosynthesis and carbohydrate dynamics of soybeans grown throughout their life-cycle under free-air carbon dioxide enrichment. Plant Cell Environ., 27: 449–458.

Rogers, A., Gibon, Y., Stitt, M., Morgan, P. B., Bernacchi, C. J., Ort, D. R., Long, S. P. 2006. Increased C availability at elevated carbon dioxide concentration

Högy, P., Brunnbauer, M., Koehler P., Schwadorf, K., Breuer, J., Franzaring J., Zhunusbayeva D., Fangmeier, A. 2013. Grain quality characteristics of spring wheat (Triticum aestivum) as affected by free-air CO_2 enrichment. Environ. Exp. Bot., 88: 11–18.

Högy, P., Wieser, H., Köhler, P., Schwadorf, K., Breuer, J., Franzaring, J., Muntifering, R., Fangmeier, A. 2009. Effects of elevated CO_2 on grain yield and quality of wheat: results from a three-year FACE experiment. Plant Biol., 11(1): 60–69.

Idso, S. B., Idso, K. E. 2001. Effects of atmospheric CO_2 enrichment on plant constituents related to animal and human health. Environ. Exp. Bot. 45: 179–199.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 1995. 2nd report.

Jones, P., Jones, J. W., Allen, L. H. 1985. Seasonal carbon and water balances of soybeans grown under stress treatments in sunlit chambers. Trans. ASAE 28: 2021–2028.

Kang, S. Z., Zhang, F. C., Hu, X. T., Zhang, J. H. 2002. Benefits of CO_2 enrichment on crop plants are modified by soil water. Plant Soil, 238: 69–77.

Kimball, B. A., Kobayashi, K., Bindi, M. 2002. Responses of agricultural crops to free-air CO_2 enrichment. Adv Agron, 70: 293–368.

Kimball, B. A., Idso, S. B. 1983. Increasing atmospheric CO_2: Effects on crop yield, water use, and climate. Agric. Water Man., 7: 55-72.

Lawlor, D., Cornic, G. 2002. Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. Plant Cell Environ., 25: 275–294.

Leakey, A. D. B. 2009. Rising atmospheric carbon dioxide concentration and the future of C4 crops for food and fuel. Proc. R. Soc. B., 276: 2333–2343.

Lee, E. H., Pausch, R. C., Rowland, R. A., Mulchi, C. L., Rudorff, B. F. T. 1997. Responses of field-grown soybean (cv. Essex) to elevated SO_2 under two atmospheric CO_2 concentrations. Environ. Exp. Bot., 37: 85–93.

Li, D., Liu, H., Qiao, Y., Wang, Y., Cai, Zh., Dong, D., Shi, Ch., Liu, Y., Li, X, Liu, M. 2013. Effects of elevated CO_2 on growth, seed yield, and water use efficiency of soybean (Glycine max (L.) Merr.) under drought stress. Agric. Water Manag., 129: 105-112.

Madhu, M., Hatfield, J. L. 2013. Dynamics of Plant Root Growth under Increased Atmospheric Carbon Dioxide. Agron. J., 105(3): 657-669.

Medlyn, B. E., Barton, C. V. M., Broadmeadow, M. S. J., Ceulemans, R., De Angelis, P., Forstreuter, M., Freeman, M., Jackson, S. B., Kellomäki, S., Laitat, E., Rey, A., Roberntz, P., Sigurdsson, B. D., Strassemeyer, J., Wang, K., Curtis, P. S., Jarvis, P. G. 2001. Stomatal conductance of forest species after long-term exposure to elevated CO_2 concentration: a synthesis. New Phytol., 149: 247–264.

www.SID.ir

Archive of SID

Taub, D. R., Miller, B., Allen, H. 2008. Effects of elevated CO2 on the protein concentration of food crops: a meta-analysis. Glob. Change Biol., 14, 565–575.

Torbert, H. A., Prior, S. A., Rogers, H. H., Runion, G. B. 2004. Elevated atmospheric CO_2 effects on N fertilization in grain sorghum and soybean. Field Crop Res., 88: 57-67.

Vanaja, M., Raghuram Reddy, P. Jyothi Lakshmi, M., Maheswari, M., Vagheera, P. Ratnakumar, P. 2007. Effect of elevated atmospheric CO_2 concentrations on growth and yield of black gram (Vigna mungo (L.) Hepper) – A rainfed pulse crop. Plant Soil Environ., 53(2): 81–88.

Wieser, H., Manderscheid, R., Erbs, M., Weigel, H. J. 2008. Effects of elevated atmospheric CO_2 concentrations on the quantitative protein composition of wheat grains. J. Agric. Food Chem., 56: 6531–6535.

Yadav, Sh. S., McNeil, D. L., Stevenson, Ph. C. 2007. Lentil, An Ancient crop for modern time. Springer Netherlands. 180 p.

improves N assimilation in a legume. Plant Cell and Environ., 29: 1651–1658.

Saha, S., Sehgal, S. K., Nagarajan, Sh., Pal, M. 2012. Impact of elevated atmospheric CO_2 on radiation utilization and related plant biophysical properties in pigeon pea (Cajanus cajan L.). Agric. For. Meteorol., 158–159: 63–70.

Shabani, A., Sepaskhah, A. R., Kamgar-Haghighi, A. A. 2013. Responses of agronomic components of rapeseed (Brassica napus L.) as influenced by deficit irrigation, water salinity and planting method. Int. J. Plant Prod., 7(2): 1735-8043.

Shoor M., Mondai F., Aliverdi A., Golzardi F. 2012. Interaction Effect of CO_2 Enrichment and Nutritional Conditions on Physiological Characteristics, Essential Oil and Yield of Lemon Balm (Melissa officinalis L.). Not. Sci. Biol., 4(1): 121-130.

Stanciel, K., Mortley, D. G., Hileman, D. R., Loretan, P. A., Bonsi, C. K., Hill, W. A. 2000. Growth, pod, and seed yield, and gas exchange of hydroponically grown peanut in response to CO_2 enrichment. HortScience. 35(1): 49-52.

www.SID.ir

Archive of SID

Journal of Agricultural Meteorology
Vol. 3, No. 2, Autumn & Winter 2015, pp. 55-67

نشریه هواشناسی کشاورزی
جلد ۳، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۳۹۴، صص. ۶۷-۵۵

The effects of different concentrations of carbon dioxide and irrigation regimes on quantitative and qualitative characteristics of lentil (variety Bileh-savar)

Sh. Shams[1], M. Mousavi Baygi[2*], A. Alizadeh[2], M. Shoor[3], A. A. Kamgar-Haghighi[4]

Received: 06/05/2015
Accepted: 21/02/2016

Abstract

In order to investigate the effect of increasing carbon dioxide concentration on growth and yield of lentil (Lens culinaris, Bileh-Savar), an experiment was conducted at Ferdowsi University's research greenhouse. The effects of increasing carbon dioxide concentration from 400 to 800 and 1200 ppm at four irrigation levels (1.25 FC, FC, 0.75 FC and 0.5 FC) under randomized complete design were studied. Elevated amounts of CO_2 concentration from 400 to 800 and 1200 ppm, increased yield by 21 and 50%, respectively which may be attributed to corresponding increase in weight of 100 seeds for 13 and 43% and also increased number of pod; 4% and 7, respectively. Also, by doubling CO_2 concentration, crop height, shoot dry matter and root dry matter were increased by 15, 28 and 22%, respectively; while tripling CO_2, raised these parameters, 24, 59 and 39% respectively. On the other hand doubling and tripling the amount of carbon dioxide concentration, led to a decrease in evapotranspiration for amount of 12 and 30% .Moreover, the protein content of the grain showed an average decrease of 10 %. It should be mentioned that reducing the amount of irrigation water reduced the biomass and the amount of protein as well.

Keywords: Carbon dioxide, Evapotranspiration, Dry matter, Lentil, Yield

[1] Ph.D. student of Agrometeorology.Dept. of Water Engineering. College of Agriculture, .Ferdowsi University of Mashhad, Iran
[2] Professor of Water Engineering Dept., College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran
(*Corresponding author email address: mousavib@um.ac.ir)
[3] Associate Professor, Dept. of Horticulture and Landscape Engineering. College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran
[4] Professor of Water Engineering Dept., College of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran

www.SID.ir