نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۲، شماره ۴، زمستان ۱۳۸۹، ص. ۶۶۶-۶۵۸

Journal of Agroecology
Vol. 2, No. 4, Winter 2010, p. 658-666

اثر رژیم‌های آبیاری بر برخی صفات مورفوفیزیولوژیک اکوتیپ‌های کنجد (*Sesamum indicum* L.) در شرایط گلخانه

مرتضی گلدانی[1*]

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۰۸/۲۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۱۲/۱۱

چکیده

این پژوهش به منظور مطالعه اثر رژیم‌های مختلف آبیاری بر برخی صفات مورفوفیزیولوژیک دو اکوتیپ کنجد (*Sesamum indicum* L.) در شرایط گلخانه به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو عامل و سه تکرار در سال ۱۳۸۸ در شرایط گلخانه انجام شد. عامل اول شامل فواصل مختلف آبیاری (به فاصله ۴، ۸، ۱۲ و ۱۶ روز) و عامل دوم شامل دو اکوتیپ کلات و سه قلعه بود. نتایج نشان داد که افزایش فاصله آبیاری سبب کاهش معنی دار ارتفاع گیاه، تعداد گره، فاصله میان گره، تعداد کپسول و وزن خشک اندام هوایی شد. اکوتیپ سه قلعه در مقایسه با اکوتیپ کلات از نظر صفات فوق تحمل بهتری به تاخیر درآبیاری نشان داد. اثر متقابل رژیم‌های آبیاری و اکوتیپ نشان داد که بهترین شرایط در فاصله آبیاری چهار روز و برای اکوتیپ سه قلعه بدست آمد. سطح ریشه، متوسط قطر ریشه، مجموع طول ریشه، حجم ریشه و وزن خشک ریشه نیز تحت تأثیر معنی‌دار رژیم‌های آبیاری قرار گرفت. نتایج نشان داد که با افزایش فاصله بین آبیاری، سطح ریشه کمتر ولی عمق نفوذ ریشه بیشتر شد. اکوتیپ سه قلعه از نظر صفات ریشه مورد بررسی نیز بهتر از اکوتیپ کلات بود. نسبت وزن خشک ریشه به ساقه با افزایش دور آبیاری زیاد شد. سرعت فتوسنتز، سرعت تعرق و هدایت روزنه‌ای با افزایش فاصله آبیاری کاهش یافت. در نهایت نتایج نشان داد که افزایش دور آبیاری منجر به کاهش سطح اندام فتوسنتز کننده و سطح ریشه شد، ولی طول ریشه تا فاصله ۱۲ روز آبیاری زیاد شد و پس از آن کاهش نشان داد. در این بررسی اکوتیپ سه قلعه تنش خشکی را بهتر تحمل کرد.

واژه های کلیدی: اندام هوایی، تحمل به خشکی، تعرق، ریشه، فتوسنتز

مقدمه

در ایران از مجموع حدود ۳۷ میلیون هکتار اراضی حاصلخیز، به دلیل برخی محدودیت‌ها به ویژه کمبود آب فقط ۱۸/۵ میلیون هکتار در حال حاضر کشت می شود که از این میزان، حدود ۸/۵ میلیون هکتار (۴۶ درصد) آبی و ۱۰ میلیون هکتار (۵۴ درصد) دیم می‌باشد. هر چند بیش از ۸۴ میلیارد متر مکعب از مجموع ۹۳ میلیارد بر متر مکعب آب قابل استحصال کشور در بخش کشاورزی مصرف می‌شود، ولی تنش خشکی و کم آبی تولید محصولات کشاورزی را محدود کرده است (Kafi et al., 2004 ; Statistics, 2007). در میان همه تنش‌هایی که گیاهان با آن روبرو می‌شوند، تنش خشکی در اکثر مناطق دنیا از مهمترین عوامل محدود کننده در گسترش و زادآوری گیاهان در سیستم های طبیعی و کشاورزی شناخته شده است، به طوری که براساس مطالعات به عمل آمده در بین عوامل مختلف ایجاد کننده تنش، تنش‌های زنده (بیماری، آفت و علف‌های هرز) و تنش‌های غیر زنده (خشکی، غرقابی، شوری، گرما و سرما)، عامل خشکی به تنهایی عامل ۴۵ درصد از کاهش عملکرد محصولات زراعی بوده است (Damghani, & Emam & Zavareh, 2005 ; Kafi 2000). کشت دانه‌های روغنی از اقلام صادراتی بسیاری از کشورها است که در این میان کنجد یکی از گیاهان تأمین کننده روغن مطلوب خوراکی محسوب می‌شود (Sepaskhah & Andam, 2001). گیاه کنجد (*Sesamum indicum* L.) به عنوان یک محصول مقاوم به خشکی و گرما شناخته شده است ولی برای تولید و عملکرد بالا به رطوبت احتیاج دارد. این گیاه دارای ریشه‌های مستقیم، قوی و توسعه یافته است که شکل آن بسته به تیپ رشدی ساقه و همچنین میزان رطوبت در لایه‌های مختلف ریزوسفر متفاوت است (Golestani & Pakniat, 2008). تنش خشکی زمانی ایجاد می‌شود که میزان جذب آب کمتر از میزان تعرق باشد و می تواند بر رشد، مورفولوژی، انشعاب دهی و روابط همزیستی ریشه تأثیر داشته باشد

۱- استادیار گروه زراعت دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول (Email: morteza_goldani@yahoo.com

(Gregory, 2006). اندام های هوایی نسبت به ریشه حساسیت بیشتری به تنش خشکی دارند و محدودیت نموی گیاه در اثر کمبود رطوبت خاک در قسمت‌های هوایی زودتر اتفاق می‌افتد (Sharp & Lenoble, 2002). سیمان و همکاران (Seaman et al., 1993 (1993)) گزارش کردند که در مناطق نیمه خشک با پراکنش نامطلوب بارندگی، پتانسیل عملکرد بهترین معیار تحمل به خشکی نیست، بلکه پایداری عملکرد و مقایسه میزان عملکرد در شرایط مطلوب و محدودیت آب، معیار مناسبتری می‌باشد. در بررسی دیگر نیز اظهار شده است ارقامی که در شرایط تنش و عدم تنش خشکی، عملکرد یکسان یاحداقل اختلاف عملکرد را داشته باشند، دارای تحمل نسبی مطلوبی به خشکی هستند (Golestani & Pakniat, 2008). برخی تحقیقات نشان داده است (Kobata, et al., 1992; Lafond & Fowler, 1989; Krenzer et al., 1991) که بروز تنش خشکی در فاصله ۳۵ روز قبل از گرده افشانی سبب کاهش تعداد سنبله در متر مربع از ۴۴۸ و ۳۹۶ به ترتیب در دو رقم پرپنجه و کم پنجه به ۳۶۵ و ۳۷۳ سنبله شد. همچنین وقوع تنش در مراحل پس از گرده افشانی سبب کاهش تمامی اجزای عملکرد شامل تعداد سنبله، تعداد دانه در سنبله و وزن دانه شد که البته در این میان، تعداد سنبله کمترین و تعداد دانه بیشترین تأثیر را از تنش رطوبتی پذیرفت. مقایسه اجزای عملکرد در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی نشان داد که تنش رطوبتی سبب کاهش تعداد سنبله در متر مربع از ۳۵۵ به ۲۸۱، تعداد دانه در سنبله از۴۰ به ۳۳ و کاهش وزن دانه از ۴۲ به ۲۷ گرم شد (John, et al., 2004). طی بررسی انجام شده زمانی که کمبود آب در برگها بین ۱۰ تا ۱۵ درصد است، شدت فتوسنتز تا حد ۱۵ تا ۱۸ درصد کاهش می‌یابد و هنگامی که کمبود آب در برگها به ۲۰ درصد برسد، فتوسنتز تا ۴۰ درصد کاهش می‌یابد (Van Oosterron & Acevedo, 1993). گونه‌های متحمل به خشکی معمولاً از یک حداکثر هدایت روزنه‌ای پایین و محتوای آب نسبی پایینی برخوردارند. غلظت مواد محلول در سلولهای زنده آنها زیاد (پتانسیل اسمزی منفی) و مقاومت بالایی در برابر هواگرفتگی آوندهای چوبی دارند (Goyal et al., 1998; Emam & Zavarehi, 2006). سیدیگیو و همکاران(Siddigue et al., 2000) گزارش کردند که با افزایش تنش خشکی مقدار آب نسبی گیاه کاهش می‌یابد و معمولاً ارقام مقاوم به خشکی دارای مقدار آب نسبی بیشتری در شرایط تنش خشکی هستند. تنش آب سطح برگ، فتوسنتز و مصرف مواد فتوسنتزی را در برگها کاهش می‌دهد، زیرا انتقال شیره پرورده از آوند آبکش وابسته به پتانسیل فشاری است، اگر در طی تنش پتانسیل آب در آوند آبکش کاهش یابد، کاهش در پتانسیل آماس نیز از انتقال مواد فتوسنتزی جلوگیری می‌کند (Emam & Zavareh, 2006; Kafi et al., 2004). با توجه به شواهد آزمایشی علاوه بر شدت تنش خشکی، مرحله رشدی گیاه که با تنش مواجه می‌شود سهم مهمی در بروز اثرات خشکی دارد (Van Oosterrom & Acevedo, 1993). گلستان و پاک نیت (Golestani & Pakniat 2008) در ارزیابی شاخص های تحمل به خشکی در ۸ لاین کنجد گزارش کردند که رقم محلی دزفول از نظر عملکرد در شرایط مطلوب آبیاری و محدودیت آب در وضعیت مناسبتری قرار داشت. گیاه کنجد با وجود ریشه های منشعب و عمیق، نسبتاً به خشکی مقاوم است. با توجه به بررسی‌ها ی انجام شده کشت این گیاه در مناطق کم آب کشور و به ویژه در جنوب خراسان از عملکرد نسبتاً مطلوبی برخوردار می‌باشد(Keshavars et al., 2009).

با توجه به موارد فوق، از آنجا که تعیین تحمل به خشکی و تأثیر آبیاری تکمیلی و کاهش آن بر خصوصیات رشد و تولید گیاه حائز اهمیت است، این بررسی با هدف بررسی اثر رژیم‌های مختلف آبیاری بر برخی صفات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی دو اکوتیپ کنجد در شرایط کنترل شده انجام شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال ۱۳۸۸ درگلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل چهار فاصله آبیاری (به فاصله هر ۴، ۸، ۱۲ و ۱۶ روز آبیاری) و دو اکوتیپ کنجد (که اکوتیپ کلات نسبتاً حساس به خشکی و اکوتیپ سه قلعه نسبتاً مقاوم به خشکی) بود. ابتدا بذرهای هر اکوتیپ در داخل سینی نشاء کشت شدند و در مرحله سه برگی به داخل بستر آماده شده در لوله‌های پلاستیکی با قطر دهانه ۹ سانتی متر و ارتفاع یک متر پر شده توسط خاک (با ترکیب ۱:۲:۱ به ترتیب رس، ماسه و خاکبرگ) کشت شدند. جهت ثبات و پایداری لوله‌ها و نیز جلوگیری از نفوذ نور، هر یک از آنها در لوله‌هایی از جنس پلی اتیلن سیاه رنگ قرار گرفتند. گیاهان مربوط به تیمار عدم کمبود آب هر ۴ روز (شاهد) و تیمارهای مربوط به کمبود آب به ترتیب هر ۸، ۱۲ و ۱۶ روز یک بار با مقدار ثابت آب ۳۰۰ سی سی آبیاری شدند.

صفات مورفولوژی از جمله ارتفاع گیاه، تعداد گره، طول میانگره و تعدادکپسول ها اندازه‌گیری شدند. سپس به منظور اندازه گیری وزن خشک، بخش هوایی و کپسول ها به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد خشک و سپس توزین انجام شد.

در زمان برداشت، برای اندازه‌گیری خصوصیات ریشه از جمله قطر، سطح، طول، حجم و وزن خشک ریشه‌های مربوط به هر کدام از تیمارهای آزمایش را از خاک خارج کرده و در آزمایشگاه پس از رنگ آمیزی با ماده شیمیایی متیلن بلو با استفاده از اسکنر و نرم افزار Delta T-scan قطر، سطح و طول ریشه‌ها اندازه‌گیری شدند. پس از شستشوی ریشه‌ها ، حجم ریشه توسط استوانه مدرج اندازه‌گیری و

محاسبه شد، به طوری که میزان افزایش حجم آب نسبت به حالت اولیه یاد داشت شده و حجم ریشه بر حسب سانتی متر مکعب مشخص شدند. سپس نمونه‌ها جهت اندازه‌گیری وزن خشک به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی گراد به آون منتقل شدند.

در مرحله گلدهی میزان فتوسنتز و میزان تعرق از سطح جوانترین برگ توسعه یافته با استفاده از دستگاه Lcd portable photosynthesis system اندازه‌گیری شد.

محاسبات آماری با نرم افزارهای MSTAT-C , Excel و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

ارتفاع گیاه، تعداد گره و فاصله میانگره

بین رژیم‌های آبیاری از نظر ارتفاع گیاه، تعداد گره و فاصله میانگره اختلاف معنی داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت (جدول ۱). به طوری که ارتفاع گیاه، تعداد گره و فاصله میانگره گیاه کنجد با افزایش فاصله آبیاری کاهش نشان داد. ارتفاع و تعداد گره در اکوتیپ سه قلعه بیشتر از اکوتیپ کلات بود (جدول ۲). اثر متقابل رژیم های مختلف آبیاری و اکوتیپ نشان دادکه بیشترین ارتفاع گیاه و تعداد گره در گیاه کنجد در فاصله آبیاری چهار روز و اکوتیپ سه قلعه (بترتیب با ۶۰ سانتی متر و ۹/۷عدد) و کمترین ارتفاع گیاه در فاصله آبیاری ۱۶ روز و اکوتیپ کلات (۲۰ سانتی متر) و کمترین گره از فاصله ۱۶ آبیاری روز و در اکوتیپ سه قلعه (۵ عدد) بدست آمد (جدول ۱). درصد کاهش ارتفاع گیاه نسبت به شاهد ۲۹، ۳۹ و ۵۸ درصد به ترتیب در فواصل آبیاری ۸، ۱۲ و ۱۸ روز بود. درصد کاهش ارتفاع گیاه در اکوتیپ کلات نسبت به شاهد (فاصله چهار روز آبیاری) ۱۷، ۱۹ و ۵۵ درصد و برای اکوتیپ سه قلعه ۴۲، ۵۴ و ۵۹ درصد به ترتیب در فاصله‌های آبیاری ۸، ۱۲ و ۱۸ روز حاصل شد (جدول ۱)، به طوری که شیب روند کاهشی در اکوتیپ کلات نسبت به اکوتیپ سه قلعه کندتر بود. تحقیقات نشان داده است که کاهش عرضه آب در جریان فتوسنتز، منجر به اختلال در پیشرفت واکنش‌های شیمیایی این فرایند می‌شود. کاهش محتوی آب سلول‌ها باعث افزایش غلظت شیره سلولی شده که فعالیت‌های آنزیمی و اندامک‌های درون سلولی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. با افزایش تنش آب و کاهش فشار تورژسانس سلول‌های محافظ روزنه، هدایت روزنه‌ها کاهش یافته و سرعت رشد، فتوسنتز وخصوصیات مورفولوژیکی نیز نقصان می‌یابد (Blum, 2005; Kafi & Damghani, 2000). از آنجاکه رشد گیاه با افزایش اندازه سلول‌ها همراه است و از جمله حساسترین فرایند گیاهی نسبت به تنش آب نیز محسوب می‌شود، بنظر می‌رسد که در شرایط بدون تنش آب، افزایش رشد و سطح برگ برافزایش جذب انرژی خورشیدی تأثیر مستقیمی داشته و باعث افزایش ارتفاع و جثه گیاه می‌گردد.

تعداد و وزن خشک کپسول

تفاوت تعداد و وزن کپسول در گیاه کنجد در فاصله های مختلف آبیاری معنی‌دار بود (جداول۱). بیشترین تعداد و وزن کپسول گیاه کنجد در فاصله آبیاری چهار روز (به ترتیب ۱۰/۷ عدد و۱/۲۳ گرم) و کمترین آن در فاصله آبیاری ۱۶ روز (به ترتیب۵ عدد و ۰/۵۲ گرم) بدست آمد (جدول۱). اثر متقابل فاصله های مختلف آبیاری و اکوتیپ نشان داد که بیشترین تعداد و وزن کپسول در فاصله آبیاری ۴ روز برای اکوتیپ سه قلعه (به ترتیب ۱۱ عدد و ۱/۳ گرم) و کمترین آن در فاصله آبیاری ۱۶ روز و اکوتیپ کلات (به ترتیب ۴/۳ عدد و ۰/۴۷ گرم) بدست آمد (جدول۱). درصد کاهش تعداد کپسول نسبت به تیمار شاهد ۱۹، ۱۵ و ۵۳ درصد به ترتیب در فاصله‌های آبیاری ۸، ۱۲ و ۱۸ روز و درصد کاهش وزن کپسول نسبت به تیمار شاهد ۱۷، ۴۳ و ۵۸ درصد به ترتیب در فاصله‌های آبیاری ۸، ۱۲ و ۱۸ روز بود، به طوری که با تشدید کمبود آب شیب کاهش وزن خشک کپسول شدید تر از تعداد کپسول است. به نظر می‌رسد تنش آب علاوه بر اندازه کپسول، میزان آب موجود در سلول یا بافت گیاه را نیز کاهش داده است. درصد کاهش تعداد کپسول در اکوتیپ کلات نسبت به شاهد (فاصله چهار روز آبیاری) ۹، ۳۴ و ۵۷ درصد و برای اکوتیپ سه قلعه درصد کاهش وزن خشک کپسول ۲۱، ۳۱ و ۵۶ درصد بترتیب در فاصله های آبیاری ۸، ۱۲ و ۱۸ روز بود (جدول۱)، به طوری که وزن خشک کپسول اکوتیپ سه قلعه بیشتر تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفت. حساسیت عملکرد نسبت به تنش آب عموماً به اندازه حساسیت رشد کل گیاه است. از آنجاکه با کاهش محتوی رطوبت خاک، پسآبیدگی پروتوپلاسم توام با کاهش آماس سلول اتفاق می‌افتد، اندازه سلول و سرعت تقسیم سلولی روند کاهشی شدیدی پیدا خواهدکرد که منجر به کاهش میزان رشد و سطح فتوسنتز کننده گیاه می‌شود (Mundree & Baker, 2002; Blum, 2005). به نظر می رسد به علت فرایند قرینگی[1]، تنش خشکی اندازه و تعداد کپسول در گیاه کنجد را تحت تأثیر قرار می دهد و همان طورکه کمبود آب باعث کاهش رشد و تقسیم سلول می‌گردد، تعداد و وزن خشک کپسول را نیزکاهش می‌دهد.

وزن خشک اندام هوایی

اختلاف فاصله آبیاری از نظر وزن خشک اندام هوایی معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین وزن خشک اندام هوایی در فاصله آبیاری

1- Allometry

چهار روز (۳۲۰۱ میلی‌گرم) و کمترین آن در فاصله آبیاری ۱۶ روز (۱۴۸۳ میلی‌گرم) حاصل شد (جدول۱). درصد کاهش وزن خشک اندام هوایی نسبت به تیمار شاهد (فاصله چهار روز آبیاری) در فاصله‌های آبیاری ۸، ۱۲ و ۱۸ روز بترتیب ۸، ۲۳ و ۵۴ درصد بود. تفاوت دو اکوتیپ کنجد از نظر وزن خشک اندام هوایی در فواصل مختلف آبیاری نیز معنی دار بدست آمد. اثر متقابل فاصله های مختلف آبیاری و اکوتیپ از نظر وزن خشک اندام هوایی معنی دار بود (جدول ۲)، به طوری که بیشترین وزن خشک اندام هوایی در فاصله آبیاری چهار روز برای اکوتیپ سه قلعه (۳۷۱۷ میلی‌گرم) و کمترین آن در فاصله آبیاری ۱۶ روز و اکوتیپ کلات (۱۳۱۷ میلی‌گرم) بدست آمد (جدول۱). درصد کاهش وزن خشک اندام هوایی در اکوتیپ کلات نسبت به شاهد (فاصله چهار روز آبیاری) ۲، ۷ و ۵۱ درصد و برای اکوتیپ سه قلعه درصد کاهش وزن خشک اندام هوایی ۱۴، ۳۵ و ۵۶ درصد بترتیب در فاصله های آبیاری ۸، ۱۲ و ۱۸ روز بود (جدول۱). به طوری که با افزایش تنش خشکی اکوتیپ سه قلعه از نظر وزن خشک اندام هوایی بیشتر تحت تأثیر تنش خشکی قرارگرفت. بررسی‌های مختلف (Emam & Zavarehi, 2005; Mundree & Baker, 2002,) نشان داده است که رشد گیاه تحت تأثیر فرایندهای مختلف فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی از قبیل فتوسنتز، تنفس، انتقال مواد، جذب یون و متابولیسم مواد غذایی قرار می‌گیرد که این فرایندها رابطه مستقیم با میزان آب قابل دسترس و تداوم آن دارد. به نظر می‌رسد با کاهش پتانسیل آب خاک، پتانسیل آب گیاه و به تبع آن پتانسیل فشاری لازم برای توسعه سلول و تقسیم آن فراهم نمی باشد به طوری که سرعت رشد و سرعت تقسیم سلولی گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. از طرفی در شرایط تنش آب ورود دی‌اکسیدکربن به داخل روزنه‌ها کاهش یافته و سرعت انتقال مواد فتوسنتزی به علت اشباع برگها از این مواد منجر به زوال برگ‌ها بیش از سرعت توسعه آن‌ها شده و مقدار مواد ذخیره‌ای (کربوهیدرات غیر ساختمانی) گیاه به نسبت کاهش سطح برگ، کم می‌شود، اما مقدار کربوهیدرات مورد نیاز برای ادامه رشد گیاه افزایش می‌یابد، به علاوه از آنجا که در شرایط تنش اختصاص موادغذایی به ریشه نسبت به ساقه نیز افزایش می‌یابد، گیاه قادر نخواهد بود تا کربوهیدرات‌های مورد نیاز برای ادامه رشد کل خود را فراهم کند، در نتیجه وزن خشک اندام هوایی گیاه کاهش یافته و گیاه به مرور زمان ضعیف می‌شود (Acevedo, Siddique et al., 2000; Van Oosterrom & 1993).

وزن خشک ریشه

تفاوت وزن خشک ریشه در فاصله های مختلف آبیاری معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین وزن خشک ریشه گیاه کنجد در فاصله آبیاری چهار روز یکبار (۱۶۹۵ میلی گرم) و کمترین آن در فاصله آبیاری ۱۶ روز یکبار (۹۹۵ میلی گرم) بدست آمد. درصد کاهش وزن خشک ریشه نسبت به تیمار شاهد (فاصله چهار روز آبیاری) در فاصله‌های آبیاری ۸، ۱۲ و ۱۸ روز بترتیب ۱، ۸ و۴۱ درصد بود (جدول ۱). تفاوت دو اکوتیپ کنجد از نظر وزن خشک ریشه در فواصل مختلف آبیاری نیز معنی دار بدست آمد (جدول ۲). اثر متقابل فاصله های مختلف آبیاری و اکوتیپ از نظر وزن خشک ریشه در سطح ۵ درصد معنی دار بود (جدول۲)، به طوری که بیشترین وزن خشک ریشه در فاصله آبیاری چهار روز برای اکوتیپ سه قلعه (۱۹۷۷ میلی‌گرم) و کمترین آن در فاصله آبیاری ۱۶ روز و اکوتیپ کلات (۸۶۰ میلی‌گرم) بدست آمد (جدول۱). درصد کاهش وزن خشک ریشه در اکوتیپ کلات نسبت به شاهد (فاصله چهار روز آبیاری) ۴، ۱۰ و ۴۵ درصد و برای اکوتیپ سه قلعه درصد کاهش وزن خشک ریشه در فاصله های آبیاری ۸، ۱۲ و ۱۸ روز بترتیب ۶، ۲۲ و ۴۳ درصد بود (جدول۱). نتایج حاکی از آن است که به طورکلی ریشه در هر دو اکوتیپ کمتر از اندام هوایی تحت تأثیر کم آبی قرار گرفته است. گیاه در شرایط بدون تنش خشکی از وضعیت آماس سلولی مناسبی برخودار است که در این شرایط، پتانسیل فشاری لازم برای توسعه سلول و تقسیم آن فراهم می‌باشد. لذا این شرایط باعث افزایش فعالیت متابولیسمی و رشد و سرعت توسعه ریشه می‌گردد، به طوری که با رشد ریشه جذب یون های غذایی بیشتر می‌شود و با تولید اندام هوایی زیادتر، انرژی موجود از طریق فتوسنتز نیز افزایش می‌یابد (Kafi et al., 2000; Krenzer et al., 1991)، ولی در شرایط تنش خشکی محدودیت‌های تغذیه‌ای از طریق کاهش جذب فسفر، پتاسیم، نیترات و کلسیم ایجاد می شود، در نتیجه رشد و سرعت توسعه ریشه کاهش یافته و به تبع آن تولید اندام هوایی کمتر و انرژی موجوداز طریق فتوسنتز کاهش می‌یابد (Gregory, 2006; Kafi & Damghani, 2000). مطالب فوق حاکی از آن است که در شرایط تنش و وضعیت نامناسب آماس سلولی، اختصاص موادغذایی به ریشه نسبت به ساقه افزایش یافته و گیاه قادر نخواهد بود کربوهیدرات مورد نیاز برای ادامه رشد را فراهم کند، به طوری که در این مطالعه نیز با تنش رطوبت شیب کاهش وزن خشک اندام هوایی نسبت به وزن خشک ریشه شدیدتر بود (جدول۱).

نسبت ریشه به اندام هوایی

اثر فاصله آبیاری و اکوتیپ بر نسبت ریشه به اندام هوایی در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). اثر متقابل فاصله‌های مختلف آبیاری و اکوتیپ نیز بر نسبت ریشه به اندام هوایی معنی دار بود (جدول ۲)، به طوری که بیشترین نسبت ریشه به اندام هوایی در فاصله آبیاری ۱۶ روز برای اکوتیپ کلات (۰/۶۹) و کمترین آن در فاصله آبیاری چهار روز و اکوتیپ سه قلعه (۰/۵۳) بدست آمد (جدول۱). در خاکی که رطوبت آن بالاست شبکه ای متراکم از

ریشه‌های منشعب دیده می‌شود و در عین حال زمانی که خاک خشکتر است طول ریشه افزایش می‌یابد. خشک شدن لایه‌های سطحی خاک باعث افزایش عمق نفوذ ریشه و جذب آب از لایه‌های زیر آن می‌گردد (Emam & Zavarehi, 2000).

جدول ۱- مقایسه میانگین اثرات اصلی و متقابل رژیم‌های آبیاری و اکوتیپ بر برخی صفات کنجد در شرایط گلخانه

Table 1- Mean comparison of main and interaction effects of irrigation regimes and ecotypes on some traits of sesame under green house conditions

تیمارها Treatments	ارتفاع گیاه Plan height (cm)	تعداد گره Node number	طول میانگره Internode length (cm)	وزن خشک کپسول Capsule dry weight (g)	تعداد کپسول Capsule number	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight (mg)	وزن خشک ریشه Root dry weight (mg)	نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی R/S
T1	52.0	8.0	7.5	1.2	10.7	3201.0	1695.0	0.5
T2	37.0	7.0	6.2	1.0	9.7	2967.0	1682.0	0.6
T3	32.0	6.5	5.8	0.8	8.0	2460.0	1558.0	0.6
T4	22.0	5.5	5.3	0.5	5.0	1483.0	995.0	0.7
LSD (0.05)	2.6*	1.0	0.6	0.2	2.1	296.0	184.0	0.1
V1	35.0	6.3	6.5	0.8	7.8	2313.0	1340.0	0.6
V2	37.0	7.2	5.9	1.0	8.8	2743.0	1625.0	0.6
T1V1	44.0	6.0	8.0	1.1	10.0	2685.0	1573.0	0.5
T1V2	60.0	9.7	7.0	1.3	11.0	3717.0	1977.0	0.5
T2V1	39.0	7.0	6.7	1.0	10.0	2633.0	1513.0	0.5
T2V2	35.0	7.0	5.7	1.0	9.3	3200.0	1850.0	0.6
T3V1	36.0	6.0	6.7	0.7	7.0	2516.0	1413.0	0.6
T3V2	28.0	7.0	5.0	0.9	9.0	2403.0	1543.0	0.6
T4V1	20.0	6.0	4.7	0.5	4.3	1317.0	860.0	0.6
T4V2	25.0	5.0	6.0	0.6	5.7	1650.0	1130.0	0.7
LSD (0.05)	3.7	1.4	0.8	0.3	3.0	419.0	259.0	0.1

فاصله آبیاری (۴، ۸، ۱۲ و ۱۶ روز) بترتیب T1, T2, T3, T4

Irrigation intervals (4, 8, 12 & 16 days) T1, T2, T3, T4 respectively

V1= اکوتیپ کلات V2=اکوتیپ سه قلعه

V1= Kalat ecotype V2= se- ghaleh ecotype

* میانگین هایی که تفاوت بین آنها کمتر از میزان LSD می باشد، بر اساس آزمونLSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی داری ندارند.

* Means, that the difference between them is lower than the amount of LSD, are not significantly different at α =0.05 by LSD test.

جدول ۲- میانگین مربعات برخی صفات دو اکوتیپ کنجد تحت تأثیر فواصل آبیاری

Table 2- Mean square of some traits of two sesame ecotypes under irrigation intervals

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی Degree of freedom	ارتفاع Height (cm)	تعداد گره Node number	فاصله میانگره Internode length (cm)	وزن خشک کپسول Capsule dry weight (g)	تعداد کپسول Capsule number	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight (mg)	وزن خشک ریشه Root dry weight (mg)	نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی R/S
Irrigation interval (I) فاصله آبیاری	3	910**	5.7**	5.2**	0.56**	37**	3482170**	655811**	0.02**
Ecotype (E) اکوتیپ	1	30*	5.1*	2.1**	0.90^{ns}	6.0^{ns}	1107251**	487920**	0.002**
I*E آبیاری* اکوتیپ	3	172**	6.1**	3.0**	0.01*	2.0*	333951*	89784*	0.001**

*,** و ns بترتیب معنی دار در سطح احتمال یک درصد، پنج درصد و عدم وجود اختلاف معنی دار.

*, ** and ns significant at the 0.05 and 0.01 level of probability, no significant, respectively.

تنش خشکی رشد و روابط همزیستی ریشه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Gregory, 2006)، به طوریکه اندام‌های هوایی حساسیت بیشتری به تنش خشکی دارند و محدودیت نموی گیاه در اثر کمبود رطوبت خاک در قسمت های هوایی زودتر اتفاق می‌افتد. این عکس العمل به تنش آب ناشی از عمل سیگنال‌هایی است که از ریشه‌های در معرض خشکی خاک صادر می شوند. به طوری که اسید آبسیزیک[1] (ABA) آزاد شده از ریشه فرمان توقف رشد اندام هوایی را صادر می‌کند (Sharp & Lenoble, 2002; Kafi, et al., 2000) . با توجه به اینکه در این مطالعه در هر مرحله از آبیاری، آبیاری در حد ظرفیت زراعی انجام می‌شد و با افزایش فاصله آبیاری سطح خاک خشک شده و گیاه ریشه‌های خود را به عمق بیشتر نفوذ می‌داد، به نظر می رسد که تنش بیش از حد تحمل گیاه منجر به تولید بیشتر ABA شده که این امر پیری و از بین رفتن ریشه را تسریع می‌کند.

حجم ریشه

تفاوت حجم ریشه در فاصله های مختلف آبیاری در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول۴). بیشترین حجم ریشه گیاه کنجد در فاصله آبیاری هشت روز (۰/۲۸) و کمترین آن در فاصله آبیاری چهار و ۱۶ روز (۰/۱۵) بدست آمد (جدول۳). تفاوت دو اکوتیپ کنجد از نظر حجم ریشه در فواصل مختلف آبیاری نیز معنی دار بدست آمد (جدول۴). اثر متقابل فاصله های مختلف آبیاری و اکوتیپ از نظر حجم ریشه نشان داد که بیشترین حجم ریشه در فاصله آبیاری هشت روز برای اکوتیپ سه قلعه (۰/۳۵) و کمترین آن در فاصله آبیاری چهار روز و اکوتیپ کلات (۰/۱۰) حاصل شد (جدول۳).

طول کل ریشه

تفاوت طول کل ریشه در فاصله های مختلف آبیاری معنی‌دار بود (جدول ۴). بیشترین طول کل ریشه گیاه کنجد در فاصله آبیاری ۱۲ روز یکبار (۵۶۲۹ سانتی متر) و کمترین آن در فاصله آبیاری چهار روز یکبار (۲۹۸۸ سانتی متر) بدست آمد (جدول۳). اثر متقابل فاصله‌های مختلف آبیاری و اکوتیپ از نظر طول کل ریشه معنی دار بود (جدول۴)، به طوری که بیشترین طول کل ریشه در فاصله آبیاری ۱۲ روز برای اکوتیپ کلات (۶۸۱۴ سانتی متر) و برای اکوتیپ سه قلعه در فاصله آبیاری هشت روز (۶۳۶۶ سانتی متر) و کمترین آن در فاصله آبیاری چهار روز در اکوتیپ کلات (۲۸۲۳ سانتی متر) و برای اکوتیپ سه قلعه (۳۱۵۲ سانتی متر) بدست آمد (جدول۳). نتایج حاکی از آن است که آبیاری تا فاصله ۱۲ روز باعث افزایش نفوذ ریشه به عمق خاک شد، احتمالاً با افزایش کمبود آب به دلیل رسیدن رطوبت خاک به نقطه پژمردگی، سرعت رشد ریشه کاهش یافته و پیری زودرس در ریشه اتفاق می‌افتد (Sharp & Lenoble, 2002) که این باعث کاهش عمق نفوذ ریشه در گیاه می‌شود. ولی در شرایط فراهمی رطوبت تنها قسمت کمی از ناحیه بالقوه ریشه مرطوب شده و نفوذ ریشه در لایه‌های کم عمق خاک محدود می‌شود (Kafi & Damghani, 2000).

سطح ریشه

تفاوت سطح ریشه در فاصله های مختلف آبیاری نشان داد، که بیشترین سطح ریشه در فاصله آبیاری چهار روز (۲۸۷۶ سانتی متر مربع) و کمترین آن در فاصله آبیاری ۱۶ روز (۹۲۰۲۲ سانتی متر مربع) بدست آمد (جدول۳). درصد کاهش سطح ریشه نسبت به تیمار شاهد (فاصله چهار روز آبیاری) در فاصله‌های آبیاری ۸، ۱۲ و ۱۸ روز بترتیب ۲، ۶ و۳۰ درصد بود (جدول۳). اثر متقابل فاصله های مختلف آبیاری و اکوتیپ از نظر سطح ریشه نشان داد که بیشترین سطح ریشه در فاصله آبیاری چهار روز برای اکوتیپ سه قلعه (۳۳۰۱ سانتی مترمربع) و کمترین آن در فاصله آبیاری ۱۶ روز و اکوتیپ کلات (۱۶۸۷ سانتی متر مربع) بدست آمد (جدول۳). درصد کاهش سطح ریشه در اکوتیپ کلات نسبت به شاهد (فاصله چهار روز آبیاری) ۱۵، ۳۲ و ۴۶ درصد و برای اکوتیپ سه قلعه درصد کاهش سطح ریشه ۶، ۲۴ و ۲۹ درصد به ترتیب در فاصله‌های آبیاری ۸، ۱۲ و ۱۸ روز بود (جدول۳). نتایج حاکی از آن است که سرعت رشد ریشه با افزایش کمبود آب کاهش می یابد، ولی رشد ریشه نسبت به اندام هوایی کمتر تحت تأثیر قرار می‌گیرد، به طوری که نسبت ریشه به اندام هوایی افزایش نشان داد. تحقیقات امام و دامغانی (Emam & Damghani, 2000) نشان داده است که در شرایط کمبود آب ریشه‌ها به طرف آب در خاک رشد می‌کنند، به شرط آنکه فاصله آنها تا آب کم باشد. به نظر می رسد این امر باعث صرف انرژی بیشتر برای جستجوی آب شده، در نتیجه توسعه سطح ریشه کاهش می‌یابد. در این آزمایش هر دو اکوتیپ کنجد مورد مطالعه کمتر تحت تأثیر فاصله آبیاری تا ۱۲ روز قرار گرفتند ولی در فاصله ۱۶ روز آبیاری تحت تأثیر شدید تنش آب بودند.

سرعت تعرق و فتوسنتز

اثر فاصله آبیاری بر دو اکوتیپ کنجد منجر به اختلاف معنی داری در میزان تعرق و فتوسنتز شد (شکل ۱). با افزایش فاصله آبیاری میزان تعرق و فتوسنتز کم شد، به طوری که حداکثر میزان تعرق و فتوسنتز در فاصله آبیاری چهار روز برای اکوتیپ کلات (به ترتیب ۱/۶ میلی مول بر متر مربع در ثانیه و ۶/۵ میکرو مول بر متر مربع در ثانیه) و حداقل آن در فاصله آبیاری ۱۶ روز در اکوتیپ کلات و سه قلعه (به ترتیب ۰/۷ میلی مول بر متر مربع در ثانیه و ۱/۳ میکرو مول بر متر مربع در ثانیه) حاصل شد.

1- Abscisic acid

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات اصلی و متقابل فواصل آبیاری و اکوتیپ بر برخی صفات کنجد در شرایط گلخانه

Table 3- Mean comparison of main and interaction effects of irrigation intervals and ecotypes on some traits of sesame under green house conditions

تیمارها Treatments	حجم ریشه Root volume (cm^3)	طول کل ریشه Total root length (cm)	قطر ریشه Root diameter (cm)	سطح ریشه Root surface area (cm^2)
T1	0.2	2988.0	0.4	2876.0
T2	0.3	4819.0	0.6	2817.0
T3	0.2	5629.0	0.5	2717.0
T4	0.2	4212.0	0.5	2022.0
LSD (0.05)	0.1*	1076.0	0.2	727.0
V1	0.2	4130.0	0.5	2403.0
V2	0.2	4694.0	0. 5	2813.0
T1V1	0.1	2823.0	0.3	3128.0
T1V2	0.2	3152.0	0.4	3301.0
T2V1	0.2	3273.0	0.7	2663.0
T2V2	0.4	6366.0	0.5	3089.0
T3V1	0.2	6814.0	0.6	2132.0
T3V2	0.2	4443.0	0.4	2506.0
T4V1	0.2	3610.0	0.5	1687.0
T4V2	0.2	4814.0	0.5	2356.0
LSD (0.05)	0.1	1522.0	0.2	1028.0

فاصله آبیاری (۴، ۸، ۱۲ و ۱۶ روز) بترتیب T4, T3, T2, T1

Irrigation intervals (4, 8, 12 & 16 days) T1, T2, T3, T4 respectively

V2=اکوتیپ سه قلعه V1= اکوتیپ کلات

V1= Kalat ecotype V2= se- ghaleh ecotype

* میانگین هایی که تفاوت بین آنها کمتر از میزان LSD می باشد، بر اساس آزمونLSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی داری ندارند.

* Means, that the difference between them is lower than the amount of LSD, are not significantly different at α =0.05 by LSD test.

جدول ٤- میانگین مربعات برخی صفات دو اکوتیپ‌کنجد تحت تأثیر رژیم‌های آبیاری

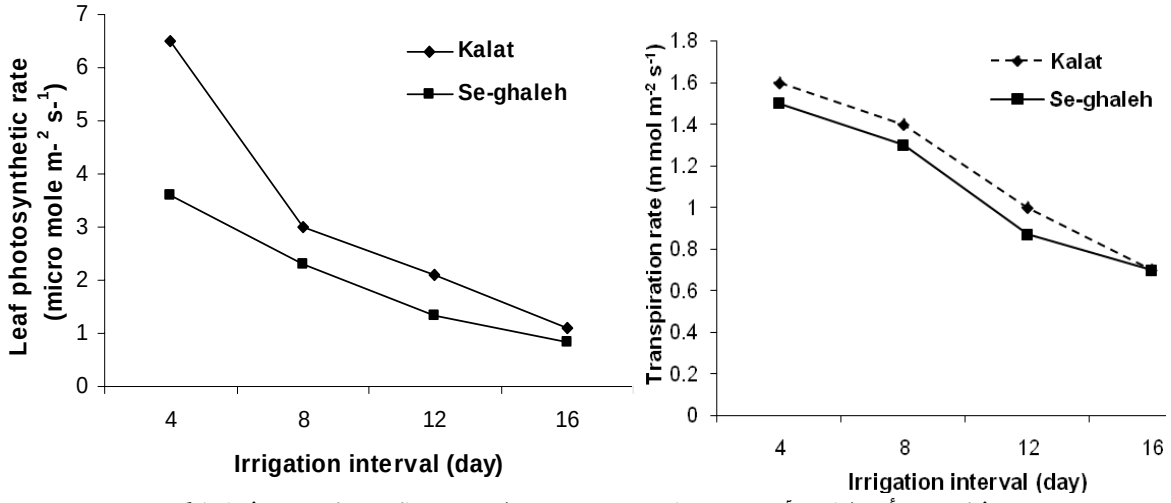
Table 4- Mean square of some traits in two sesame ecotypes under irrigation regimes

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی D.F.	حجم ریشه Root volume (cm^3)	طول کل ریشه Total root length (cm)	قطر ریشه Root diameter (cm)	سطح ریشه Root surface area (cm^2)
Irrigation interval فاصله آبیاری	3	0.022**	7428539**	0.05*	941697^{ns}
Ecotype اکوتیپ	1	0.03**	1908406^{ns}	0.014^{ns}	1009420^{ns}
I*E آبیاری* اکوتیپ	3	0.007	7737080**	0.024^{ns}	855248^{ns}

*,** و ns بترتیب معنی دار در سطح احتمال یک درصد، پنج درصد و عدم وجود اختلاف معنی دار

*, ** and ns significant at the 0.05 and 0.01 level of probability, no significant, respectively

اکوتیپ کلات در فاصله های مختلف آبیاری از میزان تعرق و فتوسنتز بیشتری برخوردار بود، به طوری که اختلاف آن با اکوتیپ سه قلعه معنی‌دار بود (شکل ۱). از آنجا که با افزایش فاصله آبیاری تولید ماده خشک در گیاه کنجد کم شد (جدول ۱) که این تغییرات احتمالاً به علت کاهش اندازه سلول ها و فواصل سلولی، ضخیم شدن دیواره سلولی، نمو بیشتر بافت های مکانیکی و کاهش تعداد روزنه ها در واحد سطح است. به طوری که با شروع شرایط خشکی آماس سلولی به طور مستمر کاهش می‌یابد، که این امر منجر به بسته شدن روزنه‌ها، کاهش تعرق و کاهش ورود دی‌اکسیدکربن به داخل روزنه‌ها می‌شود در نتیجه انتقال مواد فتوسنتزی، تحت تأثیر تنش خشکی کم شده و موجب اشباع شدن برگها از این مواد می‌شود، لذا فرایند فتوسنتز محدود می‌گردد (Kafi & Damghani 2002 ;Wolfe et al., 1998).



شکل ۱- تأثیر فواصل آبیاری بر میزان تعرق و سرعت فتوسنتز دو اکوتیپ کنجد در شرایط گلخانه

Fig. 1- Effect of irrigation intervals on transpiration and photosynthesis rate of two sesamum ecotypes under greenhouse conditions

سپاسگزاری

با عنایت به اینکه بودجه این طرح از طرف حوزه معاونت محترم پژوهشی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد تامین شده است، نهایت تشکر را دارم.

منابع

1- Blum, A. 2005. Drought resistance, water-use efficiency, and yield potential-are they compatible, dissonant, or mutually exclusive? Australian Journal of Agriculture 56: 1159-1168.
2- Emam, Y., and Zavarehi, M. 2005. Drought tolerance in higher (Genetically, Physiological and Molecular Biological Analysis). Academic Publishing Center of Tehran. (In Persian)
3- Golestani, M., and Pakniat, H. 2008. Evaluation of tolerance to drought characters in the *Sesamum* lines. Sciences and Technologies of Agriculture and Natural Resources 41: 141-149.
4- Goyal, V., Sudha, J., and Bishnoi, N., 1998. Effect of terminal water stress on stomatal resistance, transpiration, and canopy temperature and millet yield. Annual Agriculture Biology Research 3: 119-122.
5- Gregory, P.J. 2006. Plant Roots (Growth, Activity and Interaction with Soils), Blackwell Publishing pp: 150-173.
6- http://www.uidaho.edu/extension/drought/Sentinel26.
7- John, T., Christopher, A.M., Borrel, A.M., Manschadi, G., Hammer, G., and Chapman, S. 2004. Developing high yielding wheat for water limited environments in northern Australia. Proceedings of the 4th International Crop Science Congress Brisbane, Australia, 26 Sep – 1 Oct.
8- Kafi, M., and Damghani, A. 2000. Mechanism of environmental stress resistance in plants. Ferdowi University of Mashhad Publication. (In Persian).
9- Kafi, M., Lahootee, M., Zand, E., Shareefee, H.R., and Goldani, M. 2000. Plant Physiology. Jahadeh Daneshgahi Press. PP. 355-340. (In Persian)
10- Keshavarse, M., Ashrafi, A., and Razmjo, K.H. 2009. Effect of NaCl salt on seed germination of 7 *Sesamum* cultivars. The First National Conference on Science and Technology Iran's Seed.
11- Kobata, T., Palta, J.A., and Turner, N.C. 1992. Rate of development of postanthesis water deficits and grain filling of spring wheat. Crop Sciense 32: 1238-1242.
12- Krenzer, E.G., Nipp, T. L., and Mcnew, R.W. 1991. Winter wheat main stem leaf appearance and tiller formation vs. moisture treatment. Agronomy Journal 83: 663-667.
13- Lafond, G.P., and Fowler, D.B. 1989. Soil temperature and moisture stress effects on kernel water uptake and germination of winter wheat. Agronomy Journal 81: 447-450.
14- Mundree, S.G., and Baker, B. 2002. Physiological and molecular insights in to drought tolerance. African Journal of Biotechnology 1: 28-38.
15- Sepaskhah, A.R. and Andam, M. 2001. Crop coefficient of sesame in a semi arid region of Iran. Agriculture Water

Management 49: 51-63.
16- Sharp, R.E., and Lenoble, M.E. 2002. ABA, ethylene and the control of shoot and root growth under water stress. Journal of Experimental Botany 53: 33-37.
17- Siddique, M.R.B., Hamid, A., and Islam, M.S. 2000. Drought stress effects on water relations of wheat. Botanical Bulletin Academia Sinica 41: 35-39.
18- Simane, B.P., Struik, C., Nachit, M.M., and Peacock, J.M. 1993. Ontogenic analysis of yield components and yield stability of durum wheat in water-limited environments. Euphytica 71: 211-219.
19- Statistics. 2001. Agricultural statistic, funding and planting rice minister in Agricultural, Bulletin 1: 185.
20- University of Idaho Cooperative extension system. 2001. Growth stage stress tolerant. The Cereal Sentinel.
21- Van Oosterrom, E.J., and Acevedo, E. 1993. Leaf area and crop growth in relation to phenology of barley in Mediterranean environments. Plant and Soil 148: 223-237.
22- Wolf, D.W., Gifford, R.M., Hilbert, D., and Luos, Y. 1998. Integration of photosynthetic acclimation to CO_2 at the whole-plant level. Global Change Biology 4: 879-893.