

## تغییرات مورفولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد ذرت شیرین در اثر تیمارهای کم آبی، تشعشع فرابنفش و ازدیاد دی‌اکسید کربن

حبیبه جهان‌بخش، سید علی محمد مدرس ثانوی<sup>۱\*</sup>، حامد کشاورز و مهدی پناهی

دانش آموخته کارشناسی ارشد زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس تهران.

[habibejahanbakhsh@yahoo.com](mailto:habibejahanbakhsh@yahoo.com)

استاد و عضو هیئت علمی گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس تهران.

[Modaresa@Modares.ac.ir](mailto:Modaresa@Modares.ac.ir)

دانشجوی دکتری زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس تهران.

[H.Keshavarz@Modares.ac.ir](mailto:H.Keshavarz@Modares.ac.ir)

استادیار و عضو هیئت علمی گروه آبیاری دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان.

[Mehmesh@outlook.com](mailto:Mehmesh@outlook.com)

### چکیده

مطالعات فیزیولوژیک گیاهان زراعی تحت تأثیر عوامل تنش‌زای غیر زنده با هدف بهبود تولید آن در آینده دارای اهمیت می‌باشد. این پژوهش در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس تهران در سال ۱۳۹۴، برای بررسی مورفولوژی، عملکرد و اجزای عملکرد ذرت شیرین تحت سطوح مختلف دی‌اکسید کربن (۵۰۰، ۹۰۰ و ۱۳۰۰ میکرو مول بر مول هوا)، اشعه فرابنفش (UV-A, B, C) و سطوح مختلف آبیاری (آبیاری کامل و کم‌آبیاری (۶۰٪ ظرفیت زراعی)) اجرا شد. کم‌آبی تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته گذاشت بطوریکه نسبت به شاهد ۱۰ درصد کاهش نشان داد. تعداد برگ‌های زیر بلال تحت تأثیر تیمار اثر متقابل کم‌آبی و دی‌اکسید کربن و تیمار برهمکنش پرتو فرابنفش و دی‌اکسید کربن کاهش یافت اگرچه این کاهش از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری نداشت. با کاهش میزان آبیاری، سطح ویژه برگ، سطح برگ بوته و شاخص برداشت نیز کاهش نشان داد. سطح ویژه برگ و سطح برگ کامل در اثر کم‌آبی کاهش محسوسی داشت بطوریکه نسبت به شاهد به ترتیب ۱۱٪ و ۱۹٪ کاهش نشان داد. در شرایط آبیاری کامل زراعی بین غلظت CO<sub>2</sub> و تعداد دانه در ردیف رابطه‌ی مستقیم وجود داشت و در شرایط اعمال تنش کم‌آبی این رابطه از نوع معکوس بود تحت اثر متقابل CO<sub>2</sub> و تابش فرابنفش، با کاهش طول موج پرتو فرا بنفش عملکرد کاهش یافت. کاهش طول موج از A به B بر میزان عملکرد تأثیر چندانی نداشت اما از B به C مقدار عملکرد کاهش بسیاری یافت. بنابراین می‌توان گفت که افزایش غلظت پرتو فرا بنفش در شرایط تنش خشکی منجر به کاهش تعداد برگ و سطح برگ می‌شود و کاهش عملکرد اجتناب ناپذیر است.

واژه‌های کلیدی: تابش فرابنفش، تنش کم‌آبی، شاخص سطح برگ، رنگدانه‌های فتوسنتزی

۱- آدرس نویسنده مسئول:، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده کشاورزی، گروه زراعت، تهران

\* - دریافت: مرداد ۱۳۹۶ و پذیرش: اردیبهشت ۱۳۹۷

## مقدمه

با گسترش جهانی شدن در کشورهای توسعه یافته صنعتی و کشورهای در حال توسعه با تغییر محیط زیست جهانی، افزایش گازهای گلخانه‌ای و تابش فرابنفش روبرو خواهیم شد که این فاکتورها در کنار مشکل کمبود آب از مهم‌ترین تهدیدهای آینده غذایی بشر در سراسر دنیاست.

خشکی مهم‌ترین عامل محدودکننده تولید موفقیت‌آمیز محصولات زراعی در جهان است (شاوو و همکاران، ۲۰۰۵) که اغلب باعث کاهش محتوی نسبی آب و پتانسیل آبی می‌گردد. این قبیل تغییرات وضعیت آب با کاهش‌های زیاد در فعالیت فتوسنتزی همراه است (نوجس و بیکر، ۲۰۰۰). گزارش شده تحت شرایط تنش کم آبی کاهش رشد و کاهش فعالیت آنزیم RuBPC مشاهده شده است (برتمینی و همکاران، ۲۰۰۶).

محققان پیش‌بینی می‌کنند که غلظت CO<sub>2</sub> جواز ۳۷۰ به ۵۵۰ میکرومول بر مول هوا تا اواسط قرن حاضر افزایش پیدا کند (آنیاوروس و همکاران، ۲۰۰۴). گزارش‌های دیگری نیز تخمین زده‌اند غلظت این گاز تا سال ۲۱۰۰ به ۵۴۰ تا ۹۷۰ میکرومول بر مول هوا افزایش خواهد یافت (آی، پی، سی، سی، ۲۰۰۱). پاسخ‌های عملکرد به افزایش CO<sub>2</sub> به گونه‌های گیاهی بستگی دارد. گونه‌هایی که ظرفیت انتقال بهتر و مخزن بزرگتری دارند می‌توانند بهترین افزایش دهنده مصرف کربن اضافی تثبیت شده تحت شرایط CO<sub>2</sub> بالا باشند (فینان و همکاران، ۲۰۰۲). اگرچه اسیمیلاسیون کربن در گونه‌های سه کربنه در معرض افزایش کوتاه مدت نسبت به چهار کربنه‌ها بیشتر تحریک می‌گردد، این افزایش اغلب در معرض افزایش ماهانه یا هفتگی دوام ندارد (بلوچی ۱۳۸۷). افزایش CO<sub>2</sub> تولید زیست‌توده‌ی کل در سویا (حدود ۴۰ درصد) و سورگوم (حدود ۳۰ درصد) را نیز افزایش می‌دهد (ترت و همکاران، ۲۰۰۴). از سوی دیگر، تخریب طبیعی ازن استراتوسفری و آنچه در اثر فعالیت‌های انسان تخریب شده، منجر به افزایش تابش فرابنفش

در سطح زمین شده است (راسل و همکاران، ۱۹۹۶). گیاهان نیز مانند سایر موجودات زنده تحت تأثیر این پرتو قرار می‌گیرند و هر گونه گیاهی پاسخی متفاوت به این پرتو می‌دهد (کافی و دامغانی، ۱۳۷۹).

هدف این پژوهش، شناخت تأثیرات همزمان تنش کم آبی، تابش فرابنفش و ازدیاد دی‌اکسیدکربن بر برخی صفات کمی گیاه ذرت شیرین نظیر ارتفاع بوته، تعداد برگ بالا و زیر بلال، سطح ویژه برگ، شاخص برداشت، عملکرد و اجزای آن بود. ذرت شیرین از آن جهت انتخاب شده است که در میان گیاهان زراعی، به دلیل داشتن ویژگی‌های مطلوب و قدرت سازگاری بالا در شرایط اقلیمی گوناگون، تولید زیاد ماده خشک، ارزش غذایی مطلوب و بازده بالای مصرف آب از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. این گیاه بعد از گندم و برنج مهم‌ترین گیاه زراعی جهان شناخته شده است. از آنجا که تاکنون، حداقل در ایران هیچ تحقیقی جامعی بر اثر متقابل سه تنش محیطی عمده (خشکی، پرتو فرابنفش و دی‌اکسیدکربن) که نقش مهمی در کاهش تولید محصولات زراعی در آینده دارند به‌طور همزمان انجام نشده است، تحقیق روی این موضوع بسیار ضروری به‌نظر می‌رسد.

## مواد و روش‌ها

پژوهش در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس تهران در شرایط کنترل شده دما، رطوبت و نور با موقعیت ۵۱ درجه و هشت دقیقه طول جغرافیایی و ۳۵ درجه و ۴۳ دقیقه عرض جغرافیایی و با ارتفاع ۱۲۱۵ متر از سطح دریا طی سال ۱۳۹۴ اجرا گردید. این تحقیق بر اساس آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد که دو سطح تنش آبی (آبیاری معمولی یا عدم تنش خشکی، آبیاری به میزان ۶۰٪ ظرفیت زراعی) فاکتور اول، سه سطح غلظت گاز دی‌اکسیدکربن (۵۰۰، ۹۰۰ و ۱۳۰۰ میکرومول بر مول هوا) فاکتور دوم و سه سطح اشعه فرابنفش (UV-A, B, C) فاکتور سوم را تشکیل دادند. بر

ساعت ۱۳ تا ۱۴ با طول موج معین استفاده شد (UV-B Philips 40W/12; UV-C Philips TUV30W/G30T8). از آنجا که زمان‌های بیشتر از یک ساعت رشد گیاه را به طور کامل متوقف می‌کرد دوره‌ی زمانی ۶۰ دقیقه‌ای برای اعمال این تیمار در نظر گرفته شد. برای تیمار تابش UV-A (شاهد) از لامپ استفاده نشد، زیرا این تیمار به طور طبیعی در محیط وجود دارد و توسط لایه‌ی ازن جذب نمی‌گردد. لامپ‌ها در ۵۰ سانتی-متری بالای بوته‌ها قرار گرفته و با افزایش ارتفاع بوته‌ها ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر تا بوته‌ها حفظ شد.

همزمان با اعمال تنش خشکی و تابش فرابنفش میزان غلظت گاز CO<sub>2</sub> نیز به میزان ۵۰۰، ۹۰۰ و ۱۳۰۰ میکرومول بر مول هوا افزایش یافت. برای اعمال تیمار CO<sub>2</sub> روی کرت‌های مزبور یک چهارچوب قرار داده و با پلاستیک دور آن پوشانده شد و سپس با گاز CO<sub>2</sub> و به کمک حسگر الکترونیکی (ساخت کارخانه‌ی Testo آلمان) غلظت درون هر کرت به میزان‌های مورد نظر رسید. جهت ایجاد شرایط یکسان برای تمام کرت‌ها از چهارچوب و پلاستیک استفاده شد.

ارتفاع بوته با اندازه‌گیری فاصله طوقه تا قاعده-ی تاسل و طول تاسل بدست آمد. تعداد برگ زیر و بالای بلال نیز در حین نمونه‌گیری نهایی شمارش شد. جهت اندازه‌گیری سطح مخصوص برگ بلال پس از اندازه‌گیری مساحت سطح برگ بلال با استفاده از دستگاه سطح برگ سنج مدل دلتا تی (ΔT) ساخت کشور انگلستان، برگ‌ها به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند (اوزر ۲۰۰۳). سطح مخصوص برگ بلال از تقسیم مساحت برگ به وزن خشک آن به دست آمد. وزن خشک برگ بلال نیز پس از خشک کردن نمونه‌ها در آون ۷۰ درجه اندازه‌گیری شد. برای بدست آوردن شاخص برداشت نیز وزن بلال بر وزن بوته تقسیم شد. در پایان عملکرد و اجزاء عملکرد در تیمارهای مختلف در نیم متر مربع اندازه‌گیری شد. تجزیه‌ی واریانس داده‌ها برای صفات مختلف با استفاده از نرم افزار آماری SAS 9.0 (2002) انجام گرفت. مقایسه‌ی میانگین داده‌ها نیز با

اساس این طرح رقم ۴۰۳ ذرت شیرین (سینگل کراس-میان‌رس، تولید سال ۱۳۸۷) از موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تهیه شده بود و در کرت‌هایی به ابعاد ۲×۱/۵ متر و در چهار خط با فاصله خطوط ۶۰ سانتی‌متر با تراکم تقریبی ۸۳۰۰۰ بوته در هکتار در تاریخ ۱۳۸۸/۲/۲۵ کشت شد. در طول دوره رشد کلیه عملیات وجین و کوددهی بر اساس نیاز کودی انجام گردید. بر اساس نتایج تجزیه‌ی خاک، بافت خاک مزرعه در دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس لوم شنی (Sandy loam) و میزان نیتروژن، فسفر و پتاسیم خاک به ترتیب ۰/۰۹۹ درصد، ۴۱ و ۴۶۰ میلی‌گرم در کیلوگرم تشخیص داده شد. اندازه‌گیری نیتروژن به روش تیتراسیون بعد از تقطیر و با استفاده از سیستم اتوماتیک کجل تک اتوآنالیزر انجام شد (جکسون ۱۹۹۶). برای اندازه‌گیری فسفر از روش رنگ سنجی (رنگ زرد مولیبدات و انادات) و برای اندازه‌گیری پتاسیم از روش نشر شعله‌ای استفاده شد (جکسون ۱۹۹۶).

تمامی کرت‌ها تا ابتدای مرحله‌ی ساقه رفتن به طور یکسان و همزمان آبیاری شدند. پس از آن در حالیکه تیمار شاهد در حد ظرفیت زراعی آب آبیاری دریافت می‌نمود، تیمار تنش کم‌آبی با تغییر فواصل آبیاری طوری تنظیم شد که رطوبت خاک در زمان گلدهی به ۶۰ درصد ظرفیت زراعی رسید. برای تعیین سطوح مختلف آبیاری از روابط ارائه شده توسط بهرا و پاندا (۲۰۰۹) استفاده شد. در این روش، برنامه زمان‌بندی آبیاری بر اساس درصد تخلیه آب خاک در منطقه ریشه است. مقدار آب خاک با استفاده از دستگاه انعکاس سنجی زمانی (TDR) در عمق ذکر شده تعیین می‌شود. نسبت به نقطه ظرفیت زراعی از منحنی‌های کالیبراسیون برای تعیین رابطه بین مقدار عددی ارائه شده توسط دستگاه و مقدار حجمی رطوبت خاک استفاده می‌شود. همچنین برای تعیین و کنترل مقدار آب آبیاری از لوله‌های مجهز به کنتور استفاده می‌گردد.

برای اعمال تیمار پرتوفراپنفش از لامپ‌های زیر با دوره‌های روزانه ۶۰ دقیقه‌ای تا آخر فاز گلدهی در

استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد صورت گرفت (استیل و توری، ۱۹۹۸).

### نتایج و بحث

آنالیز واریانس صفات کمی (جدول ۱) نشان داد از میان فاکتورهای مورد بررسی تنها سطوح مختلف آبیاری تفاوت معنی‌دار در ارتفاع بوته‌ها بوجود آورده است. با اعمال تنش کم‌آبی، ارتفاع بوته‌ها کاهش یافت و بیشترین میزان ارتفاع بوته مربوط به گیاهانی بود که از آبیاری کامل در حد ظرفیت زراعی برخوردار بودند (جدول ۳).

تعداد برگ بالا و پایین بلال از صفاتی است که معمولاً تحت تأثیر تنش‌های محیطی قرار می‌گیرد، نتایج آنالیز واریانس تفاوتی در تعداد برگ‌های بالای بلال نشان نداد اما در خصوص تعداد برگ‌های زیر بلال اثر متقابل غلظت‌های مختلف  $CO_2$  و سطوح مختلف آبیاری و همچنین اثر متقابل غلظت‌های مختلف  $CO_2$  و سطوح

مختلف تشعشع فرابنفش (جدول ۱) در سطح یک درصد معنی‌دار شد. با توجه به جدول ۴ در همه‌ی غلظت‌های  $CO_2$  بجز غلظت ۹۰۰ میکرولیتر بر لیتر هوا دی-اکسیدکربن، با کاهش میزان آب آبیاری تعداد برگ‌های زیر بلال نیز کاهش یافت. یعنی در غلظت ۹۰۰ میکرولیتر بر لیتر هوا دی‌اکسیدکربن گیاه توانسته است اثر منفی تنش کم‌آبی را جبران نماید. نتایج تحقیقات گذشته نیز یافته‌های این آزمایش را در خصوص تأثیر منفی خشکی بر ارتفاع گیاه و تعداد برگ‌ها تأیید می‌کند (نوجس و بیکر، ۲۰۰۰). در مورد اثر متقابل غلظت‌های مختلف  $CO_2$  و سطوح مختلف تشعشع فرابنفش نیز با کاهش طول موج تشعشع فرابنفش تعداد برگ‌های زیر بلال کم شد اما با اعمال غلظت بالاتر ( $1300$ )  $CO_2$  گیاه توانست تا حدودی این خسارت را جبران کرده و تعداد برگ‌ها را افزایش دهد. همچنین مشاهده شد در گیاهانی که تحت تابش UV-C بودند با افزایش غلظت  $CO_2$  تعداد برگ‌های زیر بلال افزایش یافت (جدول ۲).

Archive of SID

جدول ۱- مقایسه برخی صفات کمی ذرت شیرین تحت تنش کم‌آبی، ازدیاد دی‌اکسیدکربن و تشعشع فرابنفش

میانگین مربعات											
منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع بوته	تعداد برگ زیر بلال	تعداد برگ بالایی بلال	سطح برگ گیاه	سطح مخصوص برگ	تعداد ردیف در بلال	تعداد دانه در ردیف	بیوماس کل	عملکرد	شاخص برداشت
تکرار	۲	۵/۹۳ ns	۱/۵۵*	۰/۵۷ ns	۸۴۸۱/۴۳ ns	۸۵/۲ ns	۰/۶۸ ns	۰/۵۲ ns	۷۰۲۱۵۸/۳ ns	۱۶۳۵۶۷/۵ ns	۰/۰۱۴ ns
دی‌اکسیدکربن	۲	۱۸۹/۸۷ ns	۱/۰۵ ns	۰/۵۲ ns	۱۶۲۴۵۸/۲ ns	۱۷۳/۰ ns	۲۰/۳۵**	۸۰/۲۴**	۱۷۸۶۸۳۷/۰ ns	۵۳۰۰۷۵/۶**	۰/۰۵۴*
کم‌آبی	۱	۵۷۵۹/۸۰**	۰/۰۷ ns	۰/۰۲ ns	۴۳۸۷۰۰۵/۱**	۳۹۰۵/۱**	۵۰/۰۷**	۷۳/۵۰*	۱۳۹۰۴۰۵۱۵/۶**	۳۷۶۰۸۴/۱*	۰/۳۱۳**
پرتو فرابنفش	۲	۴۶/۲۴ ns	۰/۶۷ ns	۰/۰۲ ns	۲۱۰۶۹۷/۶ ns	۸۷۸/۲ ns	۲/۷۴ ns	۶۰/۷۹*	۱۰۷۶۱۱۴۹/۶ ns	۲۰۵۱۱۹۸/۹**	۰/۰۴ ns
کم‌آبی × دی‌اکسیدکربن	۲	۳۰۱/۸۴ ns	۱/۴۶*	۰/۵۲ ns	۲۰۰۲۸۴/۶ ns	۱۴۱/۶ ns	۱/۱۳ ns	۲۶/۷۳ ns	۳۴۸۵۳۶/۷ ns	۱۶۸۴۴۱/۷ ns	۰/۰۰۰۲ ns
دی‌اکسیدکربن × پرتو فرابنفش	۴	۲۶۵/۵۱ ns	۱/۲۳*	۰/۲۲ ns	۱۳۳۹۰۳/۲ ns	۳۱۱/۴ ns	۳/۶۶ ns	۵۶/۹۷**	۲۳۴۹۰۹۱۱/۳**	۲۹۸۲۱۱/۹**	۰/۰۵۷*
کم‌آبی × پرتو فرابنفش	۲	۱۸۳/۳۶ ns	۰/۵۲ ns	۰/۰۲ ns	۴۴۷۳۲۱/۷ ns	۳۴۲/۱ ns	۱۰/۲۹*	۱/۱۷ ns	۳۵۷۳۴۳۹/۲ ns	۴۲۷۸۶۸/۱**	۰/۰۰۳ ns
کم‌آبی × دی‌اکسیدکربن × پرتو فرابنفش	۴	۱۰۵/۲۹ ns	۰/۴۱ ns	۰/۷۷ ns	۷۴۲۳۵۲/۶ ns	۳۵۰/۱ ns	۳/۲۷ ns	۴۲/۷۳ ns	۱۶۶۹۹۱۹۲/۰**	۹۴۸۱۰۴/۳**	۰/۰۰۳ ns
اشتباه آزمایشی	۳۴	۲۸۳/۱۵	۰/۴۲	۰/۵۷	۳۳۷۲۰۷/۴	۴۵۷/۶	۳/۰۱	۱۲/۸۷	۳۵۴۶۳۲۸/۵	۶۹۵۸۳/۴	۰/۰۱۷
ضریب تغییرات		۸/۹۳	۱۲/۳۵	۱۳/۰۷	۲۲/۱	۱۵/۶	۱۲/۵۴	۱۴/۸۲	۱۹/۷	۱۲/۱	۲۳/۳

ns، \* و \*\* به ترتیب بدون اثر معنی دار و معنی داری در سطح احتمال یک و پنج درصد می‌باشد

جدول ۲- مقایسه‌ی میانگین تعداد دانه در ردیف و تعداد برگ زیر بلال ذرت شیرین تحت تأثیر تیمارهای غلظت‌های مختلف دی‌اکسیدکربن و تابش سطوح مختلف پرتو فرابنفش

دی‌اکسیدکربن (میکرو لیتر بر لیتر هوا)	پرتو فرابنفش	تعداد برگ زیر بلال	تعداد دانه در ردیف
۵۰۰	UV-A	۵/۶۷ a	۲۹/۵۰ a
	UV-B	۵/۶۷ a	۲۹/۰۰ a
	UV-C	۵/۱۷ ab	۲۰/۵۰ c
۹۰۰	UV-A	۴/۶۷ b	۲۴/۳۴ bc
	UV-B	۵/۰۰ ab	۲۵/۳۴ ab
	UV-C	۵/۵۰ ab	۲۲/۸۴ bc
۱۳۰۰	UV-A	۵/۰۰ ab	۲۲/۸۴ bc
	UV-B	۴/۶۷ b	۲۰/۵۰ c
	UV-C	۵/۶۷ a	۲۳/۰۰ bc

اعداد با حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون دانکن ( $p \leq 0.05$ ) اختلاف معنی‌داری ندارند

جدول ۳- مقایسه‌ی میانگین برخی صفات کمی ذرت شیرین تحت تأثیر تیمار آبیاری

سطوح تیمار	شاخص برداشت	ارتفاع بوته (سانتی متر)	سطح برگ	سطح مخصوص برگ بلال
شاهد	۰/۶۳ a	۱۹۸/۶۰ a	۲۹۱۶/۱۵ a	۱۴۵/۱۵ a
کمبود آب	۰/۴۸ b	۱۷۷/۹۴ b	۲۳۴۶/۳ b	۱۲۸/۱۵ b

اعداد با حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن ( $p \leq 0.05$ ) اختلاف معنی‌داری ندارند

جدول ۴- مقایسه‌ی میانگین تعداد برگ زیر بلال ذرت شیرین تحت تأثیر تیمارهای کم آبی و غلظت‌های مختلف دی‌اکسیدکربن

تنش کم آبی	دی‌اکسید کربن (میکرو لیتر بر لیتر هوا)	تعداد برگ زیر بلال
شاهد	۵۰۰	۵/۷۸ a
	۹۰۰	۴/۷۸ b
	۱۳۰۰	۵/۲۳ ab
کمبود آب	۵۰۰	۵/۲۳ ab
	۹۰۰	۵/۳۴ ab
	۱۳۰۰	۵/۰۰ b

اعداد با حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون دانکن ( $p \leq 0.05$ ) اختلاف معنی‌داری ندارند

یافته‌های مقایسه میانگین در جدول ۴ نشان داد با افزایش غلظت  $CO_2$  در دو سطح فرابنفش A و B تعداد دانه در هر ردیف بلال کاهش یافت اما در UV-C افزایش یافت. در غلظت ۵۰۰ میکرومول بر مول هوا دی‌اکسیدکربن، با کاهش طول موج فرابنفش تعداد دانه در ردیف کاهش یافت بطوریکه بیشترین تعداد دانه در ردیف در سطوح UV-A, B و کمترین تعداد در UV-C مشاهده شد (جدول ۲).

طبق جدول تجزیه واریانس (جدول ۱) سطح ویژه‌ی برگ تحت سطوح مختلف آبیاری (شاهد و کم-

تعداد دانه در ردیف تحت اثر مستقل دی-اکسیدکربن در سطح یک درصد و اثرات مستقل آبیاری و تشعشع فرابنفش در سطح پنج درصد قرار گرفت. همچنین اثر متقابل دی‌اکسیدکربن و تشعشع فرابنفش ( $p \leq 0.01$ ) بر تعداد دانه در ردیف معنی‌دار بود (جدول ۱). با افزایش غلظت از ۵۰۰ به ۱۳۰۰ دی‌اکسیدکربن تعداد دانه در ردیف ۱۶ درصد کاهش یافت. با اعمال تنش کم آبی تعداد دانه در ردیف ۹/۲ درصد کاهش یافت. گزارش شده تنش خشکی باعث کاهش ۳۷/۷۵ درصدی تعداد دانه در سنبله گندم شد (بلوچی ۱۳۸۷).

برداشت کاهش یافت، از سوی دیگر میزان شاخص برداشت در گیاهان تحت تیمار UV-B در هر دو وضعیت آبیاری بیشتر از سایر تیمارهای نوری بود (جدول ۵). یافته‌های دیگر محققین دستاوردهای این پژوهش را در خصوص تأثیر کم‌آبی بر شاخص برداشت تأیید می‌کند (دشتی ۱۳۶۹).

تعداد ردیف در بلال و تعداد دانه در ردیف به عنوان اجزاء عملکرد در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج آنالیز واریانس نشان داد در تعداد ردیف در بلال تحت سطوح مختلف آبیاری و غلظت‌های گوناگون دی‌اکسیدکربن و همچنین در اثرات متقابل تشعشع فرابنفش و سطوح آبیاری تفاوت معنی‌داری در سطح ۱ درصد وجود دارد (جدول ۱). با بررسی مقایسات میانگین ملاحظه شد با کاهش آب آبیاری به میزان ۶۰ درصد ظرفیت زراعی، تعداد ردیف در بلال‌ها ۱۳ درصد کاهش یافت. همچنین با افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن تا ۹۰۰ میکرومول بر مول هوا تفاوت چندانی در تعداد ردیف‌ها مشاهده نشد اما به افزایش غلظت تا ۱۳۰۰ میکرومول تعداد ردیف‌ها حدود ۱۳ درصد کاهش نشان دادند. پس از بررسی نتایج آزمون مقایسه میانگین ملاحظه شد در شرایط تنش کم‌آبی با کاهش طول موج فرابنفش تفاوتی در تعداد دانه در ردیف‌ها وجود نداشت اما در شرایط آبیاری کامل زراعی تفاوت بین طول موج‌های B و C با طول موج A وجود داشت بطوریکه کاهش طول موج باعث افزایش تعداد ردیف در بلال شد (جدول ۵).

آبی) معنی‌دار بوده است ( $p \leq 0.01$ ). نتایج جداول مقایسه-ی میانگین نشان داد بیشترین میزان مربوط به تیمار شاهد (آبیاری در حد ظرفیت زراعی) و کمترین میزان آن تحت تیمار تنش کم‌آبی است که نسبت به شاهد ۱۱ درصد کاهش داشت. (جدول ۳)، در واقع با کاهش میزان آبیاری، سطح ویژه‌ی برگ نیز کاهش نشان داد. در میان سازش-های گیاهی مرتبط با تنش خشکی تغییرات سطح برگ اهمیت ویژه‌ای دارد. سطح برگ بوته نیز تنها تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری قرار گرفت، با کاهش آب آبیاری سطح برگ بوته ۱۹/۵ درصد کاهش یافت (جدول ۳). در مناطق خشک برگ‌های کوچکتر و ضخیم‌تر از طریق کاهش سطح تبخیر تلفات آب را کاهش می‌دهند و به بهبود روابط آبی کمک می‌کنند (پسارکلی ۱۹۹۹). گزارش شده کمبود آب باعث کاهش ۲۲/۳۳ درصدی سطح ویژه-ی برگ گندم شده است که این کاهش در مورد گیاه ذرت شیرین تحت آزمایش ۱۱/۷۲ درصد بوده است (بلوچی ۱۳۸۷).

مطابق نتایج آنالیز واریانس (جدول ۱) تیمار آبیاری، غلظت‌های مختلف دی‌اکسیدکربن و اثر متقابل تشعشع فرابنفش و آبیاری تفاوت‌های معنی‌داری بر شاخص برداشت (HI) ایجاد کردند. اعمال تنش کم‌آبی باعث کاهش ۲۴/۵ درصدی شاخص برداشت شد (جدول ۳). افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن کاهش ناچیزی در میزان شاخص برداشت ایجاد کرد. بررسی نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل تشعشع فرابنفش و آبیاری نشان داد با کاهش آب در تمام سطوح تابش فرابنفش بجز UV-A شاخص

جدول ۵- مقایسه‌ی میانگین شاخص برداشت و تعداد ردیف در بلال ذرت شیرین تحت تأثیر تیمارهای سطوح مختلف آبیاری و تابش سطوح مختلف پرتو فرابنفش

تنش کم‌آبی	پرتو ماوراء بنفش	شاخص برداشت	تعداد ردیف در بلال
	UV-A	۰/۵۷ abc	۱۳/۵۶ b
شاهد	UV-B	۰/۶۸ a	۱۵/۴۵ a
	UV-C	۰/۶۲ ab	۱۵/۴۵ a
	UV-A	۰/۴۵ c	۱۳/۳۴ b
کمبود آب	UV-B	۰/۵۲ bc	۱۲/۳۳ b
	UV-C	۰/۴۴ c	۱۳/۰۰ b

اعداد با حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون دانکن ( $p \leq 0.05$ ) اختلاف معنی‌داری ندارند

در نتیجه کاهش وزن دانه منجر به ایجاد یک اثر متقابل منفی بر عملکرد شده است ((Zhao, et al. 2003 اثر مثبت CO<sub>2</sub> روی عملکرد دانه گندم بیشتر به دلیل افزایش تعداد سنبله و دانه در سنبله بوده و میزان وزن تک دانه اثر چندانی نداشته است (فنجمیر ۱۹۹۶). تحت شرایط افزایش CO<sub>2</sub> و بدون تنش آبی رشد رویشی گیاه افزایش و رشد زایشی آن کاهش می‌یابد. این مطلب نشان دهنده وجود اثر مثبت افزایش CO<sub>2</sub> بر کاهش خسارت خشکی بوده که دلیل آن را می‌توان به کاهش هدایت روزنه‌ای در شرایط افزایش گاز و در نتیجه کاهش اتلاف آب برگ از طریق روزنه‌ها و افزایش کارایی مصرف آب توسط گیاه مربوط دانست (دانلی و همکاران، ۲۰۰۰).

به این ترتیب چنانچه در آینده ذرت شیرین در شرایطی مشابه طرح آزمایشی فوق با میزان دی‌اکسیدکربن بالا، تابش سطوح مختلف پرتو فرابنفش و تنش کم‌آبی قرار گیرد در برابر این تنش‌ها واکنش نشان داده و با کاهش تعداد برگ و سطح برگ از یک سو و طولانی شدن فاز رویشی و تأخیر در ورود به فاز زایشی از سوی دیگر مواجه خواهد شد و چنانچه افزایش غلظت گاز دی‌اکسید کربن به روند کنونی خود ادامه دهد و از سوی دیگر افزایش آلاینده‌های زیستی و گازهای گلخانه‌ای منجر به تخریب بیشتر لایه‌ی ازن و در نتیجه افزایش تابشات فرابنفش شود، با توجه به اینکه خشکی و کمبود آب امری اجتناب ناپذیر در حال حاضر و آینده می‌باشد، آینده‌ی غذایی بشر با مشکلات عدیده‌ای روبرو خواهد شد که دلیل عمده‌ی آن را می‌توان به کاهش عملکرد گیاهان زراعی در نتیجه‌ی کاهش تعداد و وزن دانه‌ها دانست.

از سوی دیگر با توجه به C<sub>4</sub> بودن ذرت شیرین افزایش غلظت CO<sub>2</sub> بر روی برخی صفات تأثیر منفی-داری نداشت و همچنین با عنایت به بالا بودن کارایی مصرف آب در ذرت شیرین تأثیر اعمال تنش کم‌آبی به میزان ۶۰ درصد ظرفیت زراعی کم بوده و گیاه تا حدودی توانسته است کمبود آب را جبران کند؛ بنابراین توصیه

آنالیز واریانس صفات نشان می‌دهد بیوماس ذرت‌های شیرین تحت اثر سه‌گانه‌ی آبیاری، تشعشع فرابنفش و دی‌اکسیدکربن، اثر مستقل آبیاری و اثر دوگانه-ی تشعشع فرابنفش و CO<sub>2</sub> تفاوت‌های معنی‌داری نشان دادند (جدول ۱). تحت اثر مستقل آبیاری نیز، اعمال تنش کم‌آبی باعث کاهش بیوماس به میزان ۲۸/۷ درصد شد. بیشترین بیوماس تحت اثر سه گانه فاکتورها در UV-C، تنش کم‌آبی و غلظت ۱۳۰۰ دی‌اکسیدکربن مشاهده شد. تحت تابش UV-A, C و در شرایط آبیاری کامل زراعی تحت غلظت‌های مختلف دی‌اکسیدکربن تفاوتی در میزان بیوماس مشاهده نشد. دکمین و همکاران (۲۰۰۱) گزارش کردند اثر متقابل تابش فرابنفش و CO<sub>2</sub> تنها برای بیوماس کل معنی‌دار است.

آنالیز واریانس‌ها نشان داد تنها اثر متقابل غلظت‌های مختلف دی‌اکسیدکربن و سطوح آبیاری در مقدار عملکرد تفاوت معنی‌دار ایجاد نکرده و بقیه‌ی اثرات چه به صورت اصلی و چه به شکل متقابل اثرات معنی-داری بر میزان عملکرد داشتند (جدول ۲). بطوریکه مشاهده شد بیشترین عملکرد در غلظت ۹۰۰ میکرومول بر مول هوا CO<sub>2</sub> بدست آمد و همچنین با اعمال تنش کم‌آبی عملکرد به میزان ۷/۴ درصد کاهش یافت. در خصوص تابش فرابنفش طول موج‌های A و B تفاوت چندانی بر مقدار عملکرد ایجاد نکردند اما در طول موج C عملکرد کاهش قابل ملاحظه‌ای یافت (۲۵/۷ درصد). در شرایط آبیاری کامل و طول موج‌های B و C با افزایش غلظت CO<sub>2</sub> از ۵۰۰ به ۹۰۰ افزایش عملکرد و با افزایش از ۹۰۰ به ۱۳۰۰ میکرومول بر مول هوا کاهش عملکرد دیده شد. در UV-C در غلظت‌های ۵۰۰ و ۹۰۰ دی-اکسیدکربن با اعمال تنش کم‌آبی عملکرد کاهش یافت (جدول ۶). این کاهش عملکرد به دلیل تأثیر تابش فرابنفش بر فتوسنتز گیاه می‌باشد که با افزایش غلظت CO<sub>2</sub> و تحریک گیاه به رشد رویشی و کاهش تعداد دانه و همچنین در شرایط تنش خشکی به دلیل کاهش فتوسنتز و انتقال مواد به دانه در اثر کاهش آب موجود در گیاه و



آب امری اجتناب ناپذیر در حال حاضر و آینده می‌باشد، آینده‌ی غذایی بشر با مشکلات عدیده‌ای روبرو خواهد شد که دلیل عمده‌ی آن را می‌توان به کاهش عملکرد گیاهان زراعی در نتیجه‌ی کاهش تعداد و وزن دانه‌ها دانست. از سوی دیگر با توجه به  $C_4$  بودن ذرت شیرین افزایش غلظت  $CO_2$  بر روی برخی صفات تأثیر معنی‌داری نداشت و همچنین با عنایت به بالا بودن کارایی مصرف آب در ذرت شیرین تأثیر اعمال تنش کم‌آبی به میزان ۶۰ درصد ظرفیت زراعی کم بوده و گیاه تا حدودی توانسته است کمبود آب را جبران کند؛ بنابراین توصیه می‌گردد برای آزمایشات بعدی از تنش‌های بالاتر استفاده شود.

می‌گردد برای آزمایشات بعدی از تنش‌های بالاتر استفاده شود. به این ترتیب چنانچه در آینده ذرت شیرین در شرایطی مشابه طرح آزمایشی فوق با میزان دی‌اکسیدکربن بالا، تابش سطوح مختلف پرتو فرابنفش و تنش کم‌آبی قرار گیرد در برابر این تنش‌ها واکنش نشان داده و با کاهش تعداد برگ و سطح برگ از یک سو و طولانی شدن فاز رویشی و تأخیر در ورود به فاز زایشی از سوی دیگر مواجه خواهد شد و چنانچه افزایش غلظت گاز دی‌اکسید کربن به روند کنونی خود ادامه دهد و از سوی دیگر افزایش آلاینده‌های زیستی و گازهای گلخانه‌ای منجر به تخریب بیشتر لایه‌ی ازن و در نتیجه افزایش تابش فرابنفش شود، با توجه به اینکه خشکی و کمبود

جدول ۶- مقایسه میانگین عملکرد و بیوماس ذرت شیرین تحت تأثیر غلظت‌های مختلف دی‌اکسیدکربن و تابش سطوح مختلف پرتو فرابنفش و تنش کم‌آبی

پرتو فرابنفش	تنش کم‌آبی	دی اکسید کربن	عملکرد (کیلوگرم/هکتار)	بیوماس (کیلوگرم/هکتار)
UV-A	شاهد	۵۰۰	۲۲۸۷/۲ cdef	۷۱۷۵ efg
		۹۰۰	۲۵۷۸/۶ abcd	۸۷۰۶ defg
		۱۳۰۰	۲۱۵۲/۲ def	۷۸۲۵ defg
	کمبود آب	۵۰۰	۲۷۶۶/۱ abc	۱۲۸۶۹ ab
		۹۰۰	۲۴۶۲/۲ bcde	۹۲۱۱ cdefg
		۱۳۰۰	۲۱۷۴/۴ def	۱۰۷۸۹ bcde
UV-B	شاهد	۵۰۰	۲۲۸۷/۵ cdef	۱۰۲۳۳ bcdef
		۹۰۰	۲۵۳۰/۵ abcde	۶۷۱۱ fg
		۱۳۰۰	۲۹۱۴/۲ ab	۵۸۷۸ g
	کمبود آب	۵۰۰	۱۹۳۵/۹ fgh	۱۲۶۵۳ abc
		۹۰۰	۳۰۰۰/۸ a	۱۲۸۸۹ ab
		۱۳۰۰	۱۳۳۴/۷ i	۷۸۷۲ defg
UV-C	شاهد	۵۰۰	۱۸۹۴/۲ fgh	۸۷۴۲ defg
		۹۰۰	۲۰۴۲/۲ efg	۸۰۰۸ defg
		۱۳۰۰	۱۶۳۸/۰ ghi	۸۵۱۹ defg
	کمبود آب	۵۰۰	۱۵۲۳/۶ hi	۱۰۹۲۵ bcd
		۹۰۰	۱۵۹۴/۷ ghi	۸۰۰۸ defg
		۱۳۰۰	۲۰۳۰/۰ efg	۱۵۴۶۴ a

اعداد با حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون دانکن ( $p \leq 0.05$ ) اختلاف معنی‌داری ندارند

## فهرست منابع

۱. بلوچی، ح. ر. ۱۳۸۷. تأثیر تنش کم‌آبی، ازدیاد دی‌اکسیدکربن و تابش فرابنفش بر صفات کمی و کیفی گندم نان و ماکارونی. رساله‌ی دوره‌ی دکتری تخصصی زراعت. دانشگاه تربیت مدرس تهران.

۲. دشتی، ح. ۱۳۶۹. مقایسه‌ی ارقام گندم تحت شرایط آبیاری نرمال و تنش آبی از نظر خصوصیات زراعی و ارزش نانوائی. پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد اصلاح نباتات، دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه تهران.
۳. کافی، م. و مهدوی دامغانی، ع. ۱۳۷۹. مکانیزم‌های مقاومت گیاهان به تنش‌های محیطی (تألیف آ.اس. بسرا. آر.ک. بسرا). انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. ۴۶۷ ص.
4. Ainawotrth, E.A., A. Rogers, R. Nelson, and S. Long, 2004. Testing the source-sink hypothesis of down-regulation of photosynthesis in elevated CO<sub>2</sub> in the field with single gene substitutions in *Glycine max*. Agriculture and Forest meteorology. 122: 58-94.
  5. Behera S.K., and Panda R.K. 2009. Effect of fertilization and irrigation schedule on water and fertilizer solute transport for wheat crop in a sub-humid sub-tropical region. Agriculture, Ecosystems and Environment. 130:141-155.
  6. Bertamini, M., N. Nedunchezian, M. bertamini, and L. Zulini, 2006. Effect of water deficit on Photosynthetic and other physiological responses in grapevine (*Vitis vinifera* L. cv. Riesling) plants. Photosynthetica, 44(1): 151-154.
  7. Donnelly, A., M.B. Jones, J.I. Burke, and B. Schenieders, 2000. Elevated CO<sub>2</sub> provides Protection from O<sub>3</sub> iduced photosynthetic damage and chlorophyll loss flag leaves of spring wheat. Agriculture, Ecosystems and Environment, 80: 159-168.
  8. Fangmeier, A. 1996. Effects of elevated ,nitrogen supply and troposphoric ozone on spring wheat. I. Growth and yield. Envirinmental pollution. 91: 381-390.
  9. Finnan, J. M., A. Donnelly, J. I. Burke and M. B. Jones, 2002. The effects of elevated concentration of carbon dioxide and ozone on potato yield. Agriculture Ecosystems and Environment, 88: 11-22.
  10. IPCC, 2001. The scientific basis. In: Houghton, J. T. eds. Third assessment report of the Intergrovmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press.
  11. Jackson, M. (1960). Soil chemical analysis (2th ed). Constable & Co Ltd. London.
  12. Nogues, S. and N.R. Baker, 2000. Effects of drought on photosynthesis in Mediterranean plants grown under enhanced UV-B radiation. Journal of Experimental Botany. 348: 1309-1317.
  13. Ozer, H. 2003. Sowing date and nitrogen rate effects on growth yield and yield components of two summer rapeseed cultivars. European Journal of Agronomy. 19, 453-463.
  14. Pessarkli, M., 1999. hand book of plant and crop stress. Marcel Dekker. 697 pages.
  15. Russell, J.M., M.Z. Luo, and L.E. Deaver, 1996. Satellite confirmation of the dominance of chlorofluorocarbons in the global stratospheric chlorine budget. Nature. 379: 526-529.
  16. Shao, H.B., Liang, Z.S., Shao, M.A. and Sun, Q. 2005. Dynamic change of anti-oxidative enzymes of 10 wheat genotypes at soil water deficits. Colloids and Surfaces B. 42: 187-195.
  17. Steel, R.G.D. and J.H. Torrie, 1998. Principles and procedure of statistics: a biometric approach. Ed's R.G. Summerfield, A.H. Banting pp: 17-36.
  18. Torbert, H.A., S.A. Prior, H.H. Rogers, and G.B. Runion, 2004. Elevated atmospheric CO<sub>2</sub> effects on N fertilization in grain and soybean. Field Crops Research. 88: 57-67.
  19. Zhao, D., Reddy, K.R., Kakani, V.G., Read, J.J., and Sullivan, J.H. 2003. Growth and physiological responses of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) to elevated carbon dioxide and ultraviolet-B radiation under controlled environmental conditions, Plant Cell Environ, 26: 771-782.

## Changes in Morphology, Yield and Yield Components of Sweet Corn (*Zea mays* L. var. *Sacarata*) as Affected by Water Deficit, Ultraviolet Radiation and Increasing Carbon Dioxide Treatments

H. Jahanbakhsh, S. A. M. Modarres Sanavy<sup>1</sup> \* H. Keshavarz, and

M. Panahi

MSc. graduated student, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

habibejahanbakhsh@yahoo.com

Professor and member of the Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

Modaresa@Modares.ac.ir

Ph.D. Student, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

H.Keshavarz@Modares.ac.ir

Assistant Professor, Faculty of Irrigation, Zanzan University, Zanzan, Iran.

Mehmesh@outlook.com

### Abstract

Physiological study of crops under microclimatic changes is very important to improve their production in the future. This research was done in Tarbiat Modares University Research Greenhouse as factorial arrangement in randomized complete block design with three replications in one year (2015). The objective was to study the effects of carbon dioxide (500, 900, and 1300 ppm), UV-radiation (UV-A, B, and C with intensity of 18, 25 and 40  $\mu\text{W}\cdot\text{cm}^2$ , respectively) and two irrigation water treatments (full irrigation and deficit irrigation i.e. 60 percent of field capacity) on yield and yield components of sweet corn. Plant height showed a direct relation with the amount of irrigation water and decreased about 10 percent under water deficit stress. The interaction of carbon dioxide and water deficit as well as the interaction of UV-radiation and carbon dioxide reduced the number of leaves below the corns, although this decrease was not significant. Water deficit reduced Specific Leaf Area and Leaf Area Index by, respectively, 11% and 19% relative to the control. In full irrigation, carbon dioxide concentration and number of seeds in each row had direct relation, but under water deficit condition, they had indirect relation. Ultraviolet radiations wave length reduction reduced yield. Water deficit reduced Specific Leaf Area and number of seed in corn row. UV-A and B wave length did not significantly affect yield, but UV-C radiation decreased it. In brief, increase in UV wave length under drought conditions led to decrease in leaf number, leaf area, and yield.

**Keywords:** Leaf Area Index, Photosynthetic pigments, Ultraviolet radiation, Water deficit

---

1- Corresponding author: Agronomy Department, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Jalal-Al-Ahmad Highway, Nasr Bridge, Tehran, Iran.

\* - Received: August 2017 and Accepted: May 2018