Archive of SID

اثرات محلول پاشی متانول بر محتوای آب نسبی، محتوای کلروفیل و فلورسانس کلروفیل برگ چغندرقند در شرایط تنش کمبود آب

ایمان نادعلی[۱*]، فرزاد پاک نژاد[۲]، فواد مرادی[۳]، سعید وزان[۲]، محسن سوقانی[٤] و علیرضا پازوکی[٥]

۱- کارشناس ارشد زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج؛ imnadal@yahoo.com

۲- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج

۳- استادیار موسسه بیوتکنولوژی کشاورزی کرج

٤- کارشناس ارشد زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساوه

٥- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرری

چکیده

به منظور بررسی اثر محلول پاشی متانول بر محتوای آب نسبی، محتوای کلروفیل و فلورسانس کلروفیل برگ چغندر قند در شرایط تنش کمبود آب آزمایشی بصورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار در اردیبهشت سال ۱۳۸۷ در مزرعه پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج واقع در ماهدشت کرج به اجراء در آمد. عامل محلول پاشی متانول با ۶ سطح، شاهد (بدون محلول پاشی) و ۷و ۱۴ و ۲۱ و ۲۸ و ۳۵ درصد حجمی متانول بود که به هر کدام از سطوح ۲ گرم در لیتر گلیسین اضافه شد. زمان محلول پاشی ساعت ۱۷ بعد از ظهر و از ۱۶ برگه شدن گیاه محلول پاشی ها انجام شد. عامل آبیاری نیز با دو سطح عادی (آبیاری پس از ۴۰درصد تخلیه رطوبتی قابل دسترس) و تنش خشکی (آبیاری پس از ۷۰ درصد تخلیه رطوبتی قابل دسترس) اعمال شدند. محلول پاشی ۳ بار طی فصل رشد گیاه و با فواصل ۱۴ روزه روی گیاه انجام شد. نتایج نشان داد بین سطوح مختلف متانول اختلاف معنی داری در مولفه های فلورسانس اولیه (F0) و فلورسانس متغیر (FV) و فلورسانس حداکثر (FM) وجود نداشت ولی در مولفه عملکرد کوانتومی فتوشیمیائی (FV/FM) اختلاف معنی داری در سطح ۵ درصد وجود داشت. تفاوت بین سطوح متانول قبل از محلول پاشی سوم از نظر تاثیر برمحتوای کلروفیل معنی دار نبود در حالی که بعد از محلول پاشی سوم بین آنها اختلاف معنی داری در سطح ۵ درصد مشاهده شد. نتایج نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش معنی داری در فلورسانس حداکثر (FM) و فلورسانس متغیر (FV) و همچنین عملکرد کوانتومی فتو شیمیائی (FV/FM) در سطح ۵ درصد می گردد. در حالیکه در مولفه ی فلورسانس اولیه (F0) اختلافی دیده نشد. تحت شرایط تنش خشکی افزایش معنی داری در سطح ۵ درصد در محتوای کلروفیل حاصل شد ، و بین عملکرد شکر سفید و عملکرد کوانتومی فتوشیمیائی بیشترین همبستگی مشاهده شد ($R^2=0.45^{**}$). بین سطوح متانول و سطوح آبیاری نیز در محتوای آب نسبی اختلاف معنی داری در سطح ۱درصد مشاهده شد. در این آزمایش در هیچ کدام از صفات اثرات متقابل معنی دار نبود. با توجه به افزایش سطوح متانول در مولفه عملکرد کوانتومی فتوشیمیائی (FV/FM) می توان گفت احتمالاً متانول باعث کاهش بازدارندگی نوری در گیاهان تیمار شده با متانول دارد. تنش خشکی نیز با آسیب به دستگاه فتوسنتزی بر ظرفیت پذیرش الکترون اثر منفی داشت.

واژه های کلیدی: محلول پاشی متانول، تنش خشکی، فلورسانس کلروفیل، محتوای کلروفیل، محتوای آب نسبی، چغندر قند.

۱- آدرس نویسنده مسئول: کرج، مهرشهر، بلوار ارم، بلوار آزادی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج.

* دریافت: ۸۸/۱۲/۱۱ و پذیرش: ۸۹/۲/۱

www.SID.ir

Archive of SID

تنش خشکی عامل برهم زننده ی تعادل از طریق اختلال در فرایندهای فیزیولوژیک و بیولوژیک در گیاه می باشد (Ober, 2001). تحت شرایط تنش خشکی بعلت تغییر در برخی واکنش های بیوشیمیائی رشد در گیاه کاهش می یابد (Lauer et al.,1992). تنش خشکی همراه با تابش زیاد و افزایش دما باعث افزایش میزان بازدارندگی نوری می شود. اثر خشکی و نور زیاد بر فتوسیستم ۲ موجب خسارت به وظایف فتوشیمیائی این فتوسیستم می شود و بعبارتی بازدارندگی در انتقال الکترون را باعث می شود(Lu et al., 2002). علاوه بر محدودیت فرایندهای نوری، ورود دی اکسید کربن نیز کم شده و انتقال الکترون در اثر محدودیت دی اکسید کربن کاهش یافته و قدرت آسیمیلاسیون نیز محدود می شود (Boyer et al., 1987). مراکز واکنش فتوسیستم ۲ که یکی از اجزای مهم سیستم انتقال الکترون هستند، تحت شرایط تنش خشکی قادر به جذب انرژی برانگیخته نیستند و اگر این انرژی به نحوی تخلیه نشود ممکن است برای فتوسیستم۲ بعلت احیای بیش از حد مراکز واکنش و تولید اکسیژن فعال مضر باشد (Bolhar-Nordenkampf et al., 1991). به منظور تعیین وضعیت فیزیولوژیکی گیاه و میزان آسیب وارده به دستگاه فتوسنتزی از تکنیکی به نام سنجش فلورسانس کلروفیل استفاده می شود. در واقع میزان فلورسانس کلروفیل تابعی از فعالیت فتوسنتزی برگ می باشد که می تواند در تشخیص مدت تنش های محیطی مورد استفاده قرار گیرد (Lichtenthaler, 1988). با توجه به اینکه توازن بین فرایندهای سوخت و ساز و انرژی زا تحت تاثیر تنش های گرمائی و خشکی قرار می گیرد با استفاده از این تکنیک می توان عدم توازن بین این دو فرایند را مشخص نمود. از فلورسانس کلروفیل در برنامه های اصلاحی بهبود تحمل به سرما در ذرت و برنج و همچنین مقاومت به گرما در آفتابگردان (Wilson et al.,1993) و تحمل به تنش خشکی در سیب زمینی استفاده شده است (Ranalli et al., 1997). فلورسانس اولیه (F0) و فلورسانس حداکثر(FM) از اجزای مورد نظر در تعیین میزان فلورسانس کلروفیل می باشند. مشخص شده است فلورسانس اولیه (F0) توسط تنش های محیطی دچار تغییراتی می شود که علت آن دگرگونی ساختار و تغییر در رنگدانه های فتوسیستم ۲ می باشد. نتایج آزمایشهای وزان و همکاران (۱۳۸۱) نشان داد فلورسانس حداکثر (FM) تحت شرایط تنش خشکی در چغندر کاهش می یابد. اختلاف بین فلورسانس حداکثر (FM) و فلورسانس اولیه (F0) فلورسانس متغیر (FV) نامیده می شود (Bolhar-Nordenkampf et al., 1991). همچنین گزارش دادند مصرف متانول باعث کاهش اندازه آنتن فتوسیستم ها در ۲۰ ساعته اولیه محلول پاشی می شود که این منجر به جذب کمتر نور و حفظ دستگاه فتوسنتزی می شود. تحت شرایط تنش خشکی محتوای کلروفیل دربرگ چغندرقند افزایش یافت. افزایش محتوای کلروفیل و نیز غلظت کاروتن تحت این شرایط در آزمایش دیگری نیز روی چغندرقند مشاهده شده است (Khafagi et al., 1997). مهمترین فایده متانول جلوگیری و کاهش اثر تنش های القاء شده به گیاهان زراعی در اثر انجام تنفس نوری در آنهاست (Nonomura, 1993). علت کاهش تنفس نوری را در گیاهان تیمار شده با متانول اکسیداسیون سریع متانول به دی اکسید کربن و ترکیب شدن آن با ریبولوز ۱-۵ بیس فسفات کربوکسیلاز و کم شدن رقابت اکسیژن می دانند. تیمار برگ توتون با متانول سبب افزایش محتوای کلروفیل برگ شد (Ramirez et al., 2006). در برگ گندم، یولاف و برگ مو هم مقدار کلروفیل بعد از محلول پاشی متانول افزایش معنی داری را نشان داد (Rajala et al.,1998 and Romadant, 2005). یکی از مهمترین تغییرات ناشی از تنش خشکی کاهش محتوای آب نسبی برگ (RWC) می باشد. این صفت می تواند توانمندی گیاه را در تحمل به تنش خشکی نشان دهد. کاهش محتوای آب نسبی و بسته شدن روزنه ها اولین تاثیر تنش خشکی بوده که از طریق اختلال در ساخت مواد فتوسنتزی موجب کاهش میزان عملکرد می شود (Anonymous, 1993). گزارش هائی وجود دارد

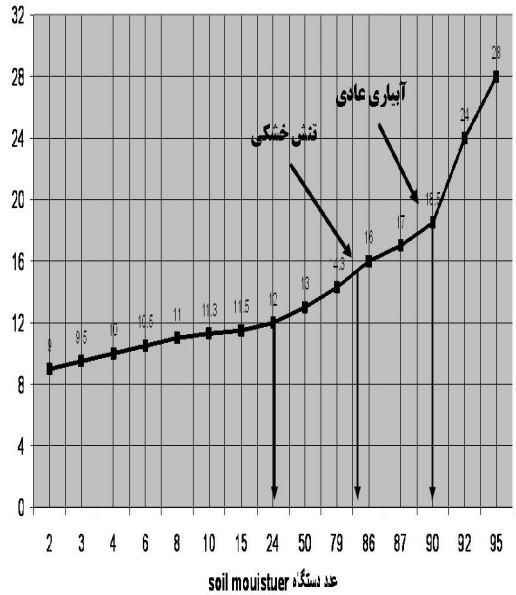
www.SID.ir

Archive of SID

که نشان می دهد محلول پاشی متانول سبب کاهش نیاز آبی گیاهان در شرایط گرم می شود. متابولیسم متانول منجر به افزایش قند سازی در برگها می شود که این سبب افزایش فشار آماس و افزایش سرعت آسیمیلاسیون و رشد در گیاهان تیمار شده با آن می شود. افزایش محتوای آب نسبی و تورژسانس در بادام زمینی نیز گزارش شده است. هدف کلی این بررسی مطالعه ی اثرات محلول پاشی سطوح متانول و تنش خشکی بر محتوای آب نسبی، محتوای کلروفیل و فلورسانس کلروفیل بود. با توجه به خواص ضد تنشی متانول هدف اصلی تحقیق اثر متانول بر فعالیت دستگاه فتوسنتزی برگ گیاه تحت شرایط تنش خشکی بود.

مواد و روش ها

این تحقیق در سال ۱۳۸۷ در مزرعه پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج (واقع در ۳۵درجه و ٤٥ دقیقه عرض شمالی و ٥١ درجه و ٦ دقیقه طول شرقی به ارتفاع ۱۳۱۳ متر از سطح دریا) انجام شد. بافت خاک لومی رسی با pH = ۷/٦ و شوری در عمق صفر تا ۳۰ سانتی متری خاک برابر ٥/٥٥ (دسی زیمنس بر متر مربع) بود. آزمایش بصورت فاکتوریل در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی در سه تکراربه اجراء در آمد. آبیاری بصورت نشتی و زمان کاشت بذر ۱٥ اردیبهشت بود. رقم بذر مورد بررسی رقم رسول بود که از موسسه تحقیقات چغندرقند ایران تهیه شد. عوامل مورد بررسی شامل محلول پاشی شاهد، آب و بدون مصرف متانول، ۷، ١٤، ۲۱، ۲۸ و ۳٥ درصد حجمی متانول که به هر کدام از محلول ها دو گرم در لیتر گلیسین اضافه شده بود. در گیاهان با سرعت تنفس نوری بالا هنگامیکه با متانول تیمار می شوند دو مولکول گلیسین در تنفس نوری ایجاد می شود که منجر می شود به دوبرابر شدن میزان ساکاروز تولیدی. برای محلول پاشی متانول بهتر است گلیسین نیز اضافه شود. کرتهای مربوط به تیمار شاهد نیز در هنگام محلول پاشی با آب و گلیسین اسپری شدند. محلول پاشی روی اندام هوائی ۳ بار طی فصل رشد و با فواصل ١٤ روزه انجام شد. اولین محلول پاشی در ۲٥ تیرماه با ١٦ برگه شدن گیاه و محلول پاشی های بعدی در زمان رشد اصلی گیاه بود. با توجه به سمی بودن متانول زمان محلول پاشی پس از پشت سرگذاشتن گرمای روزانه برای جلوگیری از سوختن برگ ها بود. محلول پاشی ها در ساعت ۱۷ بعداز ظهر انجام شد. محلول پاشی بوته ها تا زمان جاری شدن قطره های محلول روی برگ های گیاه ادامه یافت. عامل دیگر مورد بررسی شامل آبیاری پس از٤٠درصد تخلیه رطوبتی قابل دسترس (آبیاری عادی) و آبیاری پس از۷۰ درصد تخلیه رطوبتی قابل دسترس (تنش خشکی) بود. زمان آبیاری بوسیله بلوک گچی بر اساس تخلیه رطوبتی خاک مشخص می شد و آبیاری انجام می گرفت. بلوک ها قبلا مورد آزمایش واسنجی قرار گرفته بود و از منحنی تخلیه رطوبتی قابل دسترس در مزرعه دانشگاه استفاده شد (شکل ۱).



شکل۱ – منحنی کالیبراسیون آبیاری

هرکرت شامل ٦ خط کاشت به طول ٥ متر با فاصله بین ردیفی ٦٠ سانتی متر که فاصله بوته ها روی ردیف ۲۰ سانتی متر بود. تراکم در هر کرت ۱۰ بوته در متر مربع بود.

www.SID.ir

Archive of SID

کود نیتروژن در دو قسمت همزمان با کاشت و پس از تنک و وجین و استقرار کامل بوته ها (مرحله ٦ برگی) در مزرعه پخش شد. مقدار کل مصرف کود نیتروژن۱۵۰ کیلوگرم در هکتاراز منبع اوره بود. همچنین همزمان با کاشت ۱۵۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل به زمین داده شد از آنجائیکه چغندر قند به تنش های غیر زیستی ازجمله تنش کمبود آب در مراحل اولیه رشد حساس است بنابراین در مرحله جوانه زنی تا استقرار کامل گیاه آبیاری به اندازه کافی انجام شد و از مرحله ۸ برگی به بعد با توجه به تخلیه رطوبت خاک تیمار تنش اعمال شد. اندازه گیری فلورسانس کلروفیل یک روز بعد از محلول پاشی سوم انجام شد. اندازه گیری محتوای کلروفیل نیز یک روز قبل و یک روز بعد از محلول پاشی سوم انجام گرفت. برای تعیین محتوای کلروفیل از هر کرت ۳ بوته انتخاب و عدد کلروفیل متر آن توسط دستگاه کلروفیل متر (Model Cl-01) ساخت شرکت Hansatech آلمان قرائت شد. تعیین عدد کلروفیل متر از برگهای میانی بوته انجام گرفت. سپس تعداد ۳۰ برگ انتخاب شد و در این ۳۰ برگ ابتدا عدد کلروفیل متر قرائت و بعد از آن به روش فروز و آرکوسیوا (۲۰۰۱) محتوای کلروفیل بصورت مستقیم اندازه گیری شد. جهت اندازه گیری محتوای کلروفیل قسمتی از برگ، پس از تعیین مساحت آن همراه با ۰/۵ گرم سولفات منیزیم (MgSO4) و ۲۰ میلی لیتر استن ۸۰ درصد که بتدریج اضافه می شد در داخل یک هاون چینی بخوبی ساییده شدند. بعد از تهیه عصاره، آن را از کاغذ صافی گذرانده سپس نمونه ها به مدت ۲ دقیقه در ۲۵۰۰ دور سانتریفیوژ گردید تا عصاره یکنواختی از هر نمونه بدست آمد. سپس طیف جذبی عصاره توسط اسپکتروفتومتر در طول موجهای ٦٤٧ و ٦٦٣ نانومتر قرائت گردید و محتوای کلروفیل برگها محاسبه شد. برای بدست آوردن محتوای کلروفیل و آنالیز آن پس از بدست آوردن مقدار کلروفیل(a+b) و عدد کلروفیل متر آنها رابطه ی رگرسیونی بین مقدار کلروفیل (a+b) و عدد کلروفیل متر بدست آمد. هر بار از طریق قرار دادن عدد کلروفیل متر هر نمونه به جای x در هر معادله، میزان کلروفیل(a+b) بدست آمد. اندازه گیری پارامترهای فلورسانس کلروفیل در مزرعه با دستگاه پرتابل (Germany) PAM-2000,WALTZ انجام شد. فلورسانس اولیه (F0)، حداکثر فلورسانس (Fm)، فلورسانس متغیر (FV) و پتانسیل عملکرد کوانتومی فتوسیستم ۲ (FV/Fm) در این آزمایش تعیین شدند. سطح نور[1] (PFD غلظت جریان فوتون) ٤۰۰ میکرومول فوتون در متر مربع در ثانیه، زمان تابانیدن نور ۵ ثانیه بود (Anonymous, 1993). همه اندازه گیری ها از قسمتهای میانی برگ و برای برگ همه کرتها از یک نقطه انجام گرفت. اندازه گیری فلورسانس یک نوبت و یک روز پس از محلول پاشی سوم متانول و در فاصله زمانی بین ساعات۱۰ تا ١٤ روز انجام شد. میزان محتوای آب نسبی از طریق فرمول زیر و یک روز پس از محلول پاشی سوم و زمان آن ساعت ١٤ بعد از ظهر بود (Smarrt, 1994).

$$\%RWC = \frac{FW - DW}{SW - DW} \times 100$$

RWC (%)= محتوای آب نسبی
FW= وزن تردمبرگ
DW= وزن خشک دمبرگ
SW= وزن اشباع دمبرگ

داده های جمع آوری شده بر اساس طـرح فاکتوریـل و در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی بـا کمـک نـرم افـزار SAS تجزیه شده و مقایسه میانگین ها بـه روش LSD و در سطح ۵٪ انجام گرفت.

[1] -Photon Fiux Density

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج

جدول تجزیه واریانس نشان می دهد (جدول۱) بین سطوح عادی و تنش در فلورسانس اولیه (F0) اختلاف معناداری وجود نداشت و هر دو سطح در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول۲). بین سطوح آبیاری و تنش در پارامتر فلورسانس حداکثر (FM) اختلاف معنا داری در سطح ۵ درصد دیده شد (جدول۱). در مولفه ی فلورسانس متغیر (FV) اختلاف معناداری در سطح ۵ درصد بین سطوح عادی و آبیاری مشاهده شد (جدول۱). سطح عادی فلورسانس متغیر (FV) بیشتری به نسبت تنش داشت (جدول۲). جدول تجزیه واریانس نشان داد بین سطوح عادی و تنش در پتانسیل عملکرد کوانتوم (FV/FM) اختلاف معنی داری در سطح ۱ درصد وجود دارد (جدول۱) و تحت تنش خشکی این میزان کاهش معنی داری داشت (جدول۲). بین سطوح عادی و تنش نیز در مقدار محتوای کلروفیل اختلاف معنی داری در سطح ۵ درصد مشاهده شد (جدول۱). جدول واریانس نشان می دهد(جدول۱) بین سطوح تنش و آبیاری عادی درمحتوای آب نسبی در سطح ۱ درصد اختلاف معنی داری دیده شد. نتایج تجزیه واریانس (جدول۱) نشان داد که بین سطوح مختلف متانول در مولفه ی فلورسانس اولیه (F0) اختلاف معنی داری وجود نداشت. با اینکه بین سطوح مختلف متانول و شاهد در این مولفه اختلاف معنی داری دیده نشد و همگی در یک گروه آماری قرار گرفتند اما شاهد در مقدار بالاتری به نسبت بقیه سطوح بود (جدول۲). بین سطوح مختلف متانول در مولفه ی فلورسانس حداکثر (FM) نیز اختلاف معنی داری دیده نشد (جدول۱) و همگی در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول۲). با این حال نتایج آزمایش در مورد مولفه ی فلورسانس حداکثر (FM) نشان داد سطح شاهد کمترین مقدار فلورسانس را بین سطوح مختلف داشت (جدول۲). در مولفه ی فلورسانس متغیر (FV) نیز اختلاف معنی داری بین سطوح مختلف متانول و شاهد دیده نشد (جدول۱) و همگی در یک گروه آماری قرار گرفتند و سطح شاهد کمترین مقدار را بین سطوح محلول پاشی شده داشت (جدول۲). اثر متانول بر پتانسیل عملکرد کوانتوم (FV/FM) در سطح ۵ درصد معنی دار بود (جدول۱). سطح شاهد کمترین مقدار را در این مولفه داشت و در گروه آماری جداگانه ای به نسبت دیگر سطوح قرار گرفت و سطوح دیگر متانول نیز اختلاف معنا داری باهم نداشته و در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول۲). با توجه به اینکه در این آزمایش بین سطوح مختلف متانول و شاهد در مولفه های فلورسانس متغیر (FV) و حداکثر اختلاف (FM) معنی داری دیده نشد بنابراین نمی توان گفت کدامیک از این مولفه ها در پتانسیل عملکرد کوانتوم (FV/FM) اثر بیشتری داشته است. در این آزمایش همبستگی بالائی بین پتانسیل عملکرد کوانتوم (FV/FM) و عملکرد شکر سفید (Wsy) و همچنین همبستگی این نسبت با عملکرد ریشه مشاهده شد (جدول ۳). قبل از محلول پاشی سوم متانول بین سطوح مختلف متانول و شاهد اختلاف معنی داری در محتوای کلروفیل دیده نشد (جدول۱). همانطور که جدول تجزیه واریانس نشان می دهد (جدول۱) ۲٤ ساعت بعد از محلول پاشی سوم متانول اختلاف معنی داری در سطح ۵ درصد بین این سطوح و شاهد دیده شد و همگی سطوح به جز شاهد در یک گروه قرار گرفتند. بیشترین مقدار محتوای کلروفیل متعلق به سطح ۲۱ درصد حجمی متانول و کمترین آن نیز متعلق به شاهد بود که متانول سبب افزایش ۱۸درصدی در مقدار محتوای کلروفیل شد (جدول۲). احتمالاً یکی از دلایل افزایش میزان عملکرد ریشه در این سطح نیز همین افزایش مقدار کلروفیل است. افزایش مقدار کلروفیل می تواند با اکسیداسیون متانول در بوته های دارای کمبود آب مرتبط باشد. زیرا بوته ها در شرایط کمبود آب با تنش اکسیداتیو رو به رو می شوند. در این شرایط متانول به راحتی توسط عصاره برگ به فرمالدئید اکسید می شود که این تا حد زیادی توسط آنزیم کاتالاز انجام می گیرد و دیگر این آنزیم وارد مسیر تخریبی کلروفیل نمی شود. افزایش مقدار کلروفیل در گندم و یولاف را بعد از محلول پاشی متانول اعلام کردند. همچنین

www.SID.ir

Archive of SID

در مطالعاتی که بر روی گوجه فرنگی و فلفل انجام شد محلول پاشی متانول بهمراه گلیسین مقدار کلروفیل برگها را افزایش داد. بین سطوح مختلف متانول نیز در محتوای آب نسبی اختلاف معناداری در سطح ۱ درصد مشاهده شد (جدول ۱). با توجه به جدول ۲ سطوح مختلف متانول همگی در یک گروه آماری و شاهد نیز در گروه دیگر قرار گرفت. بنابراین تمام سطوح بر این صفت اثر مثبت داشتند با این حال بیشترین میزان محتوای آب نسبی متعلق به سطح ١٤ درصد حجمی متانول بود که به نسبت سطح شاهد افزایش ۱۸ درصدی داشت. ارتباط بین عملکرد ریشه و عملکرد شکر سفید با مولفه های فلورسانس کلروفیل برگ برای سطوح مختلف متانول در سطوح عادی و آبیاری مورد ارزیابی قرار گرفت. همبستگی بین عملکرد شکر سفید (Wsy) با مولفه های فلورسانس بجز برای فلورسانس اولیه (F0) برای بقیه مولفه ها معنی دار بود، اما همبستگی بین عملکرد ریشه با مولفه های فلورسانس برای فلورسانس متغیر (FV) و پتانسیل عملکرد کوانتوم (FV/FM) معنی دار بود. بین عملکرد شکر سفید و عملکرد ریشه با فلورسانس اولیه (F0) همبستگی بسیار ضعیفی مشاهده شد (جدول۳). از آنجائی که مقدار فلورسانس اولیه (F0) در تمام اندازه گیریها تقریباً ثابت بود و معنی دار نبود عدم همبستگی بین عملکرد شکر سفید و عملکرد ریشه با فلورسانس اولیه (F0) قابل انتظار می باشد. در این آزمایش فلورسانس حداکثر (FM)، فلورسانس متغیر (FV) و پتانسیل عملکرد کوانتوم (FV/FM) با عملکرد شکر سفید (Wsy) همبستگی مثبت داشت (جدول۳)، بنابراین این ۳ مولفه جهت ارزیابی تحمل به تنش خشکی برای بهبود عملکرد شکر سفید قابل اطمینان تر می باشند. عملکرد ریشه با فلورسانس متغیر (FV) و پتانسیل عملکرد کوانتوم (FV/FM) همبستگی مثبت داشت (جدول۳).

بحث

بنابراین در این آزمایش تنش خشکی اثر شدیدی بر فلورسانس اولیه (F0) نداشته که علت این موضوع احتمالاً افزایش غلظت کلروفیل در سطح تنش به نسبت سطح شاهد می باشد. پاک نژاد و همکاران (١٣٨٤) نیز نتیجه گیری کردند فلورسانس اولیه (F0) تحت تاثیر تنش قرار نمی گیرد. با توجه به معنا دار نبودن فلورسانس اولیه(F0) و ارتباط آن با فلورسانس کلروفیل های آنتن از فتوسیستم ۱ (Wilson et al., 1993). بنابراین به نظر می رسد کلروفیل های آنتن در این دو سطح از کارائی تقریباً یکسانی برخوردار هستند. همانطور که در جدول ۲ آمده است سطح تنش فلورسانس حداکثر (FM) کمتری نسبت به سطح عادی داشت. کاهش در فلورسانس حداکثر (FM) در شرایط تنش خشکی نشان دهنده ی اکسیداسیون کمتر QA تحت شرایط تنش خشکی است بنابراین واکنش های فتوشیمیائی در سطح تنش خشکی کاهش داشته است (هاواکس و همکاران ۱۹۸۸). افزایش در مقدار فلورسانس اولیه (F0) و کاهش در فلورسانس حداکثر (FM) فعالیت فتوسیستم۲ را مختل می کند (Anonymous, 1993). پاک نژاد و همکاران (١٣٨٤) نیز چنین نتیجه ای گرفتند. اصولاً مقدار فلورسانس کلروفیل در زمانیکه پذیرنده ی الکترونQA در حالت احیا باشد زیاد است و به این دلیل مقدار فلورسانس متغیر(FV) نیز در این حالت زیاد می شود. اما زمانیکهQA در حالت اکسیداسیون است مقدار فلورسانس کلروفیل کم می باشد. در این حالت میزان فلورسانس متغیر (FV) کاهش می یابد. بعبارت دیگر در شرایط تنش QA در حالت اکسیداسیون شدن می باشد. بنابراین می توان استنباط نمود که تنش خشکی احتمالاً در جریان انتقال الکترون در واکنش مربوط به تجزیه آب در فتوسیستم ۲ اختلال ایجاد کرده و اثر تنش در جریان انتقال الکترون بعد از اولین پذیرنده الکترون (QA) ناچیز بوده است که از طریق تاثیر بر دستگاه فتوسنتزی، میزان کارائی فتوسنتز خالص کاهش یافته است (Wilson et al., 1993). تنش های محیطی

www.SID.ir

Archive of SID

مقدار فلورسانس متغیر (FV) را بعلت ممانعت از فتواکسیداسیون فتوسیستم ۲ کاهش می دهند. از آنجائی که فلورسانس متغیر(FV) نشانگر احیای کامل پذیرنده ی الکترون می باشد (QA) بنابراین می توان استنباط نمود که تنش خشکی در انتقال الکترون به فتوسیستم ۱ اختلال ایجاد کرده است (Wilson et al., 1993). که قبلاً ذکر شد شیب کاهشی پتانسیل عملکرد کوانتوم (FV/FM) شاخص خوبی است جهت ارزیابی بازدارندگی نوری در گیاهانی که در مجاورت تنش های محیطی نظیر خشکی و گرما همراه با میزان تشعشع زیاد قرار می گیرند (Nordenkampf et al., 1991). افزایش عملکرد کوانتوم (FV/FM) دلیلی است بر اینکه تنش های محیطی تاثیری بر کارائی فتوسنتز دارد. سرعت پذیرنده های الکترونی در فتوسیستم ۲ در شرایط تنش خشکی کاهش می یابد که سبب کاهش پتانسیل عملکرد کوانتوم (FV/FM) می شود. پتانسیل عملکرد کوانتوم (FV/FM) بستگی زیادی به پتانسیل آب برگ دارد و شرایط خشکی باعث می شود که مقدار آن به زیر یک برود، بعبارتی هیچ گونه فلورسانس متغیری (FV) بعد از یک مدت خشکی انجام نمی شود ولی با آبیاری مجدد این نسبت افزایش می یابد (Anonymous, 1993). سطح تنش محتوای کلروفیل بیشتری به نسبت سطح عادی داشت. در آزمایشی که محمدیان و همکاران (۱۹۹۹) انجام دادند محتوای کلروفیل تحت شرایط تنش افزایش یافت. علت افزایش محتوای کلروفیل تحت شرایط تنش کوچک شدن سلولهای برگ بعلت کاهش سطح برگ و ضخیم شدن سلولها گزارش شد. محتوای آب نسبی در سطح تنش کاهش معنی داری به نسبت سطح عادی داشت. کاهش محتوای آب نسبی و بسته شده روزنه ها اولین تاثیر تنش خشکی بوده که از طریق اختلال در سیستم ساخت مواد فتوسنتزی موجب کاهش میزان عملکرد می شود. تحت شرایط تنش خشکی گیاه روزنه های خود را می بندد در نتیجه میزان دی اکسید کربن درون سلولی کاهش می یابد که این منجر به کاهش میزان فشار تورگر در اثر کاهش فتوسنتز و ساخت و ساز در برگ می شود. شیب کاهشی پتانسیل عملکرد کوانتوم (FV/FM) شاخص خوبی است جهت ارزیابی بازدارندگی نوری در گیاهانی که در مجاورت تنش های محیطی نظیر خشکی و گرما همراه با میزان تشعشع زیاد قرار می گیرند (Yang et al., 1996). کند بودن روند کاهشی پتانسیل عملکرد کوانتوم (FV/FM) نشانه ی افزایش میزان حفاظت نوری است. متانول سبب مقاومت به تنش های محیطی می شود. پس می توان گفت احتمالاً متانول سبب افزایش حفاظت نوری در گیاه شده و توانسته با خاصیت ضد تنشی خود گیاه را از صدمات وارده به دستگاه فتوسنتزی حفظ کند. هرچه میزان ساخت کلروفیل کند تر باشد برگها نسبت به بازدارندگی نوری آسیب پذیر تر هستند (Henley et al., 1991). با توجه به جدول ۲ میزان محتوای کلروفیل سطح شاهد در مقایسه با سطوح محلول پاشی کمتر است بنا براین احتمالاً یکی از دلائل کاهش فلورسانس و پتانسیل عملکرد کوانتوم (FV/FM) در سطح شاهد افزایش بازدارندگی نوری به دلیل کاهش محتوای کلروفیل در این سطح است. متانول سبب کاهش اندازه آنتن فتوسیستم ها در ۲۰ ساعته اولیه محلول پاشی می شود. کاهش اندازه آنتن فتوسیستم ها سبب جذب کمتر نور و مصون ماندن سیستم فتوسنتزی از تخریب می شود که این منجر می شود به فعالیت بیشتر PQ در سلول (Anderson et al., 1988). پس احتمالاً افزایش فعالیت در PQ سبب تسهیل انتقال الکترون به فتوسیستم ۱ شده است. در نتیجه می توان گفت در این شرایط دیگر تنش های محیطی سبب بسته شدن پذیرنده های الکترونی (QA) نشده اند، چون ظرفیت پذیرش PQ افزایش یافته است. بنابراین محلول پاشی متانول بطور کلی با افزایش مقدار پتانسیل عملکرد کوانتوم سبب مصون نگاه داشتن دستگاه فتوسنتزی از صدمات ایجاد شده از تنش های محیطی شده است. متانول پس از محلول پاشی متابولیزه شده و با افزایش میزان دی اکسید کربن درون برگی سبب افزایش میزان آماس و قند سازی در برگها می شوند. محلول پاشی متانول در گیاهانی

www.SID.ir

Archive of SID

که در معرض تنش خشکی هستند سبب افزایش پتانسیل آب و محتوای آب نسبی می شود. این محقق علت افزایش محتوای آب نسبی را در گیاهان تیمار شده با متانول دو برابر شدن میزان قند تولید شده در برگ این گیاهان دانست. متانول با عوض کردن مسیر تنفس نوری در گیاهان از کاتابولیسم به آنابولیسم سبب تولید بیشتر در برگ می شود (Rajala et al., 1998). برای بهبود عملکرد ریشه نیز اصلاح این مولفه احتمالاً موثر خواهد بود. عملکرد شکر سفید همبستگی قوی با پتانسیل عملکرد کوانتوم (FV/FM) دارد. این در حالی است که در سیب زمینی نیز عملکرد غده همبستگی بالائی با پتانسیل عملکردکوانتوم (FV/FM) نشان داد (Ranalli et al., 1997). همبستگی بین عملکرد دانه با فلورسانس حداکثر (FM)، فلورسانس متغیر (FV) و پتانسیل عملکرد کوانتوم (FV/FM) را مشاهده کردند. بین پتانسیل عملکرد کوانتوم (FV/FM) و محتوای آب نسبی نیز همبستگی بالا و مثبتی مشاهده شد. بین این دو مولفه در گیاه گندم همبستگی بالائی مشاهده شد. همچنین با افزایش میزان محتوای آب نسبی عملکرد ریشه و شکر سفید نیز بطور معنی داری افزایش نشان داد. هدف اصلی این بررسی، مطالعه ی اثرات متقابل متانول و تنش خشکی بر روی دستگاه فتوسنتزی و محتوای آب نسبی بود اما تیمار متانول و آبیاری در این تحقیق کاملاً مستقل از هم عمل کرده و سبب معنی دار نبودن اثرات متقابل در هیچ یک از صفات مورد مطالعه به خصوص در مولفه های فلورسانس کلروفیل شد، بنابراین نمی توان با قاطعیت استفاده از این ماده را در شرایط تنش خشکی توصیه کرد. با توجه به اثرات مخرب تنش خشکی بر دستگاه فتوسنتزی که نتیجه آن کاهش عملکرد ریشه و شکر است لذا برای حصول به عملکرد رضایت بخش آبیاری کافی در چغندر قند ضروری به نظر می رسد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- تجزیه واریانس محتوای کلروفیل بعدو قبل از محلول پاشی سوم متانول ، محتوای آب نسبی بعد از محلول پاشی سوم متانول ، مولفه های فلورسانس کلروفیل و عملکرد ریشه و عملکرد شکر سفید

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		عملکرد ریشه	عملکرد شکر سفید	فلورسانس اولیه(F0)	فلورسانس حداکثر(FM)	فلورسانس متغیر(FV)	پتانسیل عملکرد کوانتوم(FV/FM)	محتوای کلروفیل قبل از محلول پاشی	محتوای کلروفیل بعد از محلول پاشی	محتوای آب نسبی بعد از محلول پاشی
تکرار	۲	۱۳۲۷/۳۲**	۱۳/۳۳۸**	۳۲/۲۵^{ns}	۱۵۱۸۱/۷۷^{ns}	۱۶۱۳۵/۰۲^{ns}	۰/۰۰۲۵۳۹^{ns}	۲۹۴۶/۴۷*	۱۵۴۵۱^{ns}	۶/۶۳۴^{ns}
متانول	۵	۳۹۸/۳۷**	۶/۳۴۴۳**	۱۴۵/۶۵^{ns}	۷۵۰۲/۲۴^{ns}	۸۶۲۲/۸^{ns}	۰/۰۰۳۲۸۴*	۷۱۰/۳۷^{ns}	۲۰۹۲*	۱۴۶/۳۴**
آبیاری	۱	۲۸۱۶/۲۱**	۱۳/۵۴۶**	۱۰۳/۳۱^{ns}	۶۹۶۹۶*	۷۵۱۶۷/۳۶*	۰/۰۰۹۰۸۸**	۵۴۴۷/۹۱*	۵۹۴۷*	۱۲۲/۹**
متانول × آبیاری	۵	۶۵/۸۱^{ns}	۱/۱۴۶۵^{ns}	۱۳۱/۶۹^{ns}	۸۹۴۰/۲^{ns}	۵۹۷۰/۶۹^{ns}	۰/۰۰۰۶۱۱۶^{ns}	۴۱۸/۶۹^{ns}	۴۳۶/۷۴^{ns}	۵/۳^{ns}
خطای آزمایش	۲۲	۷۵/۲۹	۰/۷۲۱	۵۱۸/۳۷	۱۵۴۵۵/۸۹	۱۲۰۸۶/۶۳	۰/۰۰۰۹۳۵۵۳	۷۰۲/۳۹	۷۷۶	۱۵/۸۷
ضریب تغییرات (%)		۱۱/۷۶	۱۰/۵۸	۱۶/۸۷	۱۷/۸۸	۱۹/۶۳	۳/۸۱	۸/۶۶	۸/۵۱	۴/۹۴

ns، * و** به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۲-مقایسه میانگین محتوای کلروفیل ، محتوای آب نسبی ، مولفه های فلورسانس و عملکرد ریشه و عملکرد شکر سفیدتحت اثر سطوح مختلف متانول وسطوح آبیاری

تیمارها	عملکرد ریشه (t/h)	عملکرد شکر سفید (t/h)	فلورسانس اولیه(F0) ms	فلورسانس حداکثر(FM) ms	فلورسانس متغیر(FV) ms	پتانسیل عملکرد کوانتوم(FV/FM) ms	محتوای کلروفیل قبل از محلول پاشی ($mg.m^{-2}$)	محتوای کلروفیل بعد از محلول پاشی ($mg.m^{-2}$)	محتوای آب نسبی بعد از محلول پاشی (٪)
متانول									
شاهد	٥٩/٦٧c	٦/٢٦c	١٤٣/١٧ a	٦٣٩a	٤٩٦/٦٧a	٠/٧٥b	٢٩٢/٨٧a	٢٩٢ b	٧٠/٨٢b
٧٪ حجمی	٧١/٧٦a	٧/٧٧b	١٣٥/٥ a	٧٠٤/٦٧ a	٥٩٦/١٧	٠/٨٠٥a	٣٠٣/٣٥ a	٣٣٠/٣a	٨١/٣٣a
١٤٪ حجمی	٨٠/٢٨ab	٨/٨٢a	١٣٦ a	٧٣٤/١٧ a	٥٩٨/١٧a	٠/٨٢a	٣١١/٠٣a	٣٣٨/٨a	٨٣/٧٥a
٢١٪حجمی	٨٢/٦٧a	٩/١١a	١٣١/٦٧a	٧٢٩/١٧ a	٥٩٧/٥a	٠/٨١a	٣٢٤/٣١ a	٣٤٥/٢a	٨٣/١١a
٢٨٪ حجمی	٧٣/٤٥ab	٨/٤٤ab	١٢٨/٥ a	٦٧٨ a	٥٤٩/٥a	٠/٨٠٩a	٢٩٩/٠٧ a	٣٢٤/٦ab	٨٠/٦٩a
٣٥٪ حجمی	٧٥/٠٨٥ab	٧/٦٩b	١٣٤/٦٧ a	٦٨٣/٨٣ a	٥٤٩/٧ a	٠/٨٠٢a	٣٠٣/٩٤a	٣٣٢/٢a	٨٣/٧١a
LSD (٪٥)	١٠/٣٩	١/٠١٦	٢٧/٢٦١	١٤٨/٨٦	١٣١/٦٤	٠/٠٣٦	٣٠٣/٦٨	٣٣/٣٦٨	٤/٣
آبیاری									
عادی	٨٢/٦٣a	٨/٦٣a	١٣٣/٢a	٧٣٨/٩a	٦٠٥/٧a	٠/٨١٨ a	٢٩٣/٤٦ b	٣١٤/٣b	٨١/٤٢a
تنش	٦٤/٩٤b	٧/٤b	١٣٦/٢a	٦٥٠/٩b	٥١٤/٣b	٠/٧٨٦b	٣١٨/٠٦a	٣٤٠/٠٧a	٧٨/٧٢b
LSD (٪٥)	٥/٩٩	٠/٥٨	١٥/٧٣	٨٥/٩٤	٧٦	٠/٠٢	١٨/٧٨	١٩/٢٦٥	٣١/٣٥

میانگین های دارای حروف مشابه در هر ستون تفاوت معناداری ندارند.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۳- ضرایب همبستگی فلورسانس کلروفیل و محتوای آب نسبی با عملکرد شکر سفید (تن در هکتار) و عملکرد ریشه (تن درهکتار)

	فلورسانس اولیه (F0)	فلورسانس متغیر (FV)	فلورسانس حداکثر (FM)	پتانسیل عملکرد کوانتوم (FV/FM)	عملکرد شکر سفید	عملکرد ریشه	محتوای آب نسبی
فلورسانس اولیه (F0)	۱						
فلورسانس متغیر (FV)	۰/۳۹۲۹۶*	۱					
فلورسانس حداکثر (FM)	۰/۵۲۶۷۳**	۰/۹۸۸**	۱				
پتانسیل عملکرد کوانتوم (FV/FM)	-۰/۳۵۱۸۶*	۰/۶۱۲۱۸**	۰/۵۰۷۳۷**	۱			
عملکرد شکر سفید	-۰/۰۹۳۶ns	۰/۳۶۰۳۵*	۰/۳۱۷۸۱*	۰/۴۵۴۰۴**	۱		
عملکرد ریشه	-۰/۱۳۶۱۹ns	۰/۳۲۲۵۴*	۰/۲۷۵۸ns	۰/۴۰۰۵*	۸۸/۴۸**	۱	
محتوای آب نسبی	-۰/۰۳۸ns	۰/۲۵ns	۰/۲۲ns	۰/۴۵۹**	۰/۴۹۴**	۰/۴۵۴**	۱

ns، * و** به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪

فهرست منابع:

1. Cmobarac, J., Marinkovic, B., Tatic, M. and Malesevic. M., 2002. The effect of REIS on startup growth and seed yield of sunflower and soybean. Biophysics in agriculture production, University of Novi Sad, Tampograf.
2. Efe, L., Mustafayev, S. A. and Killi. F., 2004. Stimulative Effect of High Voltage Electrical Current on Earliness, Yield and Fiber Quality of Cotton (*Gossypium hirsutum* L.). Pakistan Journal of Biological Sciences, 7(4): 494-502.
3. Khazaei, J., Shayegani, A. A., Aliabadi, E., Masoudi-nejad, A., Bashiri, B. and Javanmardi, Z., 2008. Stimulative effect of high voltage electric fields on some biological characteristics of wheat seeds. Agricultural & Biosystems Engineering for a Sustainable World, Eur. Ag. Eng, Crete – Greece.
4. Kerdonfag, P., Klinsa-ard, C., Khan-ngern, W. and Ketkaew, S., 2002. Effect of electric field from the electric field rice grain Separation Unit on Growth Stages of the Rice Plant. ICEMC, Bangkok.
5. Morar, R., Munteanu, R., Simion, E., Muteanu, I. and Dascalescu, L., 1999. Electrostatic treatment of bean seeds, IEEE-IA, 35(1): 208-212.
6. Rotcharoen, T., Khan-ngern, W. and Nitta, S., 2002. The Effect of Electric Field to Rice Plant Growing. International Conference on Electromagnetic Compatibility. 1st ICEMC Bangkok, Thailand, Pp: 254-257.
7. Takac, A., Gvozdenovic, G. and Marinkovic, B., 2002. Effect of resonant impulse electromagnetic stimulation on yield of tomato and pepper. Biophysics in agriculture production, University of Novi Sad, Tampograf.
8. Vasilevski, G., 2003. Perspectives of the application of biophysical methods in sustainable agriculture. Bulg. J. Plant Physiol, Special Issue, Pp: 179–186.

www.SID.ir