مجله علوم گیاهان زراعی ایران
دوره ۴۱، شماره ۴، ۱۳۸۹ (۷۴۰-۷۳۱)

اثر محلول‌پاشی متانول بر محتوای آب نسبی، محتوای کلروفیل و فلورسانس کلروفیل برگ چغندرقند در شرایط تنش کمبود آب

ایمان نادعلی[1]*، فرزاد پاک‌نژاد[2]، فواد مرادی[3]، محمد نصری[4] و علیرضا پازوکی[5]
۱، ۲، دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج
۳، استادیار مؤسسه بیوتکنولوژی کرج، ۴، استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین
۵، استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر ری
(تاریخ دریافت: ۸۸/۴/۱۵ - تاریخ تصویب: ۸۹/۳/۲۶)

چکیده

به منظور بررسی اثر محلول‌پاشی متانول بر محتوای آب نسبی، محتوای کلروفیل و فلورسانس کلروفیل برگ چغندر قند در شرایط تنش کمبود آب آزمایشی به صورت 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 محلول‌پاشی متانول با ۶ سطح، شاهد (بدون محلول‌پاشی) و ۷ و ۱۴ و ۲۱ و ۲۸ و ۳۵ درصد حجمی متانول بود که به هر کدام از سطوح ۲ گرم در لیتر گلیسین اضافه شد. محلول‌پاشی از ۱۶ برگه شدن گیاه، در سه نوبت انجام شد. عامل آبیاری نیز با دو سطح عادی (آبیاری پس از۴۰درصد تخلیه رطوبتی قابل دسترس) و تنش خشکی (آبیاری پس از۷۰ درصد تخلیه رطوبتی قابل دسترس) اعمال شدند. محلول‌پاشی ۳ بار طی فصل رشد گیاه و با فواصل ۱۴ روزه روی گیاه انجام شد. نتایج نشان داد بین سطوح مختلف متانول اختلاف معنی‌داری در مؤلفه‌های فلورسانس اولیه (F0) و فلورسانس متغیر (FV) و فلورسانس حداکثر (FM) وجود نداشت ولی در مؤلفه عملکرد کوانتومی فتوشیمیائی (FV/FM) اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد وجود داشت. تفاوت بین سطوح متانول قبل از محلول‌پاشی سوم از نظر تأثیر برمحتوای کلروفیل معنی‌دار نبود در حالی که بعد از محلول‌پاشی سوم بین آنها اختلاف معنی‌داری در سطح ۵درصد مشاهده شد. نتایج نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش معنی‌داری در فلورسانس حداکثر (FM) و فلورسانس متغیر (FV) و همچنین عملکرد کوانتومی فتوشیمیائی (FV/FM) در سطح پنج درصد می‌گردد. در حالی که در مؤلفه فلورسانس اولیه (F0) اختلافی دیده نشد. تحت شرایط تنش خشکی افزایش معنی‌داری در سطح پنج 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 معنی‌داری در سطح یک درصد مشاهده شد. در این آزمایش در هیچ کدام از صفات اثرات متقابل معنی‌دار نبود. با توجه به افزایش سطوح متانول در مؤلفه عملکرد کوانتومی فتوشیمیائی (FV/FM) می‌توان گفت احتمالاً متانول بازدارندگی نوری در گیاهان تیمار شده را کاهش می‌دهد. تنش خشکی نیز با آسیب به دستگاه فتوسنتزی بر ظرفیت پذیرش الکترون اثر منفی داشت.**

واژه‌های کلیدی: محلول‌پاشی متانول، تنش خشکی، فلورسانس کلروفیل، محتوای کلروفیل، محتوای آب نسبی، چغندرقند.

* نویسنده مسئول: ایمان نادعلی تلفن: ۰۹۳۵-۸۰۸۹۹۰۸ E-mail: imnadal@yahoo.com

مقدمه

تنش خشکی عامل برهم زننده تعادل از طریق اختلال در فرایندهای فیزیولوژیک و بیولوژیک در گیاه می‌باشد (Ober, 2001). تحت شرایط تنش خشکی بعلت تغییر در برخی واکنش‌های بیوشیمیائی رشد در گیاه کاهش می‌یابد (Lauer et al., 1992). تنش خشکی همراه با تابش زیاد و افزایش دما باعث افزایش میزان بازدارندگی نوری می‌شود. اثر خشکی و نور زیاد بر فتوسیستم ۲ موجب خسارت به وظایف فتوشیمیائی این فتوسیستم می‌شود و به عبارتی بازدارندگی در انتقال الکترون را باعث می‌شود (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 می‌شود (Boyer et al., 1987). مراکز واکنش فتوسیستم۲ 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 می‌شود. در واقع میزان فلورسانس کلروفیل تابعی از فعالیت فتوسنتزی برگ می‌باشد که می‌تواند در تشخیص مدت تنش‌های محیطی مورد استفاده قرار گیرد (Lichtenthaler,1988). با توجه به اینکه توازن بین فرایندهای سوخت و ساز و انرژی‌زا تحت تأثیر تنش‌های گرمائی و خشکی قرار می‌گیرد با استفاده از این تکنیک می‌توان عدم توازن بین این دو فرایند را مشخص نمود. از فلورسانس کلروفیل در برنامه‌های 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 سیب‌زمینی استفاده شده است (Ranalli et al., 1997).

فلورسانس اولیه (F0) و فلورسانس حداکثر (FM) از اجزای مورد نظر در تعیین میزان فلورسانس کلروفیل می‌باشند. مشخص شده است فلورسانس اولیه (F0) توسط تنش‌های محیطی دچار تغییراتی می‌شود که علت آن دگرگونی ساختار و تغییر در رنگدانه‌های فتوسیستم۲ می‌باشد. نتایج آزمایش‌های Mohammadian et al. (2003) و Vazan et al. (2002) نشان داد فلورسانس حداکثر (FM) تحت شرایط تنش خشکی در چغندر کاهش می‌یابد. اختلاف بین فلورسانس حداکثر (FM) و فلورسانس اولیه (F0) فلورسانس متغیر (FV) نامیده می‌شود (Bolhar-Nordenkampf et al., 1991). Theodoridou et al. (2002) گزارش دادند مصرف متانول باعث کاهش اندازه مولکول‌های کلروفیل آنتن فتوسیستم‌ها در ۲۰ ساعته اولیه محلول‌پاشی می‌شود که این منجر به جذب کمتر نور و حفظ دستگاه فتوسنتزی می‌شود. Mohammadian et al. (2003) گزارش کردند که تحت شرایط تنش خشکی محتوای کلروفیل برگ چغندرقند افزایش یافته است. 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 تنش‌های القاء شده به گیاهان زراعی در اثر انجام تنفس نوری در آنهاست (Nonomura, 1993).

Rajala et al. (1998) 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 می‌دانند. 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 محلول‌پاشی متانول افزایش معنی‌داری را نشان داد (Rajala et al., 1998; Romadant, 2005). یکی از مهمترین تغییرات ناشی از تنش خشکی کاهش محتوای آب نسبی برگ (RWC) می‌باشد. این صفت می‌تواند توانمندی گیاه را در تحمل به تنش خشکی نشان دهد (Vazan et al., 2002). کاهش محتوای آب نسبی و بسته شدن روزنه‌ها اولین تأثیر تنش خشکی بوده که از طریق اختلال در ساخت مواد فتوسنتزی موجب کاهش میزان عملکرد می‌شود (Anonymous, 1993). گزارش‌هائی وجود دارد که نشان می‌دهد محلول‌پاشی

متانول سبب کاهش نیاز آبی گیاهان در شرایط گرم می‌شود (Ramirez, 2006). طبق گزارشات Rajala et al. (1998) متابولیسم متانول منجر به افزایش قندسازی در برگ‌ها می‌شود که این سبب افزایش فشار آماس و افزایش سرعت آسیمیلاسیون و رشد در گیاهان تیمار شده با آن می‌شود. افزایش محتوای آب نسبی و تورژسانس در بادام زمینی نیز گزارش شده است (Safarzade vishkaei., 2007).

هدف کلی این بررسی مطالعه اثرات محلول‌پاشی 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 روش‌ها

این تحقیق در سال ۱۳۸۷ در مزرعه پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج (واقع در ۳۵ درجه و ۴۵ دقیقه عرض شمالی و ۵۱ درجه و ۶ دقیقه طول شرقی به ارتفاع ۱۳۱۳ متر از سطح دریا) انجام شد. بافت خاک لومی رسی با pH=۷/۶ و شوری در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک برابر ۵/۵۵ (دسی‌زیمنس بر مترمربع) بود. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکراربه اجراء در آمد. آبیاری به صورت نشتی و زمان کاشت بذر ۱۵ اردیبهشت بود. بذر مورد بررسی رقم رسول بود که از موسسه تحقیقات چغندرقند ایران تهیه شد. عوامل مورد بررسی شامل محلول‌پاشی شاهد، آب و بدون مصرف متانول، ۷، ۱۴، ۲۱، ۲۸ و ۳۵ درصد حجمی متانول که به هر کدام از محلول‌ها دو گرم در لیتر گلیسین اضافه شده بود. در گیاهان با سرعت تنفس نوری بالا هنگامی که با متانول تیمار می‌شوند دو مولکول گلیسین در تنفس نوری ایجاد می‌شود که منجر می‌شود به دو برابر شدن میزان ساکاروز تولیدی.

به همین دلیل Nonomura (1997) توصیه کرد که برای محلول‌پاشی متانول بهتر است گلیسین نیز اضافه شود. کرتهای مربوط به تیمار شاهد نیز در هنگام محلول‌پاشی با آب و گلیسین اسپری شدند. محلول‌پاشی روی اندام هوائی ۳ بار طی فصل رشد و با فواصل ۱۴ روزه انجام شد. اولین محلول‌پاشی در ۲۵ تیرماه با ۱۶ برگه شدن گیاه و محلول‌پاشی‌های بعدی در زمان رشد اصلی گیاه بود. با توجه به سمی بودن متانول زمان محلول‌پاشی پس از پشت سرگذاشتن گرمای روزانه برای جلوگیری از سوختن برگ‌ها بود. محلول‌پاشی‌ها در ساعت ۱۷ بعداز ظهر انجام شد.

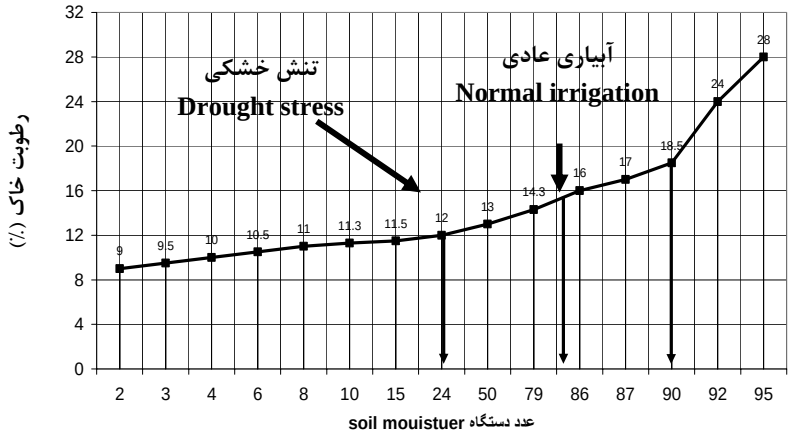
محلول‌پاشی بوته‌ها تا زمان جاری شدن قطره‌های محلول روی برگ‌های گیاه ادامه یافت. عامل دیگر مورد بررسی شامل آبیاری پس از۴۰ درصد تخلیه رطوبتی قابل دسترس (آبیاری عادی) و آبیاری پس از ۷۰ درصد تخلیه رطوبتی قابل دسترس (تنش خشکی) بود. زمان آبیاری به وسیله بلوک گچی بر اساس تخلیه رطوبتی خاک مشخص می‌شد و آبیاری انجام می‌گرفت.

بلوک‌ها قبلاً مورد آزمایش واسنجی قرار گرفته بود و از منحنی تخلیه رطوبتی قابل دسترس که توسط Paknejad et al. (2007) در مزرعه دانشگاه به دست آمده بودند استفاده شد (شکل ۱).

هرکرت شامل ۶ خط کاشت به طول ۵ متر با فاصله بین ردیفی ۶۰ سانتی‌متر که فاصله بوته‌ها روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر بود. تراکم در هر کرت ۱۰ بوته در مترمربع بود.

کود نیتروژن در دو قسمت همزمان با کاشت و پس از تنک و وجین و استقرار کامل بوته‌ها (مرحله ۶ برگی) در مزرعه پخش شد. مقدار کل مصرف کود نیتروژن ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار از منبع اوره بود. همچنین همزمان با کاشت ۱۵۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل به زمین داده شد از آنجائی که چغندرقند به تنش‌های غیرزیستی از جمله تنش کمبود آب در مراحل اولیه رشد حساس است بنابراین در مرحله جوانه‌زنی 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. اندازه‌گیری فلورسانس کلروفیل یک روز بعد از محلول‌پاشی سوم انجام شد.

اندازه‌گیری محتوای کلروفیل نیز یک روز قبل و یک روز بعد از محلول‌پاشی سوم انجام گرفت. برای تعیین محتوای کلروفیل از هر کرت ۳ بوته انتخاب و عدد کلروفیل‌متر آن با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر



شکل ۱- منحنی کالیبراسیون آبیاری

(Model Cl-01) ساخت شرکت Hansatech آلمان قرائت شد. قرائت عدد کلروفیل‌متر روی برگ‌های میانی بوته‌ها انجام گرفت. بعد از آن به روش Ferus et al. (2001) محتوای کلروفیل به صورت مستقیم اندازه‌گیری شد. جهت اندازه‌گیری محتوای کلروفیل قسمتی از برگ، پس از تعیین مساحت آن همراه با ۰/۵ گرم سولفات منیزیم ($MgSO_4$) و ۲۰ میلی‌لیتر استن ۸۰ درصد که به تدریج اضافه می‌شد در داخل یک هاون چینی به خوبی ساییده شدند.

بعد از تهیه عصاره برگ، آن را از کاغذ صافی گذرانده سپس نمونه‌ها به مدت ۲ دقیقه در ۲۵۰۰ دور سانتریفیوژ گردید تا عصاره یکنواختی از هر نمونه به دست آمد. سپس طیف جذبی عصاره توسط اسپکتروفتومتر در طول موج‌های ۶۴۷ و ۶۶۳ نانومتر قرائت گردید و محتوای کلروفیل برگ‌ها محاسبه شد. اندازه‌گیری پارامترهای فلورسانس کلروفیل در مزرعه با دستگاه پرتابل فلورسانس‌سنج (PAM-2000, WALTZ Germany) انجام شد. فلورسانس اولیه (F0)، حداکثر فلورسانس (Fm)، فلورسانس متغیر (FV) و پتانسیل عملکرد کوانتومی فتوسیستم۲ (FV/Fm) در این آزمایش تعیین شدند. سطح نور[1] (PFD غلظت جریان فوتون) ۴۰۰ میکرومول فوتون در مترمربع در ثانیه، زمان تابانیدن نور ۵ ثانیه بود (Anonymous, 1993).

همه اندازه‌گیری‌ها از قسمت‌های میانی برگ و برای برگ همه کرت‌ها از یک نقطه انجام گرفت. اندازه‌گیری فلورسانس یک نوبت و یک روز پس از محلول‌پاشی سوم متانول و در فاصله زمانی بین ساعات ۱۰ تا ۱۴ روز انجام شد. میزان محتوای آب نسبی از طریق رابطه یک و یک روز پس از محلول‌پاشی سوم و زمان آن ساعت ۱۴ بعد از ظهر بود (Smarrt, 1994):

$$\%RWC = \frac{FW - DW}{SW - DW} \times 100 \qquad (۱$$

RWC (%): محتوای آب نسبی

FW: وزن تردمبرگ

DW: وزن خشک دمبرگ

SW: وزن اشباع دمبرگ

داده‌های جمع‌آوری شده بر اساس طرح فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با کمک نرم‌افزار SAS تجزیه شده و مقایسه میانگین‌ها به روش LSD و در سطح یک درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

اثر تنش کمبود آب بر مؤلفه‌های فلورسانس کلروفیل، محتوای کلروفیل و محتوای آب نسبی

جدول تجزیه واریانس نشان می‌دهد (جدول۱) بین سطوح آبیاری در فلورسانس اولیه (F0) اختلاف معناداری وجود نداشت، اما هر دو سطح آبیاری عادی و تنش در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول۲). بنابراین در این آزمایش تنش خشکی اثر شدیدی بر فلورسانس

1. Photon Fiux Density

اولیه (F0) نداشته که علت این موضوع احتمالاً افزایش غلظت کلروفیل در سطح تنش نسبت به سطح شاهد می‌باشد (Mohammadian et al., 2003). Paknejad et al. (2007) نیز نتیجه‌گیری کردند فلورسانس اولیه (F0) تحت تأثیر تنش قرار نمی‌گیرد. با توجه به معنادار نبودن فلورسانس اولیه (F0) و ارتباط آن با فلورسانس کلروفیل‌های آنتن از فتوسیستم۱ (Wilson et al., 1993). بنابر این به نظر می‌رسد کلروفیل‌های آنتن در این دو سطح از کارائی تقریباً یکسانی برخوردار هستند.

بین سطوح آبیاری و تنش در پارامتر فلورسانس حداکثر (FM) اختلاف معنا داری در سطح پنج درصد دیده شد (جدول۱). 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 نشان‌دهنده اکسیداسیون کمتر QA تحت شرایط تنش خشکی است بنابراین واکنش‌های فتوشیمیائی در سطح تنش خشکی کاهش داشته است (Wilson et al., 1993). افزایش در مقدار فلورسانس اولیه (F0) و کاهش در فلورسانس حداکثر (FM) فعالیت فتوسیستم۲ را مختل می‌کند (Anonymous, 1993). Paknejad et al. (2007) نیز چنین نتیجه‌ای گرفتند.

در مؤلفه فلورسانس متغیر (FV) اختلاف معناداری در سطح پنج درصد بین سطوح عادی و آبیاری مشاهده شد (جدول۱). سطح عادی فلورسانس متغیر (FV) بیشتری به نسبت تنش داشت (جدول۲). اصولاً مقدار

جدول ۱- تجزیه واریانس محتوای کلروفیل بعد و قبل از محلول‌پاشی سوم متانول، محتوای آب نسبی بعد از محلول‌پاشی سوم متانول، مؤلفه‌های فلورسانس کلروفیل و عملکرد ریشه و عملکرد شکر سفید چغندرقند

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد ریشه	عملکرد شکر سفید	فلورسانس اولیه (F0)	فلورسانس حداکثر (FM)	فلورسانس متغیر (FV)	پتانسیل عملکرد کوانتوم (FV/FM)	محتوای کلروفیل قبل از محلول‌پاشی	محتوای کلروفیل بعد از محلول‌پاشی	محتوای آب نسبی بعد از محلول‌پاشی
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 **: غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

جدول ۲- مقایسه میانگین محتوای کلروفیل، محتوای آب نسبی، مؤلفه‌های فلورسانس و عملکرد ریشه و عملکرد شکر سفید چغندرقند تحت 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 محلول‌پاشی ($mg.m^{-2}$)	محتوای کلروفیل بعد از محلول‌پاشی ($mg.m^{-2}$)	محتوای آب نسبی بعد از محلول‌پاشی (٪)
متانول									
شاهد	۵۹/۶۷c	۶/۲۶c	۱۴۳/۱۷ a	۶۳۹a	۴۹۶/۶۷a	۰/۷۵b	۲۹۲/۸۷a	۲۹۲ b	۷۰/۸۲b
۷٪ حجمی	۷۱/۷۶a	۷/۷۷b	۱۳۵/۵ a	۷۰۴/۶۷ a	۵۹۶/۱۷	۰/۸۰۵a	۳۰۳/۳۵ a	۳۳۰/۳a	۸۱/۳۳a
۱۴٪ حجمی	۸۰/۲۸ab	۸/۸۲a	۱۳۶ a	۷۳۴/۱۷ a	۵۹۸/۱۷a	۰/۸۲a	۳۱۱/۰۳a	۳۳۸/۸a	۸۳/۷۵a
۲۱٪حجمی	۸۲/۶۷a	۹/۱۱a	۱۳۱/۶۷a	۷۲۹/۱۷ a	۵۹۷/۵a	۰/۸۱a	۳۲۴/۳۱ a	۳۴۵/۲a	۸۳/۱۱a
۲۸٪ حجمی	۷۳/۴۵ab	۸/۴۴ab	۱۲۸/۵ a	۶۷۸ a	۵۴۹/۵a	۰/۸۰۹a	۲۹۹/۰۷ a	۳۲۴/۶ab	۸۰/۶۹a
۳۵٪ حجمی	۷۵/۰۸۵ab	۷/۶۹b	۱۳۴/۶۷ a	۶۸۳/۸۳ a	۵۴۹/۷ a	۰/۸۰۲a	۳۰۳/۹۴a	۳۳۲/۲a	۸۳/۷۱a
LSD (٪۵)	۱۰/۳۹	۱/۰۱۶	۲۷/۲۶۱	۱۴۸/۸۶	۱۳۱/۶۴	۰/۰۳۶	۳۰۳/۶۸	۳۳/۳۶۸	۴/۳
آبیاری									
عادی	۸۲/۶۳a	۸/۶۳a	۱۳۳/۲a	۷۳۸/۹a	۶۰۵/۷a	۰/۸۱۸ a	۲۹۳/۴۶ b	۳۱۴/۳b	۸۱/۴۲a
تنش	۶۴/۹۴b	۷/۴b	۱۳۶/۲a	۶۵۰/۹b	۵۱۴/۳b	۰/۷۸۶b	۳۱۸/۰۶a	۳۴۰/۰۷a	۷۸/۷۲b
LSD (٪۵)	۵/۹۹	۰/۵۸	۱۵/۷۳	۸۵/۹۴	۷۶	۰/۰۲	۱۸/۷۸	۱۹/۲۶۵	۳۱/۳۵

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون تفاوت معنی‌داری ندارند.

فلورسانس کلروفیل در زمانی که پذیرنده الکترون QA در حالت احیا باشد زیاد است و به این دلیل مقدار فلورسانس متغیر (FV) نیز در این حالت زیاد می‌شود. اما زمانی که QA در حالت اکسیداسیون است مقدار فلورسانس کلروفیل کم می‌باشد. در این حالت میزان فلورسانس متغیر (FV) کاهش می‌یابد. به عبارت دیگر در شرایط تنش QA در حالت اکسیداسیون شدن می‌باشد. بنابراین می‌توان استنباط نمود که تنش خشکی احتمالاً در جریان انتقال الکترون در واکنش مربوط به تجزیه آب در فتوسیستم۲ اختلال ایجاد کرده و اثر تنش در جریان انتقال الکترون بعد از اولین پذیرنده الکترون (QA) ناچیز بوده است که از طریق تأثیر بر دستگاه فتوسنتزی، میزان کارائی فتوسنتز خالص کاهش یافته است (Wilson et al., 1993).

تنش‌های محیطی مقدار فلورسانس متغیر (FV) را به علت ممانعت از فتواکسیداسیون فتوسیستم۲ کاهش می‌دهند. از آنجائی که فلورسانس متغیر (FV) نشانگر احیای کامل پذیرنده الکترون می‌باشد (QA) بنابراین می‌توان استنباط نمود که تنش خشکی در انتقال الکترون به فتوسیستم۱ اختلال ایجاد کرده است (Wilson et al., 1993). جدول تجزیه واریانس نشان داد بین سطوح آبیاری در پتانسیل عملکرد کوانتوم (FV/FM) اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد وجود دارد (جدول۱) و تحت تنش خشکی این میزان کاهش معنی‌داری داشت (جدول۲). همانطور که قبلاً ذکر شد شیب کاهشی پتانسیل عملکرد کوانتوم (FV/FM) شاخص خوبی است جهت ارزیابی بازدارندگی نوری در گیاهانی که در مجاورت تنش‌های محیطی نظیر خشکی و گرما همراه با میزان تششع زیاد قرار می‌گیرند (Nordenkampf et al., 1991).

افزایش عملکرد کوانتوم (FV/FM) دلیلی است بر اینکه تنش‌های محیطی هیچ تأثیری بر کارائی فتوسنتز دارد (Paknejad et al., 2007). سرعت پذیرنده‌های الکترونی در فتوسیستم۲ در شرایط تنش خشکی کاهش می‌یابد که سبب کاهش پتانسیل عملکرد کوانتوم (FV/FM) می‌شود. پتانسیل عملکرد کوانتوم (FV/FM) بستگی زیادی به پتانسیل آب برگ دارد و شرایط خشکی باعث می‌شود که مقدار آن به زیر یک برود، به عبارتی هیچ گونه فلورسانس متغیری (FV) بعد از یک مدت خشکی انجام نمی‌شود ولی با آبیاری مجدد این نسبت افزایش می‌یابد (Anonymous, 1993). بین سطوح عادی و تنش نیز در مقدار محتوای کلروفیل اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد مشاهده شد (جدول۱).

سطح تنش محتوای کلروفیل بیشتری به نسبت سطح عادی داشت. در آزمایشی که Mohammadian et al. (2003) انجام دادند محتوای کلروفیل تحت شرایط تنش افزایش یافت. علت افزایش محتوای کلروفیل تحت شرایط تنش، کوچک شدن سلول‌های برگ به علت کاهش سطح برگ و ضخیم شدن سلول‌ها گزارش شد.

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بین سطوح آبیاری در محتوای آب نسبی در سطح یک درصد اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول۱). محتوای آب نسبی در سطح تنش کاهش معنی‌داری به نسبت سطح عادی داشت. طبق گزارشات.Paknejad et al (2007) کاهش محتوای آب نسبی و بسته شده روزنه‌ها اولین تأثیر تنش خشکی بوده که از طریق اختلال در سیستم ساخت مواد فتوسنتزی موجب کاهش میزان عملکرد می‌شود. تحت شرایط تنش خشکی گیاه روزنه‌های خود را می‌بندد در نتیجه میزان دی اکسید کربن درون سلولی کاهش می‌یابد که این منجر به کاهش میزان فشار آماس در اثر کاهش فتوسنتز و ساخت و ساز در برگ می‌شود (Vazan et al., 2002). کاهش محتوای آب نسبی با بیشتر شدن شدت تنش توسط Paknejad et al. (2007) نیز گزارش شده است.

اثر محلول‌پاشی متانول بر مؤلفه‌های فلورسانس کلروفیل، محتوای کلروفیل و محتوای آب نسبی

نتایج تجزیه واریانس (جدول۱) نشان داد که بین سطوح مختلف متانول در مؤلفه فلورسانس اولیه (F0) اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. اما شاهد در مقدار بالاتری نسبت به بقیه سطوح فلورسانس اولیه (F0) تولید کرد (جدول۲). بین سطوح مختلف متانول در مؤلفه فلورسانس حداکثر (FM) نیز اختلاف معنی‌داری دیده نشد (جدول۱) و همگی در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول۲). با این حال نتایج آزمایش در مورد مؤلفه فلورسانس حداکثر (FM) نشان داد سطح شاهد

کمترین مقدار فلورسانس را بین سطوح مختلف داشت (جدول۲).

در مؤلفه فلورسانس متغیر (FV) نیز اختلاف معنی‌داری 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 محلول‌پاشی شده داشت (جدول۲).

اثر متانول بر پتانسیل عملکرد کوانتوم (FV/FM) در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول۱). سطح شاهد کمترین مقدار را در این مؤلفه 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). شیب کاهشی پتانسیل عملکرد کوانتوم (FV/FM) شاخص خوبی است جهت ارزیابی بازدارندگی نوری در گیاهانی که در مجاورت تنش‌های محیطی نظیر خشکی و گرما همراه با میزان تشعشع زیاد قرار می‌گیرند (Yang et al., 1996).

کند بودن روند کاهشی پتانسیل عملکرد کوانتوم (FV/FM) نشانه افزایش میزان حفاظت نوری است (Nordenkampf et al., 1991; Paknejad et al., 2007). گزارشات Nonomura (1991) نیز نشان داد متانول سبب مقاومت به تنش‌های محیطی می‌شود. پس می‌توان 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. با توجه به اینکه در این آزمایش بین سطوح مختلف متانول و شاهد در مؤلفه‌های فلورسانس متغیر (FV) و حداکثر اختلاف (FM) معنی‌داری دیده نشد بنابراین نمی‌توان گفت کدام یک از این مؤلفه‌ها 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). همبستگی بین پتانسیل عملکرد کوانتوم (FV/FM) و عملکرد شکر سفید (Wsy) توسط Mohammadian et al. (2003) نیز گزارش شده است. هرچه میزان ساخت کلروفیل کندتر باشد برگ‌ها نسبت به بازدارندگی نوری آسیب‌پذیرتر هستند (Henley et al., 1991). با توجه به جدول ۲ میزان محتوای کلروفیل سطح شاهد در مقایسه با سطوح محلول‌پاشی 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.

بر طبق گزارشات Theodoridou et al. (2002) متانول سبب کاهش اندازه آنتن فتوسیستم‌ها در ۲۰ ساعته اولیه محلول‌پاشی می‌شود. کاهش اندازه آنتن فتوسیستم‌ها سبب جذب کمتر نور و مصون ماندن سیستم فتوسنتزی از تخریب می‌شود که این منجر می‌شود به فعالیت بیشتر PQ در سلول (Anderson et al., 1988). پس احتمالاً افزایش فعالیت در PQ سبب تسهیل انتقال الکترون به فتوسیستم۱ شده است. در نتیجه می‌توان گفت در این شرایط دیگر تنش‌های محیطی سبب بسته شدن پذیرنده‌های الکترونی (QA) نشده‌اند، چون ظرفیت پذیرش PQ افزایش یافته است. بنابراین محلول‌پاشی متانول به طور کلی با افزایش مقدار پتانسیل عملکرد کوانتوم سبب مصون نگاه داشتن دستگاه فتوسنتزی از صدمات ایجاد شده از تنش‌های محیطی شده است.

قبل از محلول‌پاشی سوم بین سطوح مختلف متانول و شاهد اختلاف معنی‌داری در محتوای کلروفیل دیده نشد (جدول۱). همانطور که جدول تجزیه واریانس نشان می‌دهد (جدول۱) ۲۴ ساعت بعد از محلول‌پاشی سوم متانول اختلاف معنی‌داری در سطح پنج 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 ۱۸ درصدی 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 می‌تواند با اکسیداسیون متانول در بوته‌های دارای کمبود آب مرتبط باشد. زیرا بوته‌ها در شرایط کمبود آب با تنش اکسیداتیو رو به رو می‌شوند. در این شرایط متانول به راحتی توسط عصاره برگ به فرمالدئید اکسید می‌شود که این تا حد زیادی

توسط آنزیم کاتالاز انجام می‌گیرد و دیگر این آنزیم وارد مسیر تخریبی کلروفیل نمی‌شود (Safarzade vishkaei, 2007). Rajala et al. (1998) افزایش مقدار کلروفیل در گندم و یولاف را بعد از محلول‌پاشی متانول اعلام کردند. همچنین در مطالعاتی که بر روی گوجه فرنگی و فلفل انجام شد محلول‌پاشی متانول به همراه گلیسین مقدار کلروفیل برگ‌ها را افزایش داد (Row et al., 1994). بین سطوح مختلف متانول نیز در محتوای آب نسبی اختلاف معناداری در سطح یک 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 ۱۴ درصد حجمی متانول بود که به نسبت سطح شاهد افزایش ۱۸ درصدی داشت. متانول پس از محلول‌پاشی متابولیزه شده و با افزایش میزان دی اکسید کربن درون برگی سبب افزایش میزان آماس و قندسازی در برگ‌ها می‌شوند (Row et al., 1994). طبق گزارشات Nonomura (1991) محلول‌پاشی متانول در گیاهانی که در معرض تنش خشکی هستند سبب افزایش پتانسیل آب و محتوای آب نسبی می‌شود. 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 می‌شود (Rajala et al., 1998). افزایش میزان محتوای آب نسبی بعد از محلول‌پاشی متانول در بادام‌زمینی نیز توسط Safarzade vishkaei (2007) گزارش شده است.

همبستگی بین عملکرد ریشه و عملکرد شکر سفید (Wsy) با مؤلفه‌های فلورسانس کلروفیل

ارتباط بین عملکرد ریشه و عملکرد شکر سفید با مؤلفه‌های فلورسانس کلروفیل برگ برای سطوح مختلف متانول در سطوح عادی و آبیاری مورد ارزیابی قرار گرفت. همبستگی بین عملکرد شکر سفید (Wsy) با مؤلفه‌های فلورسانس به جز برای فلورسانس اولیه (F0) برای بقیه مؤلفه‌ها معنی‌دار بود، اما همبستگی بین عملکرد ریشه با مؤلفه‌های فلورسانس برای فلورسانس متغیر (FV) و پتانسیل عملکرد کوانتوم (FV/FM) معنی‌دار 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 اندازه‌گیری‌ها تقریباً ثابت بود و معنی‌دار نبود عدم همبستگی بین عملکرد شکر سفید و عملکرد ریشه با فلورسانس اولیه (F0) قابل انتظار می‌باشد.

در این آزمایش فلورسانس حداکثر (FM)، فلورسانس متغیر (FV) و پتانسیل عملکردکوانتوم (FV/FM) با عملکرد شکر سفید (Wsy) همبستگی مثبت داشت (جدول۳)، بنابراین این ۳ مؤلفه جهت ارزیابی تحمل به تنش خشکی برای بهبود عملکرد شکر سفید قابل اطمینان‌تر می‌باشند.

عملکرد ریشه با فلورسانس متغیر (FV) و پتانسیل عملکرد کوانتوم (FV/FM) همبستگی مثبت داشت (جدول۳)، بنابراین برای بهبود عملکرد ریشه نیز اصلاح این مؤلفه احتمالاً مؤثر خواهد بود.

در بررسی که Mohammadian et al. (2003) بر

جدول ۳- ضرایب همبستگی فلورسانس کلروفیل و محتوای آب نسبی با عملکرد شکر سفید و عملکرد ریشه (تن در هکتار) در چغندرقند

	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)	۰/۳۹۲*	۱					
فلورسانس حداکثر (FM)	۰/۵۲۶**	۰/۹۸۸**	۱				
پتانسیل عملکرد کوانتوم (FV/FM)	-۰/۳۵۱*	۰/۶۱۲**	۰/۵۰۷**	۱			
عملکرد شکر سفید	-۰/۰۹۳ns	۰/۳۶۰*	۰/۳۱۷*	۰/۴۵۴**	۱		
عملکرد ریشه	-۰/۱۳۶ns	۰/۳۲۲*	۰/۲۷۵ns	۰/۴۰*	۰/۸۸۴**	۱	
محتوای آب نسبی	-۰/۰۳۸ns	۰/۲۵ns	۰/۲۲ns	۰/۴۵۹**	۰/۴۹۴**	۰/۴۵۴**	۱

ns، * و **: ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

روی ژنوتیپ‌های چغندر قند انجام دادند اعلام کردند عملکرد شکر سفید همبستگی قوی با پتانسیل عملکردکوانتوم (FV/FM) دارد. این در حالی است که در سیب‌زمینی نیز عملکرد غده همبستگی بالائی با پتانسیل عملکرد کوانتوم (FV/FM) نشان داد (Ranalli et al., 1997). Paknejad et al. (2007) نیز در آزمایشی 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. طبق گزارشات Paknejad et al. (2007) بین این دو مؤلفه در گیاه گندم همبستگی بالائی مشاهده شد. همچنین با افزایش میزان محتوای آب نسبی عملکرد ریشه و شکر سفید نیز به طور معنی‌داری افزایش نشان داد.

نتیجه‌گیری

هدف اصلی این بررسی، مطالعه 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 معنی‌دار نبودن اثرات متقابل در هیچ یک از صفات مورد مطالعه به خصوص در مؤلفه‌های فلورسانس کلروفیل شد، بنابراین نمی‌توان 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 رضایت‌بخش آبیاری کافی در چغندرقند ضروری به نظر می‌رسد.

REFERENCES

1. Anderson, J. M., Chow, W. & Goodchild, D. J. (1988). *Thylakoid membrane organization in sun/shade acclimation*. Ecology of Photosynthesis in sun and shade, CSIRO, Melbourne, pp:11-26.
2. Anonymous, A. (1993). *An introduction to flourescence measurements with the plant efficiency analyzer*. Hansatech instruments Ltd., England.
3. Bolhar-Nordenkampf, H. R., Hofer, M. & Leclmer, E. (1991). Analysis of light-induced reduction of the photochemical capacity in field grown plants evidence for photoinhibition. *Photosynthesis Res*, 27(1), 31-39.
4. Boyer, J. S., Armand, P. A. & Sharp, R. E. (1987). Light stress and leaf water relations. In: Kyle, D.J., C.B. Osmoud and C.J. Arntzen (eds), *Photoinhibition*, Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdam. pp:111-122.
5. Ferus, P. & Arkosiova, M. (2001). Variability of chlorophyll content under fluctuating environment. In: Proceedings of *the International Scientific Conference on the Occasion of the 55th Anniversary of the Slovak Agricultural University in Nitra*., Slovak.
6. Groves, S. J. & Baily, R. J. (1994). Strategies for the sub-optimal irrigation of sugar beet. *Aspect of Applied Biology*, 38, 201-207.
7. Henley, W. I., Levavasseur, G., Franklin, G. A., Osmond, B. A. & Ramus, G. (1991). Photoacclimation and Photoinbibition in *Ulva rotundata* as influenced by nitrogen availability. *Planta*, 184 (2), 235-243.
8. Khafagi, O. M. A. & El-Lawendy, W. I. (1997). Effect of different irrigation intervals on sugar beet growth, plant water relations and photosynethetic pigments. *Annals of Agricultural Science Moshtohor*, 35, 305-319.
9. Lauer, M. J. & Boyer, J. S. (1992). Internal CO_2 measures directly in leaves: ABA and low leaf water potential cause opposing effects. *Plant Physiology*, 98, 1010-1016.
10. Lee, H. S., Madhaiyan, M., Kim, C. W., Choi, S. J., Chung, K. W. & Sa, T. M. (2006). Physiological enhancement of early growth of rice seedling (*Oryza sativa* L.) by production of phytohormone of N_2-fixing methylotrophic isolated. *Bio Fertil Soils*, 42, 402-408.
11. Lichtenthaler, H. K. (1992). The Kaustky effect: 60years of chlorophyll fluorescence induction kinetics. *Photosynthetica*, 27, 45-55.
12. Lu, Q., Lu, C., Zhang, J. & Kuang, T. (2002). Photosynthesis and chlorophyll a fluorescence during flag leaf senescence of field-grown wheat plants. *J Plant Physiol*, 159, 1173-1178.
13. Mohammadian, R., Rahimian, H., Moghaddam, M. & Sadeghian, S. Y. (2003). Effect of early drought stress on sugar beets chlorophyll fluorescence. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 6(20), 1763-1769.
14. Nonomura, A. M. (1997). Method and composition for enhancing carbon fixation in plants. *Proc Natl Acad Sci, U.S.A.* 89, 9794-9798.

15. Paknejad, F., Majidi heravan, E., Noor mohammadi, Q., Siyadat, A. & Vazan, S. (2007). Effects of drought stress on chlorophyll fluorescence parameters, chlorophyll content and grain yield of wheat cultivars. *American Journal of Biochemistry and Biotechnology*, 5(4), 162-169.
16. Rajala, A., karkkainen, J., Peltonen, & Peltonen-Sainio, P. (1998). Foliar applications of alchols failed to enhance growth and yield of C3 crop. *Indust Crop Prod*, 7, 129-137.
17. Ramirez, I., Dorta, F., Espinoza, V., Jimenez, E., Mercado, A. & Pen Acortes, H. (2006). Effects of foliar and root applications of methanol on the growth of Arabidopsis, tobacco and tomato plants. *J Plant Growth Regul*, 25, 30-44.
18. Ranalli, P., Di Candilo, M. & Bagatta, M. (1997). Drought tolerance screening for potato improvement. *Plant Breeding*, 116, 290-292.
19. Ramadant, T. & Omran, Y. (2005). The effects of foliar application of methanol on productivity and fruit quality of grapevine cv. Flame seedlees. *Vitis Journal*, 44, 11-16.
20. Rowe, R. N., Farrand, D. D. & Richards, B. A. J. (1994). Effects of foliar and root applications of methanol or ethanol on the growth of tomato plants. *Crop Hort Sci*, 22, 335-337.
21. Safarzade Vishkaei, M. (2007). *Effects of methanol on growth and yield of peanut*. Ph. D. thesis. Sciences and Research unit, Islamic Azad University Tehran, Iran, Pp 232 (in Farsi).
22. Smartt, J. (1994). *The groundnut crop. A scientific basis for imporovement*. London. Chapman and Hall, pp:734-735.
23. Theodoridou, A., Donemann, D. & Kotzabasis, K. (2002). Light – dependent induction of strongly increased microalgal growth by methanol. *Biochem Biophys Acta*, 1573, 189-198.
24. Vazan, S., Ranji, Z., Tehrani, M., Ghalavand, A. & Saaneyi, M. (2002). Drought stress effects of on ABA accumulation and stomatal conductivity of sugar beet. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, 3, 176-180. (In Frasi).
25. Wilson, J. M. & Greaves, J. A. (1993). Development of and water stress in crop plants. In: *Adaptation of food crops to temperature and water stress*, AVRDC, Shanhua, Taiwan, pp:389-398.
26. Yang, G. P., Rhodes, D. & Joly, R. J. (1996). Effects of high temperature on membrane stability and chlorophyll fluorescence in glycinebetaine-deficient and glycinebetaine-containing maize lines. *Aust J Plant Physiol*, 23(4), 437-443.