نشریه علمی ـ پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد هفتم، شماره ۱(۲۵)، ۱۳۹۲، صفحه ۳۰-۱۷

اثر محلول‌پاشی متانول بر عملکرد و تعدادی از صفات فیزیولوژیک لوبیا

مجتبی میرآخوری[۱]، فرزاد پاک‌نژاد[۲]، یاسر ریحانی[۲]، پریسا ناظری[۳]، فرهود یگانه‌پور[۴]،
نعیم جمشیدی[۴] و مهدی غفاری[۴]

چکیده

به منظور بررسی اثر متانول بر محتوای نسبی آب سلول و محتوای کلروفیل برگ لوبیا، آزمایشی با استفاده از طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار در سال زراعی ۱۳۸۸ در مزرعه پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج اجرا شد. در این آزمایش از یک تیمار شاهد M0 (بدون مصرف متانول) و از تیمارهای M1، M2، M3، M4، M5، M6، M7 به‌ترتیب با محلول‌های ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ درصد حجمی متانول استفاده شد. سه بار محلول‌پاشی در طی فصل رشد با فواصل ۱۲ روز یک بار بر روی قسمت‌های هوایی بوته‌های لوبیا انجام شد. صفاتی نظیر عملکرد دانه، درصد پروتئین، تجمع ماده خشک، محتوای نسبی آب سلول و محتوای کلروفیل برگ لوبیا اندازه‌گیری شدند. اندازه‌گیری صفات ذکر شده قبل و بعد از محلول‌پاشی‌ها صورت گرفت. نتایج نشان داد که بین اثر محلول‌های مختلف بر محتوای کلروفیل برگ (Chl) و محتوای آب نسبی سلول (RWC) مرحله دوم و سوم در سطح احتمال ۱ درصد و بر عملکرد دانه (GY) تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد وجود دارد. همچنین، نتایج حاکی از آن بود که تجمع ماده خشک تحت تاثیر تیمارهای متانول مصرفی قرار گرفته است. مقایسه میانگین‌ها نشان دادند که با افزایش سطح محلول‌پاشی متانول، مقدار کلروفیل (Chl) و محتوای نسبی آب سلول (RWC)، افزایش یافت. اثر سطوح M5، M3،M4 متانول بر صفات مورد ارزیابی بیشتر از سایر تیمارها بودند و در نهایت محلول‌پاشی متانول باعث افزایش عملکرد، محتوای کلروفیل برگ، محتوای آب نسبی سلول و سطح برگ گردید.

واژگان کلیدی: لوبیا، متانول، محتوای نسبی آب سلول برگ و محتوای کلروفیل برگ.

Archive of SID

۱- دانشجوی دکتری زراعت دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز، عضو باشگاه پژوهشگران جوان (نگارنده‌ی مسئول)
mojtaba.mirakhori5@yahoo.com
۲- به‌ترتیب دانشیار و استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج
تاریخ دریافت: ۹۰/۸/۳۰
۳- کارشناس ارشد زراعت دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج و عضو باشگاه پژوهشگران جوان
تاریخ پذیرش: ۹۲/۸/۸
۴- دانشجوی دکتری زراعت دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز و عضو باشگاه پژوهشگران جوان

www.SID.ir

مقدمه

لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) یکی از گیاهان زراعی مهم خانواده بقولات است به‌طوری‌که دانه لوبیا دارای ۲۵-۲۰ درصد پروتئین و ۵۶-۵۰ درصد هیدرات کربن می‌باشد و در مقایسه با غلات ۲ تا ۳ برابر و نسبت به گیاهان نشاسته‌ای ۱۰ تا ۲۰ برابر دانه آن دارای پروتئین است (Castrillo *et al.*, 1994). دانه‌های رسیده حبوبات دارای ارزش غذایی زیاد و دوام بالایی هستند و در رژیم غذایی بیشتر مردم جهان نقش مهمی را بازی می‌کنند. بر اساس آمار انتشار یافته سطح زیر کشت جهانی این گیاه بالغ بر ۲۴ میلیون هکتار با متوسط عملکرد جهانی در حدود ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار گزارش شده است (Ahmadi and Ceiocemardeh, 2004). سطح زیر کشت این گیاه در ایران ۱۲۵ هزار هکتار با میانگین عملکردی بیشتر از متوسط عملکرد جهانی در حدود ۱۴۷۰ کیلوگرم در هکتار گزارش شده است (Ahmadi and Ceiocemardeh, 2004). حبوبات دارای ارزش غذایی زیاد، قابلیت نگهداری به مدت طولانی و سرشار از پروتئین (۱۸-۳۲ درصد) می‌باشند (Pormousavi *et al.*, 2007) و از آن‌جایی که این دانه‌ها بعد از غلات دومین منبع غذایی بشر و دام به شمار می‌روند، استفاده از تنظیم کننده‌های رشد جهت بهبود رشد گیاهان زراعی در جهت افزایش تولید حبوبات، یکی از راه حل‌های اساسی و مفید جهت افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصول، تأمین امنیت غذایی، پایداری در تولید به نظر می‌رسد. اخیراً محققین به دنبال ترکیباتی هستند که بتواند سبب افزایش غلظت دی کسید کربن در گیاهان و موجب تثبیت عملکرد در آنها شود. درسال‌های اخیر تحقیقات زیادی روی موادی نظیر متانول، بوتانول، گلیسین و آسپارتات در جهت افزایش عملکرد گیاهان زراعی سه کربنه انجام شده است (Nonomiora and Benson, 1992). نقش عمده‌ایی که این مواد دارند، جلوگیری از کاهش اثر تنش‌های القا شده به گیاهان زراعی در انجام تنفس نوری آنها است (Ramberg *et al.*, 2002). واکنش شیمیایی فتوسیستم دو به شدت تحت تاثیر آب قرار می‌گیرد به‌طوری که وقتی روزنه‌ها به علت تنش خشکی و یا دمای زیاد بسته می‌شوند، دی اکسیدکربن قابل دسترس کاهش یافته، بنابراین انتقال الکترون در اثر محدودیت دی اکسیدکربن کاهش می‌یابد و در نتیجه قدرت آسیملاسیون محدود می‌شود (Liang *et al.*, 2000; Paknejad *et al.*, 2007). از طرف دیگر بسته بودن روزنه‌ها موجب افزایش دمای برگ و گیاه گردیده و در نتیجه آن فرایند نوری محدود می‌شود (Taiz and Araus *et al.*, 1998; Zeiger, 2001). محلول‌پاشی متانول یکی از راه‌هایی است که باعث افزایش تثبیت CO_2 در گیاهان زراعی در واحد سطح می‌شود. برخی از بررسی‌هایی که تاکنون در زمینه اثر مثبت محلول‌پاشی متانول بر رشد و عملکرد گیاهان صورت گرفته است، نشان داده‌اند مصرف تیمارهای متانول در بوته‌هایی از گیاهان زراعی که دارای کمبود آب هستند، باعث افزایش بیوماس آنها می‌گردد در حالی که تیمار کردن گیاهان زراعی دارای آب کافی با متانول، بیوماس آنها را کاهش می‌دهد (Nonomiora and Benson, 1992; Ramberg *et al.*, 2002; Ramirez *et al.*, 2006; Zbice *et al.*,2003).

طبق گزارش‌های نونومرا و بنسون (Nonomiora and Benson, 1992) محلول‌پاشی ۱۰ تا ۵۰ درصد متانول سبب افزایش عملکرد و رشد در گیاهان می‌شود. این دو محقق علت این افزایش عملکرد را کاهش میزان تنفس نوری و همچنین افزایش مقدار آماس سلولی بافت گیاهی دانستند. محلول‌پاشی متانول به‌طور غیرمستقیم سبب تحریک باکتری‌های متیلوتروف می‌شود. این باکتری‌ها با تولید

Archive of SID

www.SID.ir

اکسین و سایتوکینین باعث تسریع روند رشد در گیاهان می‌شوند (Ivanova *et al*., 2001). همچنین، محلول‌پاشی با غلظت ۳۰ درصد باعث افزایش ۱۲ تا ۳۰ درصدی میزان عملکرد در لوبیا، چغندرقند، گوجه‌فرنگی و کلزا نسبت به شاهد شده است (Zbice *et al*., 2003). در محلول‌پاشی متانول بر روی بادام زمینی نشان داده شد که تیمار ۲۰ درصد حجمی متانول سبب افزایش محتوای کلروفیل و آب نسبی سلول، شاخص سطح برگ، سرعت رشد گیاه، عملکرد دانه می‌شود (Safarazade Vishgahi *et al*., 2007). به منظور تعیین وضعیت فیزیولوژیکی گیاه و میزان آسیب وارده به دستگاه فتوسنتزی اغلب در منابع دیده می‌شود از تکنیک ساده اندازگیری محتوای کلروفیل، محتوای رطوبت نسبی و پایداری غشاء که ممکن است فعل وانفعالات آبی گیاه را نشان دهند، استفاده می‌شود (Flageaa *et al*., 1994; Moffatt *et al* ., 1990). محتوای کلروفیل در گیاهان زنده یکی از فاکتورهای مهم حفظ ظرفیت فتوسنتزی است (Paknejad *et al*., 2007). به نظر می‌رسد که کاهش میزان کلروفیل در اثر تنش، به علت تولید رادیکال‌های آزاد باشد که باعث پراکسیداسیون این رنگیزها و در نتیجه تجزیه آن می‌شود (Por mousavi et al., 2007; Samimi *et al*., 2007; Jabari *et al*, 2006). محلول‌پاشی متانول بر روی گیاهان دارای کمبود آب باعث افزایش غلظت کلروفیل در برگ‌های آنها می‌شود، در حالی که در گیاهان دارای آب کافی که با متانول تیمار شدند، مقدار کلروفیل کمی کاهش پیدا می‌کند (Ramirez *et al*., 2006). البته گزارش شده است که تیمار کردن توتون با متانول سبب افزایش محتوای کلروفیل برگ شد (Ramirez *et al*., 2006). در آزمایشی دیگر نیز که روی گندم و یولاف انجام شد، اعلام گردید مقدار کلروفیل بعد از محلول‌پاشی متانول افزایش یافت (Ramberg *et al*., 2002). این افزایش در محتوای کلروفیل بعد از محلول‌پاشی متانول در انگور نیز گزارش شده است (Rajala *et al*., 1998). محلول‌پاشی متانول بر روی بوته‌های فلفل نیز مقدار کلروفیل را افزایش داد (Safarazade Vishgahi *et al*., 2007). راجالا و همکاران (Rajala *et al*., 1998) نیز افزایش مقدار کلروفیل را در بسیاری از گیاهان زراعی گزارش کرده است. در مقابل لای و همکاران (Li *et al*., 1995) اعلام کردند که مقدار کلروفیل برگ بوته‌های سویا در اثر محلول‌پاشی تغییر به خصوصی پیدا نکرده است. زمانی که بوته‌های سویا با متانول ۱۵ درصد تیمار می‌شوند، تورژسانس آنها افزایش می‌یابد (Rajala *et al*., 1998).

کاستیرلو و همکاران (Castrillo *et al*., 1994) نیز همبستگی مثبتی را بین محتوای آب نسبی سلول برگ (RWC) و غلظت کلروفیل، پروتئین و فعالیت آنزیم روبیسکو مشاهده کردند. به‌طور کلی، متانول در فعالیت‌های متابولیکی گیاهان از قبیل تنظیم سرعت متابولیکی مواد در گیاه و نسخه‌برداری ژن‌ها و افزایش فعالیت فتوسنتزی و تأخیر پیری در برگ‌ها و افزایش رشد و در نهایت کاهش تنفس نوری تاثیرگذار می‌باشد (Nonomiora and Benson, 1992; Ramirez *et al*., 2006; Ramberg *et al*., 2002; Zbice *et al*., 2003; Theodoridou *et al*., 2002). بایستی خاطر نشان کرد که نحوه و زمان مصرف این ماده در مزرعه بسیار مهم است (Safarazade Vishgahi *et al*., 2007).

این تحقیق با هدف ارزیابی عملکرد دانه و محتوای آب نسبی سلول و محتوای کلروفیل برگ لوبیا به محلول پاشی متانول و ارتباط آنها با عملکرد به مرحله اجرا در آمد.

Archive of SID

www.SID.ir

مواد و روش‌ها

این مطالعه جهت بررسی اثر محلول‌پاشی متانول بر محتوای کلروفیل، محتوای آب نسبی سلول و عملکرد دانه لوبیا در سال زراعی ۱۳۸۸ در منطقه کرج (ماهدشت) واقع در ۳۵درجه و ۴۵ دقیقه عرض شمالی و ۵۱ درجه و ۶ دقیقه طول شرقی به ارتفاع ۱۳۱۳ متر از سطح دریا، در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج به مرحله اجرا در آمد. آزمایش به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و ۸ تیمار شامل یک تیمار شاهد بدون مصرف متانول (M0)، تیمارهای M1, M2, M3, M4, M5, M6, M7 به ترتیب محلول‌های ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ درصد حجمی متانول استفاده شد. به هر یک از محلول‌های مورد استفاده مقدار ۲ گرم در لیتر گلیسین اضافه شد (Safarazade Vishgahi *et al.*, 2007). این مقدار برای تیمار شاهد نیز استفاده گردید. محلول‌پاشی بوته‌ها، سه بار در طی فصل رشد و به فاصله ۱۲روز نسبت به یکدیگر انجام گرفت (Safarazade Vishgahi *et al.*, 2007). اولین محلول‌پاشی در ۲۰ خرداد ماه ۳۵ روز پس از کاشت و محلول‌پاشی‌های دیگر در ۴۷ و ۵۹ روز پس از کاشت انجام شد. برای انجام محلول‌پاشی از سم‌پاش موتوری پشتی استفاده شد که دارای حجمی معادل ۱۰ لیتر بود و سعی شـــد تا نازل سم‌پاش در ارتفاع ۴۰ سانتی‌متری بالای بوته‌ها قرار داده شـــود. زمان محلول‌پاشی در ساعت ۲۰-۱۶ در روزهای تعیین شده انجام شد.

آبیاری به روش نشتی انجام شد. هر کرت شامل ۴ خط کاشت به طول ۴ متر که فاصله ردیف‌ها ۶۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر بودند. برای جلوگیری از نشت آب بین کرت‌ها، دو ردیف به صورت کاشته نشده گذاشته شد. تهیه زمین شامل شخم اصلی، دو دیسک عمود بر هم و لولر بودند. پس از اماده نمودن زمین بر اساس نتایج تجزیه خاک (عمق ۰-۳۰) به مقدار ۴۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل و ۵۰ کیلوگرم کود اوره در سه مرحله و در قبل و بعد از کاشت مصرف شدند. بذرهای لوبیا ضدعفونی شده و در تاریخ ۸۷/۲/۱۵ به طور دستی در عمق ۵ سانتی‌متری کشت شدند. در محل کاشت، ۳-۲ بذر قرار داده شد و پس از سبز شدن بذر در مرحله‌ی سه برگی بر اساس تراکم ۱۵-۱۰ بوته در متر مربع، تنک گردید. کلیه کرت‌ها در ۱۱ مرداد ماه برداشت شدند. جهت اندازه‌گیری محتوای کلروفیل، برگ‌ها بعد از انتقال از مزرعه در آزمایشگاه به روش فروس و آرکوزیوا (Ferus and Arkosiova, 2001) محتوای کلروفیل اندازه گیری شد (به نقل از Paknejad *et al.*, 2007). در این روش بعد از عصاره‌گیری از برگ میزان نور جذب شده توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج‌های ۶۴۷ و ۶۶۳ نانومتر قرائت گردید و توسط فرمول‌های زیر محتوای کلروفیل محاسبه شدند:

$$Chla(mg.L^{-1})=(12/25\times A_{663})-(2/79\times A_{647})\times D$$

$$Chlb(mg.L^{-1})=(21/5\times A_{663})-(5/1\times A_{647})\times D$$

$$Chlab(mg.L^{-1})=(7/15\times A_{663})+(18/71\times A_{647})\times D$$

که در آنها Chla, Chlb, Chla+b به‌ترتیب محتوای کلروفیل a، b و مجموع کلروفیل a+b بر حسب میلی‌گرم در لیتر، A: میزان جذب نور توسط عصاره در طول موج‌های مربوطه و D: ضخامت خارجی کوت دستگاه اسپکتروفتومتر بر حسب سانتی‌متر است.

$$PC(mg.m^{2})=(V/1000\times 1/A)\times ChL(mg.L^{-1})$$

که در آن PC: محتوای کلروفیل برگ بر حسب میلی‌گرم در متر مربع، v: حجم استون ۸۰ درصد مورد استفاده، A: مساحت برگ مورد استفاده بر

Archive of SID

www.SID.ir

حسب متر مربع و Chl محتوای کلروفیل به‌دست آمده از فرمول‌های قبلی بر حسب میلی‌گرم در لیتر است.

پس از به‌دست آوردن مقدار کلروفیل (a+b) و مقدار Spad آنها که قبلاً اندازه‌گیری شده بود، رابطه‌ی رگرسیونی بین مقدار کلروفیل (a+b) و مقدار Spad به‌دست آمد که از طریق قرار دادن مقدار Spad سنجش شده از هر کرت به‌جای x معادله مقدار مجموع کلروفیل (a+b) بدست آمد. در این آزمایش معادله‌ی رگرسیونی بین مقدار Spad و محتوای کلروفیل قبل و بعد از محلول‌پاشی سوم متانول عبارت بود از :

$Y2=8.74x+46.27 \quad R^2=0.95$

$Y1=11.39x-19.3 \quad R^2=0.95$

در این آزمایش میزان محتوای رطوبت نسبی از طریق معادله زیر به‌دست آمد (Paknejad *et al.*, 2007).

$$\%\ RWC = \frac{F_w - D_w}{S_w - D_w} \times 100$$

F_W: وزن تر برگ، D_W: وزن خشک برگ و S_W: وزن اشباع برگ می‌باشد.

اندازه گیری محتوای کلروفیل، محتوای نسبی آب در سه مرحله، یعنی یک روز قبل و بعد از محلول‌پاشی‌ها انجام گرفت.

به منظور بررسی شاخص‌های فیزیولوژیک در طول فصل رشد جمعاً تعداد ۵ نمونه‌برداری و با توجه به شرایط مزرعه و رطوبت خاک به فاصله‌ی تقریبی دو هفته یک‌بار انجام گرفت و اولین نمونه‌برداری‌ها ۳۵ روز بعد از کاشت صورت گرفت. روش نمونه‌برداری بدین نحو بود که پس از حذف یک متر از ابتدا و انتهای هر کرت و همچنین حذف دو خط کناری به عنوان حاشیه، نمونه برداری در مساحت ۴/۸ متر مربع از اندام‌های هوایی برداشت شده و بوته‌ها بلافاصله در درون کیسه های پلاستیکی قرار داده شد و جهت بررسی‌های مختلف به آزمایشگاه منتقل گردیدند. در آزمایشگاه، اندام‌های مختلف برگ و ساقه جدا شد و در درون پاکت‌های کاغذی قرار گرفت و در آون با دمای ۷۵ درجه سلسیوس به مدت ۷۲ ساعت خشک و توسط ترازوی دقیق وزن شدند. به این ترتیب، مولفه‌های وزن خشک برگ و وزن خشک کل گیاه[۱] در طول دوره رشد اندازه‌گیری شدند. داده‌ها پس از جمع آوری به کمک نرم افزار SAS روابط وزن خشک برگ و وزن خشک کل با زمان با تحلیل رگرسیون (به روش گام به گام[۲]) مورد مطالعه قرار گرفته و روشن گردید که تغییرات وزن خشک برگ و کل گیاه از یک معادله درجه دوم پیروی می‌کنند که جهت کاهش وابستگی واریانس با میانگین از لگاریتم نپرین *(Ln)* هر کدام از این صفات استفاده به‌عمل آمد (Ramirez *et al.*, 2006; Ramberg *et al.*, 2002; Larsson *et al.*, 1998):

$$TDW = EXP\ (a + bx + cx^2)$$

در رابطه فوق a و b و c ضرایب رگرسیونی، x زمان، TDW ماده خشک کل می‌باشند (Taiz and Zeiger, 2001). کلیه محاسبات آماری با استفاده از نرم افزار SAS و مدل‌های ANOVA, GLM, REG انجام شد. معادلات برآورد ماده خشک تولیدی، وزن برگ با استفاده از روش رگرسیونی بین وزن خشک اندازه‌گیری شده به عنوان متغییر وابسته و روزهای پس از کاشت به‌عنوان متغییر مستقل انجام و پس از محاسبه a و b و c تعیین گردید و زمان پس از محاسبه ضرایب رگرسیونی و آزمون آن طبق فرمول‌های فوق‌الذکر تعیین گردید. تجزیه واریانس و محاسبات آماری صفات مورد مطالعه با استفاده از نرم افزار SAS انجام شد. مقایسه میانگین تیمارها از نظر

۱- Total dry weight

۲- Stepwise

Archive of SID

www.SID.ir

صفات مورد بررسی به روش دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت. برای رسم شکل از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که محتوای کلروفیل برگ و محتوای آب نسبی سلول (RWC) بعد از دومین و سومین محلول‌پاشی متانول در سطح احتمال ۱ درصد و عملکرد دانه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شدند، در حالی که بر محتوای آب نسبی و محتوای کلروفیل بعد از اولین محلول‌پاشی اثر معنی‌داری نداشت. با توجه به نتایج مندرج در جدول (۲) عملکرد دانه در تیمار ۲۰٪ حجمی متانول با میانگین ۲۵۶۳/۳ کیلوگرم در هکتار دارای بیشترین مقدار بوده و با عملکرد تیمار شاهد و سایر تیمارهای آزمایشی تفاوت معنی‌داری داشته و با افزایش مقدار متانول از ۳۰٪ به ۳۵٪ حجمی متانول عملکرد دانه کاهش پیدا کرد به طوری که حتی از عملکرد دانه تیمار شاهد هم کمتر شد که به اثر سمی متانول در غلظت‌های بالا نسبت داده می‌شود. بین تیمار ۲۵٪ و ۳۰٪، تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. محلول‌پاشی متانول در تیمار ۲۰٪، ۲۵٪ و ۳۰٪ حجمی متانول به ترتیب موجب افزایش ۳۲/۴۵، ۲۰ و ۲۷/۲ درصدی عملکرد دانه نسبت به تیمار شاهد (محلول پاشی با آب) شده است. طی بررسی‌های لای و همکاران (Li *et al*., 1995) مشخص شد که محلول‌پاشی متانول ۲۵ درصد حجمی، بیشترین اثر را بر رشد و افزایش عملکرد سویا داشت. همچنین محلول‌پاشی با غلظت ۳۰٪ باعث افزایش ۱۲ تا ۳۰٪ میزان عملکرد در لوبیا، چغندرقند و گوجه نسبت به شاهد شده است (Ivanova *et al* ., 2001). این نتایج با نتایج صفرزاده ویشکاهی (Safarazade Vishgahi *et al*., 2007) و رامیرز (Ramirez *et al*., 2006) و زبیک (Zbice *et al*., 2003) نیز مطابقت دارد. بررسی جداول تجزیه واریانس (جدول ۱) و مقایسه میانگین (جدول ۲) محتوای کلروفیل برگ لوبیا نشان داد که تفاوت‌های آماری بین میزان محتوای کلروفیل قبل و بعد از محلول‌پاشی‌ها وجود دارد به‌طوری که میزان محتوای کلروفیل قبل و بعد از محلول‌پاشی اول از نظر آماری معنی‌دار نشد. از طرفی تیمار ۲۵٪ حجمی متانول دارای بیشترین میزان کلروفیل بود ولی شرایط بعد از انجام محلول‌پاشی دوم و سوم کاملاً متفاوت شد، به‌طوری که بعد از انجام محلول‌پاشی دوم، کلیه‌ی تیمارها در گروهای آماری متفاوتی قرار گرفتند و تیمارهای ۲۰ و ۲۵ و ۳۰ درصد حجمی به ترتیب با داشتن میانگین‌های ۳۱۷ و ۳۱۷ و ۳۰۸ دارای بیشترین محتوای کلروفیل نسبت به تیمار شاهد و سایر تیمارها بودند. نکته قابل توجه این است که با افزایش سطوح محلول‌پاشی، میزان محتوای کلروفیل افزایش پیدا کرد و این افزایش تا تیمار ۳۰٪ حجمی ادامه داشته و پس از آن در تیمارهای ۲۸٪ و ۳۵٪ حجمی متانول کاهش پیدا کرد تا جایی که حتی کمتر از تیمار شاهد بودند. این مسئله نشان‌دهنده این است که مقادیر بالای مصرف متانول باعث تخریب محتوای کلروفیل می‌شود. صفرزاده ویشکاهی و همکاران (Safarazade Vishgahi *et al*., 2007) گزارش نمودند که مقادیر بالای مصرف متانول اثر منفی بر مقدار عدد اسپد دارد، در حالی که مقدار عدد اسپد در تیمارهای ۱۰٪ تا ۳۰٪ درصد حجمی متانول به تدریج در طول فصل رشد افزایش پیدا کرد. به هر حال استفاده از محلول‌پاشی متانول باعث افزایش میزان کلروفیل و افزایش ظرفیت فتوسنتزی در جهت افزایش ماده خشک می‌شود.

بر طبق گزارش‌های نانومورا و همکاران (Nonomiora and Benson, 1992)، متانول سبب مقاومت به تنش‌های محیطی در گیاهان می‌شود. بنابراین، می‌توان گفت متانول خاصیت ضد تنش و

Archive of SID

www.SID.ir

همچنین خنک کنندگی دارد. متانول در گیاهان محلول‌پاشی شده، خاصیت خنک کنندگی داشته و توانسته گیاه را از شوک گرما رها کند (Nonomiora and Benson 1992). بنابراین، افزایش مقدار کلروفیل می‌تواند با اکسیداسیون متانول در ارتباط باشد، زیرا وقتی بوته‌ها در شرایط کمبود آب با تنش اکسیداتیو و با بسته شدن روزنه‌ها و کاهش دی اکسید درون برگی روبه رو می‌شوند، در این شرایط متانول به راحتی توسط عصاره برگ به فرمالدئید اکسید شده و به راحتی در دسترس گیاه قرار می‌گیرد و باعث افزایش مقدار کلروفیل و در نهایت وزن خشک گیاه می‌شود (Ramberg *et al*., 2002). تئودورید و همکاران (Theodoridou *et al*., 2002) اعلام کردند که پس از کاربرد متانول بر روی گیاهان، محتویات درون سلولی و همچنین نسبت کلروفیل a به b در سلول‌های گیاهان افزایش پیدا می‌کنند. محلول‌پاشی متانول بر روی گیاهان دارای کمبود آب باعث افزایش غلظت کلروفیل در برگهای آنها می‌شود.

شرایط بعد از انجام محلول‌پاشی سوم نیز به همین صورت ادامه پیدا کرد و حتی اختلاف بین بوته‌های لوبیـــا از نظر محتوای کلروفیل بیشتر شد به‌طوری که ۲۴ ساعت بعد از محلول‌پاشی سوم متانول اختلاف معنی‌داری در سطح ۱٪ بین این سطوح و شاهد دیده شد و سطح شاهد در گروه آماری دیگری نسبت به سطوح محلول‌پاشی شده قرار گرفت. بیشترین مقدار محتوای کلروفیل متعلق به سطح ۲۵٪ و۳۰٪ حجمی متانول و کمترین آن نیز متعلق به شاهد بود. متانول به ترتیب سبب افزایش ۳۲٪ و۴۳٪ در مقدار محتوای کلروفیل شد (جدول ۳). راجالا و همکاران (Rajala *et al*., 1998) افزایش مقدار کلروفیل در گندم و یولاف را بعد از محلول‌پاشی متانول اعلام کردند. همچنین، در مطالعاتی که بر روی گوجه‌فرنگی و فلفل انجام شد محلول‌پاشی متانول به همراه گلیسین مقدار کلروفیل برگ‌ها را افزایش داد (Safarazade Vishgahi *et al*., 2007).

جداول تجزیه واریانس (جدول ۱) و مقایسه میانگین (جدول ۲) محتوای آب نسبی سلول نشان داد که تفاوت‌های آماری بین میزان محتوای آب نسبی سلول قبل و بعد از محلول‌پاشی‌ها وجود دارد، به طوری که محتـوای آب نسبی سلول قبل از محلول‌پاشی اول از نظر آماری معنی‌دار نشد از طرفی تیمارهای۲۰٪ و ۲۵٪ حجمی متانول دارای بیشترین میزان محتوای آب نسبی سلول بود ولی شرایط بعد از انجام محلول‌پاشی دوم و سوم کاملاً متفاوت بود، به طوری که بعد از انجام محلول‌پاشی دوم کلیه تیمارها در گروه‌های آماری متفاوتی قرار گرفتند و تیمارهای ۲۰٪ و ۲۵٪ و۳۰٪ به ترتیب با داشتن میانگین‌های ۷۸/۶، ۷۶/۷ و ۷۷/۵ دارای بیشترین محتوای آب نسبی سلول نسبت به تیمار شاهد و سایر تیمارها بودند. شرایط بعد از انجام محلول‌پاشی سوم قدری متفاوت بود، به این صورت که اختلاف بین بوته‌های لوبیا از نظر محتوای آب نسبی سلول بیشتر شد به طوری که ۲۴ ساعت بعد از محلول‌پاشی سوم متانول اختلاف معنی‌داری در سطح ۱٪ بین این سطوح و شاهد دیده شد و سطح شاهد در گروه آماری دیگری نسبت به سطوح محلول‌پاشی شده قرار گرفت. در این مرحله بیشترین مقدار محتوای آب نسبی سلول متعلق به سطح ۳۰٪ حجمی متانول و کمترین آن نیز متعلق به شاهد بود، در این شرایط متانول سبب افزایش ۴۴ درصدی در مقدار محتوای آب نسبی سلول شد (جدول ۲). نتایج به دست آمده با نتایج صفرزاده ویشگاهی (Safarazade Vishgahi *et al*., 2007) که در طی تحقیقات خود اظهار نمود که محلول‌پاشی باعث افزایش محتوای آب نسبی سلول در بادام زمینی شده است، مطابقت دارد. در این آزمایش درصد پروتئین در بین تیمارهای اعمال شده

Archive of SID

www.SID.ir

در سطح ۵٪ معنی دار گردید (جدول ۱) که با توجه به مقایسه میانگین انجام شده تیمارهای ۳۰٪ و ۲۰٪ و ۲۵٪ حجمی به ترتیب با میانگین‌های ۲۸/۸۴، ۲۸/۴۵ و ۲۷/۷۹ درصد بالاترین میانگین را دارا بودند و در این صفت نیز با افزایش غلظت از ۳۰٪ به ۳۵٪ درصد پروتئین دانه کاهش یافت به طوری که درصد پروتئین در تیمارهای ۳۵٪ و ۴۰٪ حجمی متانول از تیمار شاهد هم بسیار پایین‌تر بود و استفاده از متانول در سطح ۳۰٪ حجمی افزایش ۲۶/۷۱ درصدی را نسبت به تیمار شاهد به همراه داشت. این نتایج با نتایج صفرزاده ویشگاهی (Safarazade Vishgahi *et al*., 2007) که اظهار نمود محلول‌پاشی متانول در تیمارهای ۲۰ و۳۰٪ حجمی متانول باعث افزایش پروتین دانه بادام زمینی می‌شود، مطابقت دارد. با توجه به معنی‌داری درصد پروتئین، افزایش عملکرد دانه و تاثیر متانول بر عملکرد دانه را می‌توان یکی از علل تاثیرگذار در عملکرد پروتئین بیان نمود.

تجمع ماده خشک کل

در این مطالعه روند تغییرات وزن خشک بر اساس تاثیر محلول پاشی متانول مورد ارزیابی قرار گرفت. تغییرات ماده خشک در ابتدای رشد روند افزایشی داشت و این روند تا ۶۰ روز پس از کاشت ادامه یافت و پس از آن روند نزولی به خود گرفت. الگوی تجمع وزن خشک در این مطالعه با بسیاری از مطالعات مشابه در مورد حبوبات و دانه‌های روغنی مطابقت داشت (Ahmadi and Ceiocemardeh, 2004). تجمع ماده خشک کل حاصل از ۶ مرحله نمونه‌برداری برای تیمارهای متانول در شکل (۱) نمایش داده شده است. از ابتدای نمونه‌برداری تا زمان قبل از محلول‌پاشی اول تفاوتی بین تجمع ماده خشک در تیمارهای مختلف متانول مشاهده نشد، اما از ۵۵ روز پس از کاشت و پس از انجام دومین مرحله محلول‌پاشی، تفاوت‌های زیادی بین تجمع ماده خشک در تیمارهای محلول‌پاشی متانول دیده شد، به طوری‌که در این مرحله تیمارهای ۲۰ درصد، ۲۵درصد و ۳۰درصد حجمی متانول دارای بیشترین ماده خشک نسبت به سایر تیمارها بودند. پس از محلول‌پاشی سوم، اثر تیمارهای مختلف بر رشد گیاه سویا بیشتر مشخص شد و احتمالاً طی این دوره گیاه لوبیا به‌خوبی توانسته است با استفاده از گلایسین و متانول، تثبیت CO_2 را افزایش دهد (Nonomiora and Benson 1992).

از ۷۰ روز پس از کاشت در کلیه تیمارها تجمع ماده خشک به تدریج کاهش یافت و این روند تا آخرین مرحله نمونه‌برداری ادامه یافت، اما مقدار کاهش ماده خشک در بوته‌های تیمار شده با محلول‌های ۴۰ درصد و ۳۵ درصد حجمی متانول بیشتر از سایر تیمارها بودند. به نظر می‌رسد افزایش مقدار مصرف متانول از ۳۵درصد حجمی متانول به بعد، بر روی تثبیت CO_2 و نیز مقدار فتوسنتز خالص گیاه اثر منفی گذاشته است. این نتایج با نتایج صفرزاده ویشگاهی و همکاران (Safarazade Vishgahi *et al*., 2007) که در طی آزمایش خود اعلام نمودند محلول‌پاشی متانول موجب افزایش ماده خشک بادام‌زمینی در تیمارهای ۲۰ درصد و ۳۰ درصد حجمی متانول می‌شود، مطابقت دارد. عملکرد ماده خشک و بررسی اندام‌های گیاهی روشی دقیق و آسان برای ارزیابی پتانسیل تولید محصولات زراعی در شرایط محیطی مختلف می‌باشد (Ahmadi and Ceiocemardeh, 2004). بررسی‌های انجام شده در زمینه افزایش تولید ماده خشک توسط گیاهان پس از تیمار شدن با متانول نشان داده‌اند که تیمار کردن بسیاری از گیاهان سه کربنه با متانول در زمانی که دمای هوا به بالاتر از حد مطلوب برای رشد این گیاهان می‌رسد، باعث افزایش وزن خشک آنها می‌شود (Zbice *et al*., 2003; Rajala *et al*, 1998;

Archive of SID

www.SID.ir

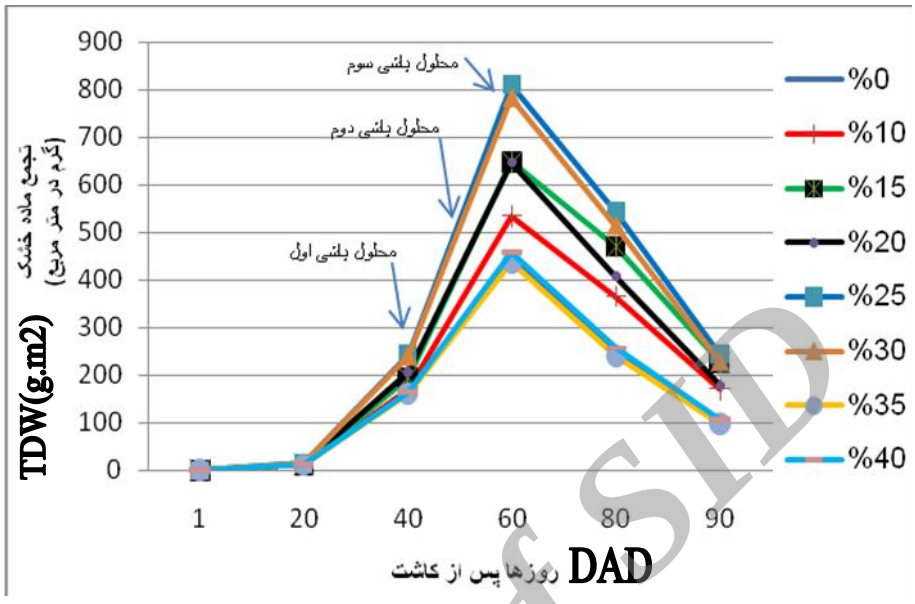
(Ramirez *et al*., 2006; Madhaiyan *et al*., 2006). به عبارت دیگر مصرف متانول می‌تواند روند افزایش وزن تر و وزن خشک گیاهان را تحریک کند و ارتباط نزدیکی بین مقدار افزایش وزن خشک گیاهان با مقدار متانول مصرف شده بر روی آنها وجود دارد (Zbice *et al*., 2003). محلول‌پاشی متانول و نیز مخلوطی از الکل‌های آلیفاتیک سرعت فتوسنتز و فعالیت PEPکربوکسیلاز را طی این دوره در گیاه بادام‌زمینی افزایش داده و باعث افزایش تولید ماده خشک در این گیاه شد (Safarazade Vishgahi *et al*., 2007). بررسی‌های انجام گرفته توسط تئودوریدو و همکاران (Theodoridou *et al*., 2002) نیز نشان داد که اثر متانول بر روی سیستم فتوسنتزی گیاه همانند اثر افـزایش غلظت CO_2 در اطراف گیـاه می‌باشد. بررسی‌های این محققین نشان داد که با مصرف متانول اندازه آنتن فتوسیستم‌ها (LHC) در مقایسه با مرکز واکنش آنها کاهش می‌یابد که این کاهش ناشی از کم شدن مقدار کل کلروفیل و نیز کاهش مقـدار کل پروتئین‌های آنتن فتوسیستم‌ها می‌باشد. کاهش اندازه آنتن فتوسیستم‌ها باعث زیاد شدن سرعت فتوسنتز و سرعت تنفس در گیاه شده و این امر تولید ماده خشک را افزایش می‌دهد (Rajala *et al*., 1998). به این ترتیب به نظر می‌رسد در اثر محلول‌پاشی بوته‌های لوبیا با محلول‌های ۲۰ تا ۳۰ درصـد حجمی متـانول، چنین اتفاقی در سطح برگ‌های این گیاه نیز رخ داده باشد. زیرا گزارش شده است که این باکتری‌ها بر روی سطح برگ‌های گیاه لوبیا نیز به تعداد زیاد وجود دارند (Gout *et al*., 2000). نتایج به دست آمده با نتایج صفرزاده ویشکاهی و همکاران (Safarazade Vishgahi *et al*., 2007; Nonomiora and Benson, 1992; Makhdum *et al*., 2002; Ramirez *et al*., 2006) نیز مطابقت می‌کند.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج آزمایش نشان داد که پارامترهای عملکرد دانه، محتوای کلروفیل، محتوای آب نسبی سلول تحت تیمارهای متانول قرار رفتند. محلول‌پاشی گیاه لوبیا با غلظت‌های ۲۰٪، ۲۵٪ و ۳۰٪ حجمی متانول باعث افزایش در میزان عملکرد دانه تولید شده در هکتار و محتوای کلروفیل و محتوای آب نسبی سلول آن گردید. غلظت ۳۰٪ حجمی و بالاتر در این آزمایش موجب گیاه سوزی و کاهش عملکرد دانه، درصد پروتین، محتوای کلروفیل، محتوای آب نسبی سلول و در پی آن کاهش میزان این پارامترها گردید، لذا مصـرف این ماده در این غلظت‌ها برای گیاه لوبیا نمی‌تواند مفید باشد.

Archive of SID

www.SID.ir



TDW M0=EXP (-1/69+0/25x-0/002x^2)
TDW M1 =EXP (-1/69+ 0/25x -0/002x^2)
TDW M2 =EXP (-1/68+ 0/25x -0/0019x^2)
TDW M3=EXP (-1/74+ 0/25x -0/0019x^2)
TDW M4 =EXP (-1/7+ 0/26x -0/0002x^2)
TDW M5 =EXP (-1/67+ 0/25x -0/002x^2)
TDW M6 =EXP (-1/72+ 0/25x -0/002x^2)
TDW M7 =EXP (-1/73+ 0/25x -0/002x^2)

شکل ۱- تاثیر محلول‌پاشی متانول بر وزن خشک کل

Figure 1- Effect of methanol spraying on TDW

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- تجزیه واریانس محتوی کلروفیل برگ (CHL) ، محتوای آب نسبی برگ (RWC)، عملکرد دانه (GY)

Table 1- Mean squares of grain yield, Relative Water Content (RWC) and chlorophyll concentration (Chl.ab) of bean

Mean Squares														
	محلول پاشی سوم				محلول پاشی دوم				محلول پاشی اول					
SOV	methanol After 3		methanol Before 3		After methanol 2		Before methanol 2		After methanol 1		Before methanol 1			
	CHL6	RWC6	CHL5	RWC5	CHL4	RWC4	CHL3	RWC3	CHL2	RWC2	CHL1	RWC1	Pro	GY
B	1302.96ns	18.71ns	429.70ns	51.07ns	1634.27ns	105.52ns	441.06ns	21.78ns	14071.37*	43.99ns	3415.67ns	21.07ns	31.49ns	93870.63ns
T	4201.06**	251.74**	2486.53*	290.79*	4143.27**	104.77**	1631.70ns	80.58ns	1267.01ns	221.69ns	2034.29ns	99.73ns	36.18*	398176.06*
E	421.88	46.40	840.60	115.61	633.05	37.02	1520.32	75.08	1230.14	229.78	5179.40	111.25	12.92	120356.93
CV	7.01	10.30	11.25	15.87	9.05	8.52	15.61	15.76	13.16	25.54	29.85	19.86	14.82	16.51

ns,* and **: non significant and significant at 5% and 1% levels of probability, respectively

ns، *، **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار درسطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱

جدول ۲- مقایسه میانگین محتوی کلروفیل برگ (CHL)، محتوای آب نسبی برگ (RWC)، عملکرد دانه (GY)

Table 2- Means grain yield and leaf Relative Water Content (RWC) and chlorophyll content in various concentration of methanol

سطوح متانول	محلول پاشی سوم				محلول پاشی دوم				محلول پاشی اول					
	After methanol 3		Before methanol 3		After methanol 2		Before methanol 2		After methanol 1		Before methanol 1			
	CHL6 (mg m^{-2})	RWC6 (%)	CHL5 (mg m^{-2})	RWC5 (%)	CHL4 (mg m^{-2})	RWC4 (%)	CHL3 (mg m^{-2})	RWC3 (%)	CHL2 (mg m^{-2})	RWC2 (%)	CHL1 (mg m^{-2})	RWC1 (%)	Pro (%)	GY (kg ha^{-1})
شاهد	291.10bc	55.98c	215.28b	61.22bc	273.61ab	66.81bc	235.40a	51.80a	261.96ab	57.23ab	231.12a	50.76a	22.8AB	1935.3bc
10%	261.96cd	56.97c	251.26ab	59.33bc	279.44a	68.64abc	251.39a	55.35a	267.78ab	62.20a	250.09a	54.84a	24.2AB	1962.7abc
15%	253.21d	69.05ab	258.13ab	74.07abc	276.53ab	73.31abc	279.89a	61.69a	288.19a	75.12ab	291.81a	61.01a	23.0AB	2018.5abc
20%	337.74a	70.80ab	280.64a	67.50abc	317.33a	78.67a	247.78a	54.55a	273.61ab	57.03ab	234.91a	51.52a	28.5A	2563.3a
25%	343.57a	74.44ab	284.64a	75.47ab	317.33a	76.71ab	289.30a	63.78a	285.27a	66.86ab	238.71a	61.94a	27.8A	2503.0ab
30%	326.08ab	80.46a	293.31a	84.99a	308.59a	77.58a	237.64a	52.30a	264.87ab	55.00ab	257.67a	50.43a	28.8A	2471.7ab
35%	267.78cd	64.66bc	257.21ab	63.66bc	232.81bc	65.03c	223.67a	49.19a	267.78ab	47.24b	212.15a	47.99a	22.7AB	1709.2c
40%	261.96cd	56.45c	219.74b	55.45c	218.24c	64.16c	232.55a	51.17a	221.15b	54.03ab	212.15a	46.20a	18.3B	1643.3c

میانگین‌های متعلق در هر کدام از صفاتی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند فاقد تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن مربوطه در سطح احتمال ۵درصد می‌باشند

Mean followed by similar letters in each column are not significant by different at 5 % levels.

Archive of SID

www.SID.ir

References منابع مورد استفاده

- Araus, J.L., T. Amaro, J. Voltas, H. Nakkoul, and M.M. Nachit. 1998. Chlorophyll fluorescence as a selection criterion for grain yield in durum wheat under Mediterranean conditions. *Field Crops Research*. 55: 209-223.
- Ahmadi, A., and A. Ceiocemardeh. 2004. Effect of drought stress on soluble carbohydrate, chlorophyll and proline in four adopted wheat cultivars with various climates of Iran. *Iranian J. Agric. Sci*. 35: 753-763. (In Persian).
- Castrillo, M., and I. Trujillo. 1994. Ribulose-1-5,bishosphate carboxylase activity, chlorophyll and protein content in two cultivars of French bean plants under water stress and rewatering. *Photosynthetic*. 30: 175-181.
- Flageaa, Z., B. Pastore, R.G. Campanile, and N. Di Fonzo. 1994. Photochemical quenching of chlorophyll fluorescence and drought tolerance in different durum wheat (*Triticum durum*) cultivars. *J. Agric. Sci. Cambridge*. 122(2): 183-192.
- Fall, R., and A.A. Benson.1996. Leaf methanol .*Trends Sci*. 296-301.
- Gout, E., S. Aubert, R. Bligny, F. Rebeille, and A.R. Nonomura. 2000. Metabolism of methanol in plant cells. Carbon-13 nuclear magnetic resonance studies. *Plant Physiol*. 123: 287– 296.
- Jabari, F., K. Postini, and A. Ahmadi. 2006. Effect of relation activity enzymes antioxidant on chlorophyll content and cell membrane stability of wheat cultivars. *Iranian J. Agric. Sci*. 37: 307-316. (In Persian).
- Ivanova. EG., N.V. Dornina, and Y.A. Trotsenko. 2001. Aerobic methylobacteria are capable of synthesizing auxins. *Microbiol*. 70:392-397.
- Liang, J., J. Zhang, and M. Woog. 1997. Can stomatal closure caused by xylem ABA explain the inhibition of leaf photosynthesis under soil drying? *Photosynthesis Research*. 51: 149-159.
- Li, Y., J. Gupta, and A.K. Siyumbano. 1995. Effect of methanol on soybean photosynthesis and chlorophyll. *J. Plant Nutr*. 18: 1875–1880.
- Larsson, E.H., J.F. Bornman, and H. Asp. 1998. Influence of UV-B radiation and CO_2 on chlorophyll fluorescence, growth and nutrient content in *Brassica napus*. *Journal of Experimental Botany*. 149(323): 1031-1039.
- Moffatt, J.M., R.G. Sears, and G.M. Paujsen. 1990. Wheat high temperature tolerance during reproductive growth: I. Evaluation by chlorophyll fluorescence. *Crop Sci*. 30(4): 881-885.
- Makhdum, M.I., M.N.A. Malik, S.U. Din, F. Ahmad, and F.I. Chaudhry. 2002. Physiological response of cotton to methanol foliar application. *J. Res. Sci*. 13: 37–43.
- Nonomura, A.M., and A.A. Benson. 1992. The path of carbon in photosynthesis: improved crop yields with methanol. *Proc. Natl. Acad. Sci*. 89: 9794–9798.

Archive of SID

www.SID.ir

- Paknejad, F., M. Nasri, H.R. Tohidi Moghadam, H. Zahedi, and M. Jami Alahmad. 2007. Effects of drought stress on chlorophyll fluoresence parameters chlorophyll content and grain yield of wheat cultivars. *Journal of Biological Sciences*. 7(6): 841-847.
- Por mousavi, M., M. Galavi, J. Danshiyan, A. Ghanbari, and N. Basirani. 2007. Effects of drought stress and manure on leaf relative water content, cell membrane stability and leaf chlorophyll content in soybean (*Glycine max*). *J. Agric. Sci. Nat. Resour*. 60: 125-134. (In Persian).
- Ramberg, H.A., J.S.C. Bradley, J.S.C. Olson, J.N. Nishio, J. Markwell, and J.C. Osterman. 2002. The role of methanol in promoting plant growth: An update. *Rev. Plant Biochem. Biotechnol*. 1: 113-126.
- Ramirez, I., F. Dorta, V. Espinoza, E. Jimenez, A. Mercado, and H. Pena-Cortes. 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
- Rajala, A., J. Karkkainen, J. Peltonen, and P. Peltonen-sainio. 1998. Foliar application of alcohols failed to enhance growth and yield of C_3 crops. *Ind. Crop. Prod*. 7: 129-137.
- Safarazade Vishgahi, M.N., G. Nourmohamadi, and I. Magidi. 2007. Effect of methanol on peanut function and yield components. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*. 33: 88-103. (In Persian).
- Samimi, N., J. Saba, and F. Shekari. 2007. Uesing of physiological treats under drought stress wheat cultivars with various. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*. 37: 307-314. (In Persian).
- Taiz, L., and E. Zeiger. 2001. Plant Physiology. Sinuate Associate Publisher.
- Theodoridou, A., D. Dornemann, and K. Kotzabasis. 2002. Light-dependent induction of strongly increased microalgal growth by methanol. *Biochim. Biophys. Acta*. 1573: 189–198.
- Zbiec, I., S. Karczmarczyk, and C. Podsiad. 2003. Response of some cultivated plants to methanol as compared to supplemental irrigation. *Elec. J. Polish Agri. Uni*. Agronomy. 6(1): 1-7.

Archive of SID

www.SID.ir