Iranian Journal of Field Crop Science
Vol 51, No 1, Spring 2020 (149-161)
DOI: 10.22059/ijfcs.2019.261109.654499

علوم گیاهان زراعی ایران
دورهٔ ۵۱، شمارهٔ ۱، بهار ۱۳۹۹ (ص۱۶۱-۱۴۹)

تاثیر مواد ضد تعرق بر عملکرد دانه و خصوصیات فتوسنتزی دو رقم گندم در شرایط تنش خشکی

روشنک منصف افشار*[۱]،خلیل جمشیدی[۲]،محمد رضایی[۳]،علیرضا یوسفی[۲] ولطیفه پوراکبر[۵]

۱- فارغ التحصیل دکتری، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه زنجان،۲و٤- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه زنجان،۳- استادیار، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ۵- دانشیار، گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه ارومیه.

(تاریخ دریافت:۱۳۹۷/٤/۳۱ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۲/٤)

چکیده

به منظور بررسی تاثیر مواد ضد تعرق بر خصوصیات فیزیولوژیکی گندم مانند میزان فتوسنتز و کلروفیل کل (کلروفیل *a* و *b*)، درصد پروتئین دانه، میزان عملکرد دانه، میزان تعرق و کارآیی مصرف آب فتوسنتزی ، آزمایشی بصورت اسپلیت پلات فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار، در سال ۹۵-۱۳۹٤، در ایستگاه تحقیقات کشاورزی میاندوآب استان آذربایجان‌غربی انجام شد. عامل آبیاری شامل قطع آبیاری از مرحله ظهور سنبله، قطع آبیاری از مرحله گلدهی (ظهور پرچم) و آبیاری کامل در کرت‌های اصلی بود وکرت‌های فرعی شامل تیمارهایمحلول‌پاشی با مواد ضد تعرق (پرومترین، کائولین، تماترم، کیتوسان و شاهد) و دو رقم گندم (زرین و میهن) بودند. نتایج نشان داد که تیمار پرومترین در مرحله قطع آبیاری در گلدهی نسبت به شاهد، دو میکرومول دی‌اکسید کربن بر متر مربع در ثانیه فتوسنتز هر دو رقم را افزایش داد. بیشترین میزان کلروفیل کل (٤/٦۹ میکروگرم بر گرم وزن تر)، به محلول‌پاشی کیتوسان در شرایط قطع آبیاری در مرحله ظهور سنبله و بیشترین میزان کلروفیل *a*، به تیمار کیتوسان (۲/٤۲ میکرو گرم بر گرم وزن تر) تعلق داشت. محلول‌پاشی کیتوسان در رقم زرین و همچنین در مرحله قطع آبیاری در مرحله ظهور سنبله، بیشترین میزان کلروفیل *b* را دارا بود. تیمار کیتوسان، بیشترین میزان پروتئین دانه را در مرحله قطع آبیاری در گلدهی (۱۲/۲۷ میلی گرم بر گرم وزن خشک) داشت و نسبت در رقم میهن به شاهد، موجب افزایش عملکرد دانه به میزان ۸٦۸ کیلوگرم در هکتار شد. کمترین میزان تعرق در مرحله قطع آبیاری در ظهور سنبله به‌دست آمد (۳/۸۳ میلی‌مول آب بر متر مربع در ثانیه). نتایج نشان داد که تاثیرات، بسته به زمان اعمال تنش و نوع رقم می‌تواند متغیر باشد و استفاده از مواد ضد تعرق، به‌ویژه کیتوسان می‌توانند موجب بهبود خصوصیات فتوسنتزی گندم میهن و عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی شود.

واژه‌های کلیدی: پروتئین، کلروفیل، کم آبی، کیتوسان.

Effect of antitranspirants on seed yield and photosynthetic properties of two wheat cultivars under drought stress

Roshanak Monsef Afshar*[1], Khalil Jamshidi[1], Mohammad Rezaei[2], Alireza Yoosefi[1], Latifeh PoorAkbar[3]

1. Agronomy and Plant Breeding Department, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, 2. Seed and Plant Improvement Research Department, West Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Urmia, 3. Biology Department Faculty of Science, Urmia University, Urmia.

(Received: July 22, 2018- Accepted: February 23, 2019)

ABSTRACT

To investigate the effect of antitranspirants on some physiological characteristics of wheat such as photosynthesis and total chlorophyll content (chlorophyll *a* and chlorophyll *b*), percent of seed protein, seed yield, transpiration rate, and photosynthetic water use efficiency under drought stress, a split plot experiment was conducted in randomized complete block design with three replications during 2015-2016 at Miandoab Agriculture Research Station, West Azarbaijan. Irrigation factors (complete irrigation, irrigation withholding at heading stages and flowering stages) were main plots and foliar applications of antitranspirants (Prometrin, Kaolin, Tmatrom, Chitosan and control) and two cultivars of wheat (Zarin and Mihan) were sub plots. Results showed that prometrin treatment in irrigation withholding at flowering stage increased photosynthesis at 2 µmol Co_2 m^{-2} s^{-1} compared to control. The highest total chlorophyll content (4.69 µg/g FW) was belonged to foliar application of chitosan at irrigation withholding at heading stage and the highest chlorophyll *a* was observed at chitosan treatment (2.42 µg/g FW). Foliar application of chitosan in Zarin cultivar at irrigation withholding at heading stage treatment had the highest chlorophyll *b* content. Chitosan treatment had the highest protein content at the irrigation withholding at flowering stage (12.27 mg/g DW) and increased yield by 868 kg/ha compared to control in Mihan cultivar. The lowest transpiration rate was obtained at irrigation withholding stage (3.83 mM H_2O m^{-2} s^{-1}). The results showed that the effects can be variable depending on the time of stress and the type of cultivar, Antitranspirants, especially chitosan, could improve the photosynthetic properties of wheat (Mihan cultivar) and seed yield under drought stress condition.

Keywords: Deficit irrigation, chitosan, chlorophyll, protein

* Corresponding author E-mail: afaharroshanak@znu.ac.ir

مقدمه

تنش خشکی و کمبود آب، به عنوان مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولید محصولات زراعی در سیستم‌های کشاورزی مناطق خشک و نیمه خشک می‌توانند با تاثیر بر ظرفیت بیوسنتزی گیاهان، موجب ایجاد آسیب‌هایی به گیاه، بهویژه در ارتباط با محتوی کلروفیل و کارتنوئیدها، افزایش پراکسیداسیون لیپیدها و پرولین شوند (Hayat *et al.*, 2012). به‌طورکلی، تولید موفقیت‌آمیز گیاهان زراعی در مناطقی که دارای خشکی‌های مکرر و تنش کمبود آب هستند، با کاربرد روش‌هایکاهنده مقدار تبخیر و تعرق ، بهبود می‌یابد (Sheikha & Malki, 2011). ساختار برگ به‌گونه‌ای است که این امکان را فراهم می‌آورد که دو فرآیند متضاد یعنی به حداقل رساندن تلفات آبی برای جلوگیری از پسابیدگی سلول و در عین حال دسترسی به دی‌اکسیدکربن اتمسفری، به نحو متعادل‌تری انجام پذیرند. عدم رشد مطلوب گیاهان به‌خاطر کمبود رطوبت ناشی از عمل تعرق، عامل اصلی زیان اقتصادی و عدم موفقیت در تولید محصول در سراسر جهان است (Ibrahim & Selim, 2010). با این حال، اگر راهی عملی برای کاهش این مقدار تعرق (بیش از ۹۵٪) یافت شود، نیاز به آب خصوصاً در مناطق خشک، تا حدود زیادی کم می‌شود؛ بدین ترتیب، با کاهش تعداد دفعات آبیاری از طریق کاهش سرعت تخلیه آب از خاک، با استفاده از یک ماده ضد تعرق می‌توان فواصل آبیاری را طولانی‌تر نمود و راندمان آبیاری را افزایش داد و تا حدودی کاهش عملکرد ناشی از کمبود آب را جبران نمود. کاربرد مواد ضد تعرق، یک ابزار نوید بخش برای تنظیم تعرق برای حفظ آب گیاه در حد مطلوب است (Goreta *et al.*, 2007). هدف اولیه کاربرد مواد ضد تعرق، بهبود رشد گیاه از طریق افزایش پتانسیل آب آن است (Abu-Hadid *et al.*, 1994). این مواد، ترکیباتی شیمیایی هستند که برای تنظیم تعرق گیاهان و حفظ وضعیت مناسب رطوبتی به کار می‌روند (Del Amor *et al.*, 2010). Moradi-Ghahderijani *et al.* (2017) گزارش نمودند که کاربرد زئولیت و سیلیکات کلسیم، موجب بهبود عملکرد دانه آفتابگردان، تحت تنش ملایم خشکی شدند. نتایج تحقیقات نشان داد که ماده ضد تعرق کائولین، موجب افزایش محتوای نسبی آب برگ و افزایش کارایی آب در گیاه زیتون و افزایش کارایی و فعالیت فتوسنتزی بوته‌های سیب‌زمینی در شرایط تنش خشکی شده است(Moftah & Al-Humid., 2005; Burme *et al.* 2011). همچنین Farouk & Ramadan-Amany., (2012) بیان داشتند که محلول‌پاشی ماده ضد تعرق کیتوسان، موجب افزایش ضخامت پهنک برگ و بافت مزوفیل برگی در گیاه نخود شده است. با محلول‌پاشی مواد ضد تعرق بر روی برگ‌های گیاه فلفل، میزان تعرق و هدایت روزنه‌ای کاهش یافت (Del Amor *et al.*, 2010). به منظور کاهش اثرات منفی تنش خشکی، مصرف برگی آترازین با غلظت کم به‌عنوان یک ماده ضد تعرق، با افزایش محتوای نسبی آب، هدایت مزوفیلی و سرعت فتوسنتز و کاهش دمای کانوپی می‌تواند بسیار سودمند واقع شود (Bagheri *et al.*, 2012). تنش خشکی، از مهم‌ترین و شایع‌ترین علل افت عملکرد گندم در اغلب نقاط جهان است. بخش وسیعی از اراضی زیر کشت گندم ایران، در مناطقی با آب و هوای خشک و نیمه خشک واقع شده است. در این مناطق، بخش اصلی بارندگی سالیانه در زمستان و اوایل بهار به‌وقوع می‌پیوندد و از اواسط بهار، همزمان با کاهش بارندگی و رطوبت محیط، دمای هوا نیز به شدت افزایش می‌یابد که این زمان، منطبق بر انتهایی مراحل گرده‌افشانی و پر شدن دانه گندم است (Ahmadi *et al.*, 2009). از این رو، شناسایی ارقام مقاوم و نیز مطالعه ساز و کارهای افزایش‌دهنده مقاومت به تنش خشکی آخر فصل، از راهکارهای مناسب ممانعت از افت عملکرد گندم در آینده خواهد بود. هدف از این تحقیق، بررسی تأثیرمحلول‌پاشی مواد ضد تعرق بر خصوصیات فتوسنتزی دو رقم گندم، تحت تنش خشکی و مطالعه نقش این مواد در تعیین چگونگی مقاومت یا حساسیت به خشکی در ارقام مختلف گندم بود.

مواد و روش‌ها

شرایط و نحوه کشت

این آزمایش در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴، در ایستگاه تحقیقات کشاورزی میاندوآب، واقع در ۱۰ کیلومتری شهرستان میاندوآب در استان آذربایجان‌غربی، به‌صورت اسپلیت پلات فاکتوریل و در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار، در تاریخ ۲۰ مهرماه انجام شد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل انجام آزمایش

Table1- Soil physiochemical characteristics of the experimental site

Soil texture	Clay (%)	Silt (%)	Sand (%)	Carbonate Calcium (%)	Saturation Humidity (%)	pH
Silt	25	56	19	11.5	31	8
EC (ds/m)	T.N	O.C (%)	Zn (mg/kg)	Fe (mg/kg)	K (mg/kg)	P (mg/kg)
0.83	0.12	0.83	0.71	6.28	237	11.2

عامل آبیاری شامل قطع آبیاری از مرحله ظهور سنبله، قطع آبیاری در مرحله گلدهی (ظهور پرچم) و آبیاری کامل در کرت‌های اصلی بود. کرت‌های فرعی شامل تیمارهای محلول‌پاشی با مواد ماده ضد تعرق پرمترین (تولید شرکت لیدز هند و به سفارش شرکت بازرگانی سپند پارس)، کائولین (تولید شرکت بایر آلمان و به سفارش شرکت افرا سم)، تماترم (تولید شرکت توماگرو اینترنشنال کشور هلند[1]) و کیتوسان (محصول شرکت زیگما آلدریچ[2] آمریکا)، شاهد و دو رقم گندم (زرین و میهن) بودند که به‌صورت فاکتوریل، در کرت‌هایی به طول چهار متر و عرض ۱/۲ متر، با فاصله ردیف ثابت ۲۰ سانتی‌متر و در شش ردیف کاشته شدند. بر اساس غلظت، اندازه‌گیری‌ها در آزمایشگاه انجام شد و در محل مورد آزمایش به حجم مورد نظر رسید و محلول‌پاشی شد. غلظت محلول‌پاشی تماترم، پرمترین، کائولین و کیتوسان به ترتیب ۲۰، سه، ۴۰ و پنج میلی‌لیتر بر لیتر و فشار محلول‌پاشی، ۱/۵ بار بود. محلول‌پاشی با این مواد، حدود یک هفته قبل از اعمال تیمارهای آبیاری صورت گرفت که مصادف با مرحله طویل شدن ساقه (بوتینگ) بود. بر اساس داده‌های ایستگاه هواشناسی واقع در محل آزمایش و جمع آوری داده‌های هواشناسی از اول فروردین ماه، میزان آب مورد نیاز هر کرت، بر اساس تبخیر از تشتک کلاس A تعیین شد و با انجام محاسبات ، حجم آب مورد نیاز آبیاری تعیین شد. برای یکسان نمودن حجم آب آبیاری، از کنتور و لوله‌های آبیاری تحت فشار استفاده شد تا در تمام فصل زراعی، مقدار آب مصرف شده در هر کرت ثابت باشد. بنابر این حجم آب مصرفی برای هر دوره آبیاری، با توجه به مقدار تبخیر و تعرق گیاه مرجع، ۰/۳ متر مکعب برای هر کرت (معادل ۶۵۰ متر مکعب در هکتار) بود. کل بارندگی و متوسط دمای هوای ماهانه، رطوبت نسبی هوا و حداقل دمای خاک در شکل یک نشان داده شده است.

صفات مورد اندازه گیری

ده روز پس از اعمال تیمار آبیاری (اواسط خرداد)، میزان کلروفیل، تعرق، فتوسنتز و راندمان مصرف آب اندازه‌گیری شد و اندازه‌گیری میزان عملکرد و پروتئین دانه در مرحله رسیدگی دانه صورت پذیرفت. برای اندازه‌گیری صفات، از هر واحد آزمایشی، به‌طور تصادفی ۱۰ بوته از دو ردیف وسط و با حذف اثر حاشیه‌ها (یک ردیف کاشت از دو طرف و نیم متر از ابتدا و انتهای کرت حذف شد) برداشت شدند و پس از اندازه‌گیری صفات میزان فتوسنتز و کلروفیل کل، کلروفیل a و b، درصد پروتئین دانه، عملکرد دانه، میزان تعرق و کارآیی مصرف آب فتوسنتزی ، میانگین آن‌ها ثبت شد.

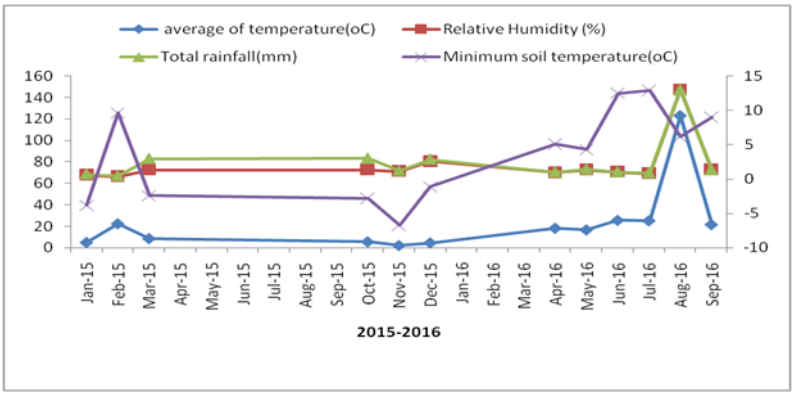
برای اندازه‌گیری رنگیزه‌های فتوسنتزی کلروفیل، از روش آرنون (Arnon, 1949) استفاده شد. میزان پروتئین با استفاده از روش گود و استیون (Good & Steven, 1994) اندازه‌گیری شد؛ بدین صورت که ابتدا

[1] - Tomagro International
[2] - Sigma Aldrich

درصد نیتروژن خام موجود در برگ گیاهان، به روش کجلدال اندازه‌گیری شد و سپس مقدار نیتروژن خام حاصل، در عدد ۶/۶ ضرب شد. برای اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیکی، برگ پرچم گیاه، درون اتاقک اندازه‌گیری (چمبر) دستگاه فتوسنتزمتر ایرگا (مدل Lci , ADC - Co. U. K)، ساخت کشور انگلستان طوری قرار گرفت که سطح فوقانی بر به طرف بالا قرار گیرد تا نور کافی دریافت کند. اندازه‌گیری در ساعت ۱۱ صبح و در شدت نور معادل ۱۴۰۰ -۱۲۰۰ میکرومول فوتون بر متر مربع بر ثانیه انجام شد (Fischer *et al.*,1998). در نهایت، سرعت فتوسنتز بر حسب میکرومول Co_2 بر متر مربع بر ثانیه و شدت تعرق برحسب میلی‌مول آب بر متر مربع بر ثانیه، با استفادهاز میانگین سه قرائت، ثبت شد. برای تعیین کارآیی مصرف آب فتوسنتزی بر حسب میکرومول Co_2 بر مول آب، از معادله ۱ استفاده شد (Ritchie *et al.*,1990):

$$WUE= An/T \quad \text{معادله ۱}$$

در این رابطه: WU:، کارایی مصرف آب فتوسنتزی؛ An، سرعت فتوسنتز و T، میزان تعرق است



شکل ۱- بارندگی کل، میانگین دمای ماهانه، حداقل دمای خاک و رطوبت نسبی در سال‌زراعی ۹۵-۱۳۹۴ در منطقه میاندوآب

Figure 1. Total rainfall, average monthly air temperature, minimum Soil temperature and relative humidity in 2015-2016 growing seasons in Miandoab

آنالیز آماری

برای آنالیز داده‌ها و رسم نمودارها، بعد از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، از نرم افزار SAS نسخه ۹/۱ استفاده شد. مقایسات میانگین، با استفاده از آزمون LSD و در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت.

نتایج وبحث

میزان فتوسنتز

بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲)، اثر اصلی آبیاری و اثر متقابل آبیاری × محلول‌پاشی بر میزان فتوسنتز، در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود و اثرات اصلی بلوک، محلول‌پاشی، رقم و اثرات متقابل آبیاری × رقم، محلول‌پاشی × رقم و اثرات سه جانبه آبیاری × محلول‌پاشی × رقم معنی‌دار نبودند. میزان فتوسنتز در شرایط بدون محلول‌پاشی نسبت به محلول‌پاشی مواد ضد تعرق پایین بود و کمترین میزان، به تیمار شاهد در قطع آبیاری در مرحله ظهور سنبله (۵/۶۹ میکرومول دی‌اکسید کربن بر متر مربع در ثانیه) تعلق داشت. بیشترین میزان فتوسنتز، در تیمار قطع آبیاری در مرحله گلدهی و محلول‌پاشی ماده پرومترین مشاهده شد (۱۱/۹۳میکرومول دی‌اکسید کربن بر متر مربع در ثانیه) و این تیمار نسبت به شاهد (۹/۳ میکرومول دی‌اکسید کربن بر متر مربع در ثانیه)، فتوسنتز را به میزان ۲ میکرومول دی‌اکسید کربن بر متر مربع در ثانیه افزایش داد. در مرحله قطع آبیاری در ظهور سنبله، تیمار تماترم (۸/۳ میکرومول دی‌اکسید کربن بر متر مربع در ثانیه) نسبت به سایر تیمارها، میزان فتوسنتز بیشتری داشت. در کل، با قطع آبیاری در مرحله ظهور سنبله، میزان فتوسنتز نسبت به سایر مراحل کمتر شد (شکل ۲).

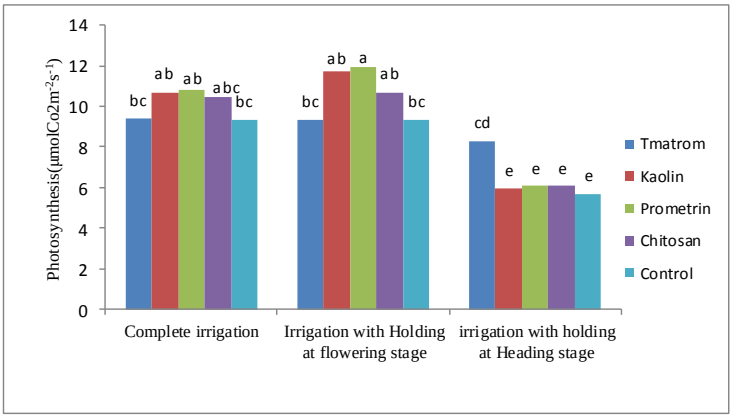
جدول ۲- آنالیز واریانس دو رقم گندم تحت تیمارهای آزمایش

Table 2- Variance analyze of two wheat cultivar under experimental treatments

S.O.V	df	Photosynthesis	Total Chlorophyll	Chlorophyll *a*	Chlorophyll *b*	Seed protein	Seed yield	Water use efficiency	Transpiration
Block	2	41.02^{ns}	0.50^{ns}	0.14^{ns}	0.01^{ns}	0.06^{ns}	18834669.70**	1.34^{ns}	2.70^{ns}
Irrigation(A)	2	149.60*	5.005	1.10^{ns}	0.89^{ns}	1.08**	6762520.10*	0.005^{ns}	49.93*
Error	4	8.83	0.42	0.23	0.18	0.13	660497.70	0.27	4.90
Foliar application(B)	4	0.93^{ns}	0.71**	0.25*	0.28**	2.01**	668982.06^{ns}	0.23^{ns}	1.54^{ns}
Cultivar(C)	1	6.88^{ns}	0.04^{ns}	0.02^{ns}	0.002^{ns}	1.75**	15413222.50**	0.17^{ns}	0.07^{ns}
A*B	8	8.90*	0.40*	0.17^{ns}	0.14*	0.65**	1753954.05*	0.26^{ns}	1.32^{ns}
A*G	2	0.17^{ns}	0.10^{ns}	0.30^{ns}	0.16^{ns}	0.15^{ns}	52034.50^{ns}	0.09^{ns}	1.08^{ns}
B*G	4	2.19^{ns}	0.09^{ns}	0.08^{ns}	0.19*	0.41*	2150180.44*	0.04^{ns}	1.03^{ns}
A*B*G	8	3.47^{ns}	0.19^{ns}	0.07^{ns}	0.13^{ns}	0.76**	756898.30^{ns}	0.14^{ns}	1.08^{ns}
Sub error	54	3.24	0.17	0.10	0.06	0.11	623002.40	0.24	1.40
C.V(%)	-	19.70	10.56	13.76	16.09	3.00	13.43	17.76	12.20

^{ns}، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی دار و معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

^{ns}, * and **: non-significant, significant at 5% and 1% probability levels, respectively



شکل۲- اثر متقابل قطع آبیاری × محلول‌پاشی مواد ضد تعرق بر فتوسنتز برگ (در هر تیمار قطع آبیاری، حروف غیر مشابه، نشان دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، بر اساس آزمون LSD می‌باشند).

Figure 2. Interaction effects of deficit irrigation, foliar application of antitranspirants on leaf photosynthesis (in each irrigation treatment followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using LSD test).

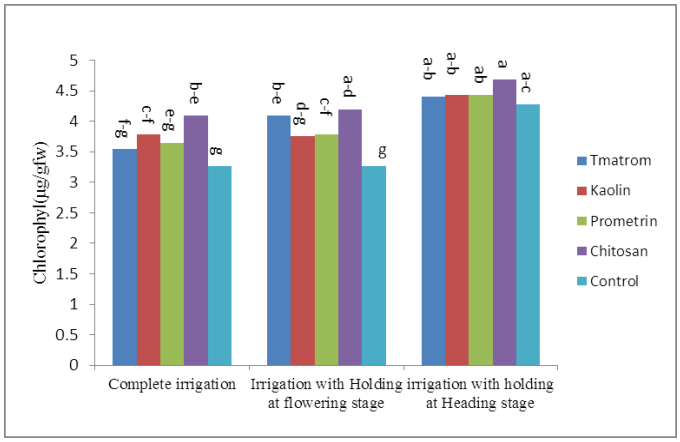
در مطالعات دیگر نیز کاهش سرعت فتوسنتز تحت تنش خشکی گزارش شده است (Abdoli & Saeidi, 2012). گیاهانی که در شرایط تنش خشکی در حال رشد می‌باشند، در مقایسه با گیاهان در حال رشد در شرایط کنترل شده، سرعت فتوسنتز پایین‌تری دارند زیرا به‌منظور جلوگیری از هدر رفت آب، هدایت روزنه-ای خود را کاهش می‌دهند و به‌دنبال آن، تثبیت دی‌اکسیدکربن کاهش می‌یابد؛ بنابراین رشد و عملکرد نیز کمتر می‌شود (Rohi & Siosemardeh, 2009). مواد فتوسنتزی تحت تأثیر تنش خشکی قرار می‌گیرند و موجب اشباع برگ‌ها از این مواد می‌شوند و فتوسنتز را محدود می‌سازند. تنش خشکی، ضمن کاهش سطح برگ، بر سرعت پیری آن نیز می‌افزاید و بدین وسیله می‌تواند میزان تولید را خیلی بیشتر از آنچه به علت اثرات ناشی از کاهش شدت فتوسنتز خالص تقلیل می‌یابد، کاهش دهد (Taiz & Zeiger, 2006). افزایش اسیمیلاسیون کربن و فتوسنتز در نتیجه کاربرد مواد ضد تعرق، توسط محققان بسیاری گزارش شده است (Steiman *et al.*,2007Vaast *et al.*, 2006; Bagheri *et al.*(2012) افزایش فتوسنتز و عملکرد دانه در بوته گلرنگ با استفاده از ماده ضد تعرق آترازین را گزارش نمودند.

میزان کلروفیل کل، کلروفیل *a* و کلروفیل *b*:

اثرات اصلی آبیاری و اثر متقابل آبیاری × محلول‌پاشی در سطح احتمال پنج درصد و اثر اصلی محلول‌پاشی

مواد ضد تعرق در سطح احتمال یک درصد بر میزان کلروفیل کل معنی‌دار بود و اثرات اصلی بلوک، رقم و اثرات متقابل آبیاری × رقم، محلول‌پاشی × رقم و اثرات سه جانبه آبیاری × محلول‌پاشی × رقم بر میزان کلروفیل کل معنی‌دار نبودند. اثر اصلی محلول‌پاشی در سطح احتمال پنج درصد بر میزان کلروفیل *a* معنی‌دار بود اما تاثیر بلوک، آبیاری، رقم و اثرات متقابل آبیاری × محلول‌پاشی، آبیاری × رقم، محلول‌پاشی × رقم و اثرات سه جانبه آبیاری × محلول‌پاشی × رقم بر میزان کلروفیل *a* معنی‌دار نبود (جدول ۲). تاثیر محلول‌پاشی در سطح احتمال یک درصد و اثرات متقابل آبیاری × محلول‌پاشی و محلول‌پاشی × رقم در سطح احتمال پنج درصد بر میزان کلروفیل *b* معنی‌دار بود و اثرات اصلی بلوک، آبیاری، رقم و اثرات متقابل آبیاری × رقم و اثرات سه جانبه آبیاری × محلول‌پاشی × رقم بر میزان کلروفیل *b* معنی‌دار نبود.

بیشترین میزان کلروفیل کل (۴/۶۹ میکرو گرم بر گرم وزن تر)، به تیمار محلول‌پاشی کیتوسان در شرایط قطع آبیاری در مرحله ظهور سنبله تعلق داشت؛ هرچند بین این تیمار و سایر مواد ضد تعرق، تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. در شرایط آبیاری کامل، کمترین میزان کلروفیل کل به دست آمد و تیمارهای شاهد نیز کلروفیل کل کمتری داشتند و کمترین میزان کلروفیل کل، در تیمار شاهد در شرایط آبیاری کامل (۳/۲۷ میکروگرم بر گرم وزن تر) مشاهده شد. در تیمار محلول‌پاشی کیتوسان در کلیه مراحل تنش نسبت به سایر مواد ضد تعرق، میزان کلروفیل بیشتری وجود داشت که موجب شد تا سطح کلروفیل کل در سطح بالایی حفظ شود (شکل ۳).



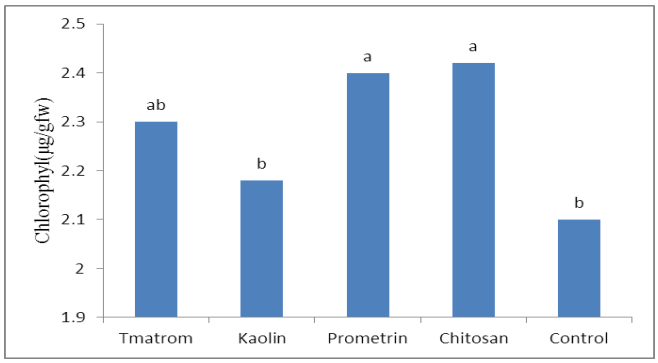
شکل۳- اثر متقابل قطع آبیاری × محلول‌پاشی مواد ضد تعرق بر میزان کلروفیل کل برگ (در هر تیمار قطع آبیاری، حروف غیر مشابه نشان دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، بر اساس آزمون LSD می‌باشند)

Figure 3. Interaction effects of deficit irrigation × foliar application of antitranspirants on total chlorophyll (in each irrigation treatment followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using LSD test).

بیشترین میزان کلروفیل *a* مربوط به تیمار کیتوسان (۲/۴۲ میکروگرم بر گرم وزن تر) بود و این تیمار و تیمار پرومترین، تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند. کمترین میزان کلروفیل *a* (۲/۱۰ میکرو گرم بر گرم وزن تر) از تیمار شاهد به دست آمد (شکل ۴).

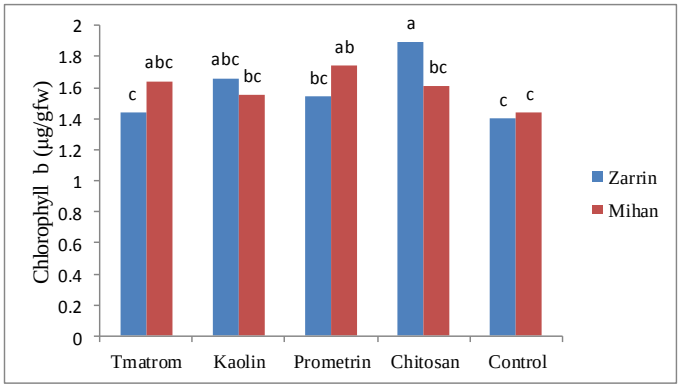
بیشترین میزان کلروفیل *b* مربوط به تیمار محلول-پاشی کیتوسان در رقم زرین بود (۱/۸۹ میکروگرم بر گرم وزن تر) و محلول‌پاشی کائولین نیز موجب افزایش میزان کلروفیل *b* در رقم زرین نسبت به میهن شد. در سایر تیمارها، میزان کلروفیل *b* رقم میهن، بیشتری از رقم زرین بود و تیمارهای شاهد، کلروفیل *b* کمتری داشتند (شکل ۵). بر اساس نتایج مقایسه میانگین (شکل ۶) که نشان‌دهنده اثر متقابل قطع آبیاری × محلول‌پاشی مواد ضد تعرق بر میزان کلروفیل *b* برگ بود، بیشترین میزان کلروفیل *b*، به مرحله قطع آبیاری در مرحله ظهور سنبله و تیمار کیتوسان تعلق داشت

(۱/۹۴ میکرو گرم بر گرم وزن تر) و تیمارهای کاربردی در کلیه مراحل نسبت به تیمارهای شاهد، میزان کلروفیل *b* بیشتری داشتند و کمترین میزان کلروفیل *b* مربوط به تیمار شاهد (۱/۱۲ میکروگرم بر گرم وزن تر) در مرحله قطع آبیاری در شروع گلدهی بود.



شکل۴- اثر محلول‌پاشی مواد ضد تعرق بر میزان کلروفیل *a* برگ (حروف غیر مشابه، نشان دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، بر اساس آزمون LSD می باشند).

Figure 4. The effect of foliar application of antitranspirants on chlorophyll *a*. (Means followed by similar letter (s) are not significantly different at 5% probability level, using LSD test).



شکل۵- اثر متقابل رقم × محلول‌پاشی مواد ضد تعرق بر میزان کلروفیل *b* برگ (در هر تیمار مواد ضد تعرق، حروف غیر مشابه، نشان دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، بر اساس آزمون LSD می‌باشند).

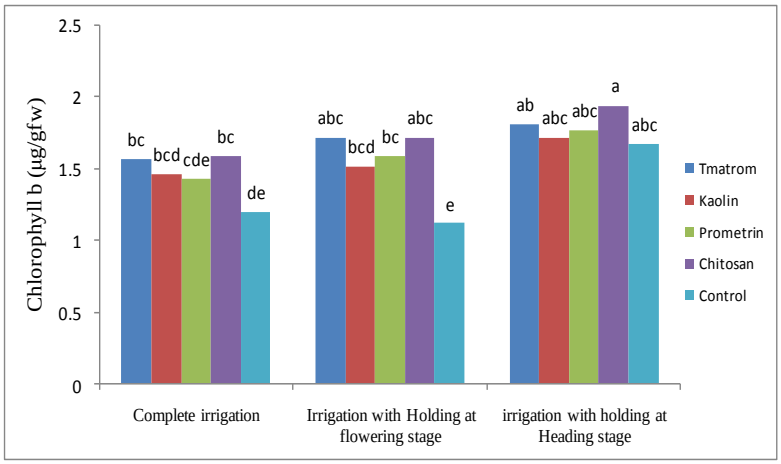
Figure 5. Interaction effects of cultivar × foliar application of antitranspirants on chlorophyll *b*. (in each antitranspirants treatment, means followed by similar letter (s) are not significantly different at 5% probability level, using LSD test).

خشکی باعث شکسته شدن کلروپلاست‌ها و کاهش میزان کلروفیل می‌شود. در اثر خشکی، تشکیل پلاستیدهای جدید کلروفیل *a* و *b*، کاروتن، وایلوگزانیتن و نئوگزانیتن کاهش می‌یابد و نسبت کلروفیل *a* به کلروفیل *b* تغییر می‌یابد (Kafi *et al*., 2009). کاهش محتوای کلروفیل برگ تحت شرایط کمبود آب، به دلیل کاهش بیوسنتز کلروفیل *a* گزارش شده است. کاربرد مواد ضد تعرق در چنین شرایطی، با کاهش تعرق و افزایش وضعیت رطوبتی برگ‌ها، تشکیل کلروفیل را افزایش داد (Prakash & Ramachandran, 2000). Farouk & Ramadan- Amany (2012) گزارش کردند که تنش خشکی در نخود، باعث کاهش درصد کلروفیل و غلظت کربوهیدرات‌ها در شاخه‌ها می‌شود و Abdel-Kareem- Sheikha (2009) نیز نشان داد که کاربرد ماده ضد تعرق کیتوسان در گیاه لوبیا، موجب افزایش کلروفیل می‌شود.

درصد پروتئین دانه

اثرات اصلی آبیاری، محلول‌پاشی مواد ضد تعرق و رقم،

در سطح احتمال یک درصد و اثرات متقابل آبیاری × محلول‌پاشی و اثرات سه جانبه آبیاری × محلول‌پاشی × رقم در سطح احتمال یک درصد و نیز اثر متقابل محلول‌پاشی × رقم در سطح احتمال پنج درصد بر میزان پروتئین دانه معنی‌دار بود و تاثیر بلوک و اثر متقابل آبیاری × رقم بر میزان پروتئین دانه معنی‌دار نبود (جدول ۲). بر اساس شکل ۷، در تمامی مراحل قطع آبیاری، و محلول‌پاشی کیتوسان، رقم زرین بیشترین میزان پروتئین دانه را داشت و بیشترین میزان آن، در تیمار قطع آبیاری در مرحله گلدهی (۱۲/۲۷ میلیگرم بر گرم وزن خشک) مشاهده شد. تیمارهای شاهد، میزان پروتئین دانه کمتری داشتند و کمترین میزان پروتئین دانه،به تیمار شاهد در رقم میهن در مرحله قطع آبیاری در ظهور سنبله (۱۰/۳۶ میلیگرم بر گرم وزن خشک) تعلق داشت.



شکل ۶- اثر متقابل قطع آبیاری × محلول‌پاشی مواد ضد تعرق بر میزان کلروفیل *b* برگ (در هر تیمار قطع آبیاری، حروف غیر مشابه نشان دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد با آزمون LSD می‌باشند).

Fig 6- Interaction effects of deficit irrigation × foliar application of antitranspirants on chlorophyll *b*. (in each irrigation treatment, means followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using LSD test).

کاهش معنی‌دار پروتئین در گیاهچه‌ها را می‌توان هم به تخریب پروتئین و هم به کاهش سنتز آن نسبت داد. به‌نظر می‌رسد که کاهش پتانسیل آب در برگ‌ها، موجب کاهش قابل توجهی در پلی ریبوزوم‌ها و مونوریبوزوم‌ها می‌شود که این امر، بیانگر کاهش سنتز پروتئین‌ها می‌باشد. همچنین رادیکالهای آزاد اکسیژن، میل ترکیبی بالایی با پروتئین‌ها دارند و سبب اکسید شدن آن‌ها می‌شوند (Popova *et al*., 2008). می‌توان گفت که مواد ضد تعرق، موجب افزایش فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی و همچنین جلوگیری از تخریب پروتئین‌ها و در نتیجه افزایش میزان پروتئین می‌شوند.

عملکرد دانه

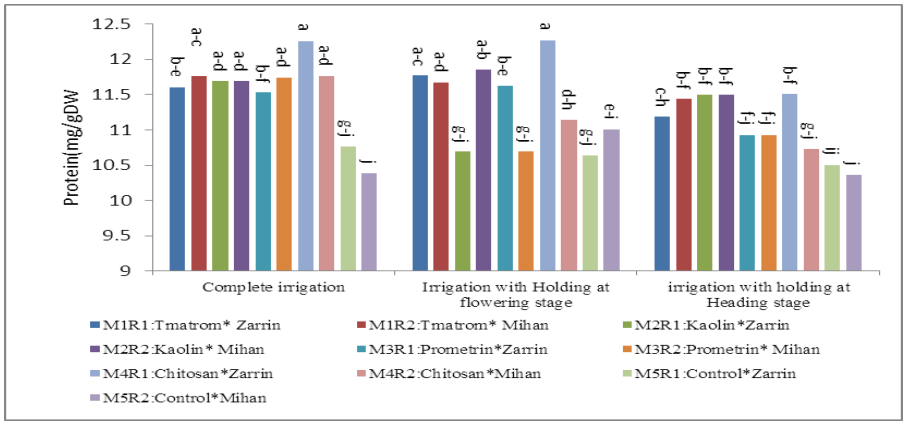
اثر بلوک و اثر اصلی رقم در سطح احتمال یک درصد، اثر اصلی آبیاری در سطح احتمال پنج درصد و اثر متقابل آبیاری × محلول‌پاشی و محلول‌پاشی × رقم در سطح احتمال پنج درصد بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۲) اما اثر اصلی محلول‌پاشی و اثرات سه جانبه آبیاری × محلول‌پاشی × رقم بر میزان عملکرد دانه معنی‌دار نبود (جدول ۲).

بیشترین میزان عملکرد دانه (۷۰۰۳ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار کیتوسان و رقم میهن بود؛ هرچند بین این تیمار و سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری وجود نداشت و این تیمار نسبت به شاهد در رقم میهن (۶۱۳۵ کیلوگرم در هکتار)، موجب افزایش ۸۶۸ کیلوگرمی عملکرد در هکتار شد. کمترین میزان عملکرد دانه به تیمار بدون محلول‌پاشی در رقم زرین (۵۰۳۶) تعلق داشت (شکل ۸).

تیمار کیتوسان در مرحله قطع آبیاری در ظهور سنبله، بیشترین میزان عملکرد دانه (۷۷۶۱ کیلوگرم در

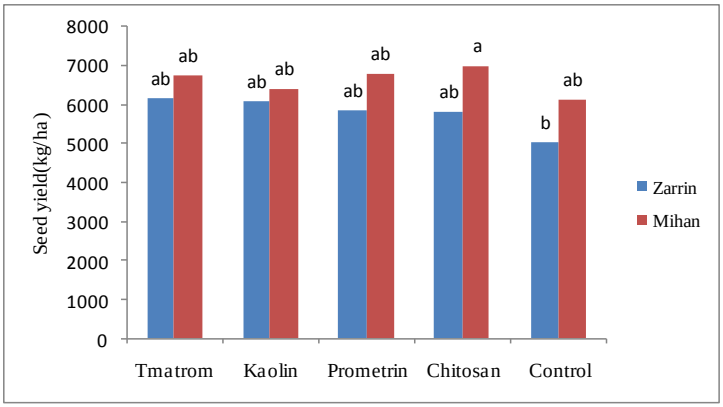
هکتار) را داشت و در کل، تیمارهای محلول‌پاشی مواد ضد تعرق در مرحله قطع آبیاری در مرحله ظهور سنبله، عملکرد بیشتری نسبت به سایر مراحل تنش داشتند. کمترین میزان عملکرد، از تیمار شاهد (۵۵۰۵ کیلوگرم در هکتار) در شرایط آبیاری کامل به‌دست آمد (شکل ۹).

تتش خشکی در مرحله ظهور سنبله، به دلیل کاهش تعداد سنبله‌های بارور و تعداد دانه در هر سنبله، موجب کاهش محصول می‌شود. وقوع تنش خشکی در مرحله پنجه‌زنی، سبب کاهش معنی‌دار تعداد سنبله‌ها در واحد سطح، گلدهی زود هنگام، کاهش ارتفاع بوته بر اثر کاهش طول میان‌گره‌ها، کاهش تعداد دانه در سنبله و در نهایت کاهش عملکرد دانه می‌شود (Safarian & Abdolshahi, 2014).



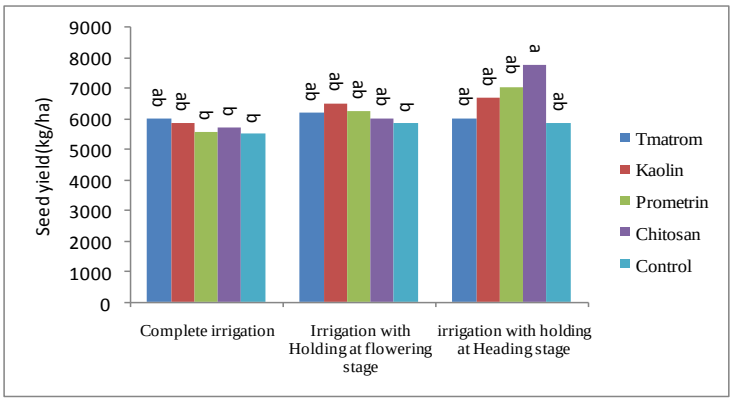
شکل ۷- اثرات متقابل قطع آبیاری × محلول‌پاشی مواد ضد تعرق × رقم گندم بر میزان پروتئین دانه (در هر تیمار قطع آبیاری، حروف غیر مشابه، نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، بر اساس آزمون LSD می‌باشند).

Figure 7. Interaction effects of deficit irrigation × foliar application of antitranspirants × cultivar on seed protein (in each irrigation treatment, means followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using LSD test).



شکل ۸- اثرات متقابل رقم × محلول‌پاشی مواد ضد تعرق بر میزان عملکرد دانه (در هر تیمار محلول پاشی با مواد ضد تعرق، حروف غیر مشابه، نشان دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، بر اساس آزمون LSD می‌باشند)

Figure 8. Interaction effects of cultivar × foliar application of anti-transpirants on seed yield (in each antitranspirants treatment, followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using LSD test



شکل ۹- اثرات متقابل قطع آبیاری × محلول‌پاشی مواد ضد تعرق بر میزان عملکرد دانه (در هر تیمار قطع آبیاری، حروف غیر مشابه، نشان دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، بر اساس آزمون LSD می‌باشند)

Figure 9. Interaction effects of deficit irrigation × foliar application of anti-transpirants on seed protein (in each irrigation treatment, followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using LSD test).

Heng *et al* (۲۰۱۲) در بررسی اثر محرک کیتوزان بر گیاه پونه گزارش دادند که ارتفاع بوته، وزن تر و خشک گیاه، با مصرف محرک کیتوزان افزایش یافت. Dzung et al. (2011) بیان داشتند که کاربرد ppm ۶۰ کیتوزان، ارتفاع و عملکرد ماده خشک قهوه را افزایش داد.

مشخص شده است که کیتوزان باعث افزایش ۲۰ درصدی عملکرد گوجه فرنگی می‌شود ولی برای برخی گیاهان از جمله هویج، فلفل و چغندر، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (Walker *et al.*, 2007). مکانیسم اثر کیتوزان بر روی رشد هنوز مشخص نشده است ولی تا حدی ممکن است مربوط به عنصر نیتروژن موجود در ساختار آن باشد که در ساختارهای آمینواسیدی شرکت می‌کند. همچنین ممکن است کیتوزان افزایش رشد و نمو در گیاه را از طریق مسیرهای سیگنالی که منجر به بیوسنتز اکسین می‌شود، تنظیم کند (Heng *et al.*, 2012).

به‌طورکلی تنش خشکی، یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی است که باعث کاهش رشد گیاهان و در نتیجه کاهش عملکرد آن‌ها می‌شود. موادی مانند کیتوسان، با عملکرد ضد تعرقی خود می‌توانند در شرایط تنش کم آبی، به بسته شدن روزنه‌ها و کاهش هدر رفتن آب از سطح برگکمک کنند که این عمل را می‌توان به دخالت این مواد در مسیرهای اسید آبسیزیک نسبت داد (Hong-Bo *et al.*, 2008).

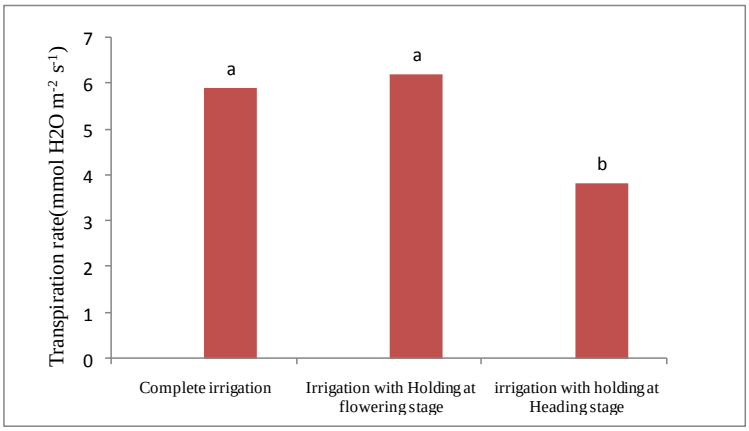
میزان تعرق و کارآیی مصرف آب

اثر تیمارها بر میزان کارآیی مصرف آب فتوسنتزی معنی‌دار نبود. اثر اصلی آبیاری بر میزان تعرق در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود و اثر بلوک، اثر اصلی رقم، محلول‌پاشی و اثرات متقابل آبیاری × محلول‌پاشی،آبیاری × رقم، محلول‌پاشی × رقم و اثرات سه جانبه آبیاری × محلول‌پاشی × رقم بر میزان تعرق معنی‌دار نبود (جدول ۲).

کمترین میزان تعرق در تیمار قطع آبیاری در مرحله ظهور سنبله بدست آمد (۳/۸۳ میلی‌مول آب بر متر مربع در ثانیه) و بیشترین میزان تعرق، به تیمار قطع آبیاری در مرحله گلدهی تعلق داشت (۶/۲ میلی مول آب بر متر مربع در ثانیه) و بین این مرحله و آبیاری کامل تفاوت معنی‌داری نبود (شکل ۱۰).

کاهش رشد و فعالیت ریشه و افزایش میزان تبخیر و تعرق، از عوامل موثر در کاهش محتوای رطوبت نسبی برگ جوامع گیاهی می‌باشند. به خوبی مشخص شده است که در شرایط کم آبی، محتوای نسبی آب، پتانسیل آب برگ و پتانسیل اسمزی سلول‌ها کاهش می‌یابد (Ma *et al.*, 2006). کاهش محتوای نسبی آب برگ، موجب کاهش اسیمیلاسیون کربن در سلول‌های برگ می‌شود و در نتیجه، کاهش ذخیره

دی‌اکسیدکربن، فعالیت آنزیم کلیدی فتوسنتز یعنی رابیسکو را محدود می‌سازد که این مسئله نیز به سبب تغییرات فیزیکی در ساختار سلول‌های درونی برگ و در نتیجه چروکیدگی برگ‌ها در شرایط رطوبت نسبی کم آب ایجاد می‌شود (Shaeban *et al.*, 2011). کاهش پتانسیل آب، مانع از تقسیم سلولی، رشد اندام‌ها، فتوسنتز خالص و سنتز پروتئین می‌شود و تعادل هورمونی بافت‌های اساسی گیاه را تغییر می‌دهد. گزارش Zareian *et al.* (2013)، نشان داد که با افزایش میزان تنش خشکی، سرعت تعرق در گندم به طور متوسط ۵۵ درصد کاهش می‌یابد. کاهش سرعت تعرق در شرایط تنش خشکی، در نتیجه بسته شدن روزنه ها و جهت جلوگیری از هدر رفت آب و استفاده بهتر از آب قابل دسترس می‌باشد که با کاهش فتوسنتز نیز در ارتباط است (Fateh *et al.*, 2012). Del Amor *et al.* (2010) اعلام کردند که مواد ضد تعرق، پتانسیل تنظیم تعرق را دارند؛ گیاهان تحت تنش، ابتدا از طریق تنظیم روزنه‌ای از اتلاف زیاد آب تعرقی جلوگیری می‌کنند.



شکل ۱۰- اثر قطع آبیاری بر میزان تعرق (در هر تیمار قطع آبیاری، حروف غیر مشابه، نشان دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، بر اساس آزمون LSD می باشد).

Figure 10. Effects of deficit irrigation on transpiration rate (in each irrigation treatment followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using LSD test).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان داد که با محلول‌پاشی مواد ضد تعرق، میزان فتوسنتز افزایش می‌یابد به‌طوری‌که با قطع آبیاری در مرحله گلدهی و محلول‌پاشی ماده پرومترین، فتوسنتز به میزان دو میکرومول دی‌اکسیدکربن بر متر مربع در ثانیه افزایش یافت و محلول‌پاشی کیتوسان در شرایط قطع آبیاری در مرحله ظهور سنبله، موجب افزایش میزان کلروفیل کل شد. بیشترین میزان کلروفیل *a* به تیمار کیتوسان (۲/۴۲ میکروگرم بر گرم وزن تر) تعلق داشت و بیشترین میزان کلروفیل *b* نیز در تیمار محلول‌پاشی کیتوسان در رقم زرین و در تیمار قطع آبیاری درمرحله ظهور سنبله به‌دست آمد. در این تحقیق، میزان پروتئین رقم زرین، بیشتر از رقم میهن بود و محلول‌پاشی کیتوسان طی تمامی مراحل قطع آبیاری در رقم زرین، بیشترین میزان پروتئین دانه را نشان داشت. تیمار کیتوسان در رقم میهن، بیشترین میزان عملکرد دانه (۷۰۰۳ کیلوگرم در هکتار) را داشت و موجب افزایش عملکرد نسبت به سایر تیمارها و شاهد شد. کیتوسان در تیمار قطع آبیاری در مرحله ظهور سنبله نیز بیشترین میزان عملکرد دانه را داشت و کمترین میزان تعرق در تیمار قطع آبیاری در مرحله ظهور سنبله به‌دست آمد. با توجه به اثرات مثبت تیمارهای ضد تعرق بر صفات مورد بررسی در این تحقیق، به‌ویژه با توجه به افزایش عملکرد و پروتئین دانه نسبت به تیمار شاهد، این مواد می‌توانند جهت کاهش اثرات مضر تنش خشکی در گندم به‌کار روند و با در نظر گرفتن این‌که تیمار کیتوسان در بین مواد

ضد تعرق، بیشترین تاثیر را بر کاهش اثرات مضر تنش خشکی و بهبود خصوصیات فیزیولوژیکی گندم داشت، می‌توان آن را به عنوان بهترین تیمار در بین مواد ضد تعرق بکار رفته معرفی کرد.

REFERENCES

1. Abdel-Kareem-Sheikha, S. A. (2009). Physiological studies for different concentration from Bichikol 020 pc (Chitosan) on Bean leaf. *Asian Journal of Scientific Research*, 11, 73-86.
2. Abdoli, M. & Saeidi, M. (2012). Using different indices for selection of resistant wheat cultivars to post anthesis water deficit in the west of Iran. *Annals of Biological Research*, 3, 1322-1333.
3. Abu-Hadid, A. F., Saleh, M. M., Shanans S. A. & El-Abd, T. M. G. (1994). A comparative study between different means of protection on growth and yield of winter tomato crop. *Acta Horticulture*, 366, 105-112.
4. Ahmadi, A., Siosemarde, A., Poostini K. & Esmaiil Pour Jahromi, M. (2009). The rate and duration of grain filling and stem reserve remobilization in wheat cultivars as a response to water deficit. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 40, 181-195 (In Persian).
5. Arnon, D. I. (1949). Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphennoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*, 24, 1-15.
6. Bagheri, H., Andalibi, B., Azimi, M. R., Mogadam, E. Z. & Soleiman, J. (2012). Safflower (*Carthamus tinctorius* CV. Sina) oil and seed important in rainfed by Atrazin foliar application. *Annals of Biological Research*, 3, 1202-1209.
7. Burme, L., Moallemi, N. & Mortazavi, M. H. (2011). Antitranspirant effect of Kaolin on some physiology traits of four olive cultivars. *Journal of Crop production*, 1, 11-23.
8. Del Amor F. M., Cuadra Crep, P. J., Camaraand, M. R. & Madrid, J. (2010). Effect of foliar application of anti- transpirant on photosynthesis and water relations of pepper plants under different level Co_2 and water stress. *Journal of Plant Physiology*, 167, 1232-1238.
9. Dzung, N. A., Phuong, V. T. & Dzung, T. T. (2011). Research on impact of chitosan oligomers on biophysical characteristics, growth, development and drought resistance of coffee. *Carbohydrate Polymer*, 84, 751-755.
10. Farouk, S. & Ramadan-Amany, A. (2012). Improving growth and yield of growth by foliar application of chitosan under water stress. *Egyptian Journal of Biology*, 14, 14-26.
11. Fateh, H., Siosemardeh, A., Karimpoor M. & Sharafi, S. (2012). Effect of drought stress on photosynthesis and physiological characteristics of barley. *International Journal of Farming and Allied Sciences*, 1, 33-41.
12. Fischer, R. A., Rees, D. K., Sayre, D., Lu, Z. M., Condon, A. G. & Larque Saavedra, A. (1998). Wheat yield progress associated with higher stomata conductance and photosynthetic rate, and cooler canopies. *Crop Science*, 38, 1467-1475.
13. Good, A. G. & Steven, T. Z. (1994). The effects of drought stress on free amino acid accumulation and protein synthesis in *Brassica napus*. *Plant Physiology*, 90, 909-914.
14. Goreta, S., Leskovar, D. I. & Jifon, J. L. (2007). Gas exchange, water status, and growth of pepper seedlings exposed to transient water deficit stress are differentially altered by antitranspirants. *American Society Horticulture Science*, 132, 603–610.
15. Hayat, S., Hayat, Q., Alyemeni, M. N., Wani, A. S., Pichtel, J. & Ahmad, A. (2012). Role of proline under changing environments. *Plant Signa Behaivior*, 7, 1456–1466.
16. Heng, Y., Xavier, C. F., Lars, P. C. & Kai, G. (2012). Chitosan oligosaccharides promote the content of polyphenols in Greek Oregano (*Origanum vulgare* ssp. hirtum). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60, 136-143.
17. Hong-Bo, S., Li-Ye, C., Cheruth, A. J. & Chang-Xing, Z. (2008). Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. *Current Biology*, 331, 215–225.
18. Ibrahim, E. A. & Selim, E. M. (2010). Effect of irrigation intervalles and antitranspirants (Kaolin) on summer squash (*Cucurbita pepo* L.) growth, yield quality and economics. *Journal of Soil Science and Agriculture Engineering*, 1, 883-894.
19. Kafi, M., Borzooei, A., Salehi, M., Kamandi, A., Maassoumi, A. & Nabati, M. (2009). Plant environmental stress physiology. Jahad Mashhad University Press. 504 Pp.
20. Ma, S. S., Gong, Q. Q. & Bohnert, H. J. (2006). Dissecting salt stress pathways. *Journal of Experimental Botany*, 57, 1097-1107.

21. Moftah, A. E. & Al-Humaid, A. I. (2005). Effects of antitranspirants on water relations and photosyn-thetic rate of cultivated tropical plant (*Polianthes tuberosa* L.). *Polish Journal of Ecology*, 53, 165–175.
22. Moradi-Ghahderijani, M., Jafarian, S. & Keshavarz, H. (2017). Alleviation of water stress effects and improved oil yield in sunflower by application of soil and foliar amendments. *Rhizosphere*, 4, 54–61.
23. Popova, L., Maslenkova, L., Yordanova, R., Krantev, A., Szalai, G. & Janda, T. (2008). Salicylic acid protects photosynthesis against cadmium toxicity in pea plants. *General and Applied Plant Physiology*, (Special issue) 34, 133–144.
24. Prakash, M. & Ramachandran, K. (2000). Effects of chemical Ameliorants in *Brinjaksolanum melongenal* under moisture stress conditions. *Journal of Agronomy Crop Science*, 185, 237- 239.
25. Ritchie, S. W., Nguyen, H. T. & Holdy, A. S. (1990). Leaf water content and gas exchange parameters of tow wheat genotypes differing in drought resistance. *Crop Science*, 30, 105-111.
26. Rohi, E. & Siosemardeh, A. (2009). Study on gas exchange in different wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes under moisture stress conditions. *Plant and Seed*, 23, 45-62 (In Persian).
27. Safarian, A. & Abdolshahi, R. (2014). Study the inheritance of water use efficiency in bread wheat under drought stress condition. *Electronic Journal of Crop Production*, 7, 181-199 (In Persian).
28. Shaeban, M., Mansorifar, S., Ghobadi, M. & Ashrafi Pavarchin, R. (2011). Effect of drought stress and starter nitrogen fertilizer on root characteristics and seed yield of four chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes. *Seed and Plant Production Journal*, 27, 451-470.
29. Sheikha, S. A. K. & Al-Malki, F. M. (2011). Growth and chlorophyll responses of bean plants to chitosan applications. *European Journal Science Research*, 50, 124-134.
30. Steiman, S. R., Bitten-bende, H. C. & Idol, T. W. (2007). Analysis of Kaolin particle film use and its application on coffee. *Horticultural Science*, 42, 1605-1608.
31. Taiz, L. & Zeiger, E. (2006). Plant physiology (4th ed.). Sunder Land, Massachusetts. 700 Pp
32. Vaast, P., Angrand, J., Franck, N., Dauzat, J. & Genard, M. (2006). Fruit load and branching ring-barking affect carbon assimilation and photosynthesis of leaf and fruit of *Coffe arabica* in the field. *Tree Physiol*ogy, 25, 753-760.
33. Walker, R., Morris, S., Brown, P. & Gracie, A. (2007). Evaluation of potential for chitosan to enhance plant defense (4th ed.). Rural Industries Research and Development Corporation. 45 Pp.
34. Zareian, A., Heidari, H., Sharifabad-Hamidi, A., Noor-Mohammadi, G. & Ali-Tabatabaei, S. (2013). Effect of drought stress and potassium foliar application on some physiological indices of three wheats (*Triticum aestivum* L.) cultivars. *Annals of Biological Research*, 4, 71-74.