دوازدهمین همایش سراسری
کشاورزی و منابع طبیعی پایدار
The 12th National Conference on
Sustainable Agriculture and Natural Resources

اثر محلول‌پاشی متانول بر رشد و عملکرد گندم دوروم در شرایط کم‌آبی آخر فصل

۱- احمد درگاهی ۲- احمد کوچک زاده* ۳- سید عطاالله سیادت ٤- محمد رضا مرادی تلاوت

۱-دانش آموخته کارشناسی ارشد زراعت دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان
۲-دانشیار گروه تولید و ژنتیک گیاهی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان
۳-استاد گروه تولید و ژنتیک گیاهی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان
٤-دانشیار گروه تولید و ژنتیک گیاهی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان
koochekzadeh@asnrukh.ac.ir

چکیده

خشکسالی مهم‌ترین چالش پیش روی انسان در تولید محصولات کشاورزی است. این امر باعث شده تا در سال‌های اخیر مقدار قابل توجهی از تولیدات زراعی کشور کاهش یابد. متانول ماده‌ای است که باعث افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن در داخل گیاه و بالا بردن راندمان فتوسنتزی گیاه می‌شود. این ماده می‌تواند بخشی از تلفات کربن تثبیت شده توسط فتوسنتز را جبران و از این طریق فتوسنتز خالص در واحد سطح و درنتیجه تولید ماده خشک در گیاهان را افزایش دهد. گندم دوروم (*Triticum durum* L.) یکی از محصولات استراتژیک کشور بوده که در تولید آرد ماکارونی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این بررسی به منظور مطالعه تأثیر متانول بر ویژگی‌های گندم دوروم در شرایط کم‌آبیاری آخر فصل، آزمایشی در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان به صورت اسپلیت‌پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار انجام شد. در این آزمایش دو فاکتور آبیاری با ۲ سطح نرمال و تنش خشکی آخر فصل رشد (کم‌آبیاری) در کرت‌های اصلی و محلول‌پاشی غلظت‌های مختلف متانول با ۵ سطح صفر (تیمار شاهد بدون مصرف متانول)، ۷، ۱۴، ۲۱و ۲۸ درصد حجمی متانول به صورت تصادفی در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. تنش کم‌آبیاری هم‌زمان با شروع مرحله گلدهی با قطع آبیاری اعمال شد. با اعمال تنش خشکی در ابتدای شروع مرحله گلدهی، اولین محلول‌پاشی متانول انجام و با فاصله زمانی هر ۱۰ روز، دو بار دیگر در کرت‌های آزمایشی این محلول‌پاشی انجام شد. نتایج نشان داد که با افزایش غلظت متانول شاخص‌های اندازه‌گیری شده در شرایط کم‌آبیاری بهبود یافت. به‌طوری‌که با مصرف ۲۸ درصد حجمی متانول، عملکرد محصول از ۱۷۴۸/۸۸ کیلوگرم در هکتار در شاهد به ۳۸۷۹/۵۷ کیلوگرم در هکتار رسید. به‌طور کلی استفاده از متانول در شرایط کم‌آبیاری آخر فصل، بهبود صفات و عملکرد را در گندم دوروم به دنبال خواهد داشت.

کلمات کلیدی: تولیدات کشاورزی، خشکسالی، فتوسنتز خالص، وزن هزار دانه

۱– مقدمه

آب یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در تولید کشاورزی است که کمبود آن در بین عوامل محدود کننده تولید بیش‌ترین سهم را در کاهش عملکرد دارد. استفاده از رژیم‌های کم آبیاری با صرفه جویی در مصرف آب می‌تواند به عنوان راه‌کار مدیریتی سبب افزایش سطح زیر کشت در تعیین الگوی کشت شود. کم‌آبیاری به عنوان یک استراتژی سودمند اقتصادی در وضعیت محدودیت آبیاری و با

هدف حداکثر استفاده از واحد حجم آب مصرفی مطرح است. احمدی (۱۳۹۹) گزارش کرد که تنش خشکی سبب کاهش دوره رشد و نمو و عملکرد دانه شد [1]. درگیاهان زراعی سه کربنه، مقدار ماده خشک تولید شده در واحد سطح به وسیله مقدار فتوسنتز ناخالص، تنفس نوری و تنفس تاریکی تعیین می‌شود. به بیان دیگر، این فرآیندها در تبدیل دی‌اکسیدکربن به ماده خشک مؤثر هستند و می‌توان بیان داشت که فتوسنتز خالص حاصل یک فرآیند جذب دی‌اکسیدکربن (فتوسنتز ناخالص) و دو فرآیند دفع دی‌اکسیدکربن (تنفس نوری و تنفس تاریکی) است. بنابراین راه‌هایی که موجب افزایش فتوسنتز می‌گردند باید به عنوان یک روش مثبت خصوصاً برای افزایش عملکرد گیاهان سه کربنه مورد توجه قرار گیرند [10]. متانول (CH_3OH) ماده‌ای است که باعث افزایش تثبیت دی‌اکسیدکربن در داخل گیاه و بالا بردن راندمان فتوسنتزی گیاه می‌شود. افزایش غلظت متانول در بافت‌های گیاهی، با تنظیم سرعت متابولیکی، بر راندمان تبدیل کربن و مسیرهای متابولیکی تثبیت کربن اثر می‌گذارد [19]. اینز و همکاران (۱۹۸۵) به همبستگی ارتفاع بوته و عملکرد دانه در شرایط تنش رطوبتی اذعان داشته و عملکرد بیش‌تر ژنوتیپ‌های پابلند در شرایط تنش خشکی انتهای فصل را گزارش نمودند [11]. بر اساس مطالعه ناچیت و همکاران (۱۹۹۱) عملکرد دانه تحت تنش خشکی همبستگی بالایی با زودرسی، تعداد پنجه بارور، طول پدانکل و تعداد دانه در سنبله داشته است[16]. پاین و ساتل‌ماچر (۲۰۰۰) نیز بیان نمودند که کمبود آب، اثر زیادی بر تشکیل ماده خشک برگ‌ها و سنبله‌ها دارد[18]. گزارش‌های متعددی وجود دارند که نشان می‌دهند اسپری کردن متانول بر گیاهان سه کربنه در افزایش عملکرد، یکنواختی رسیدگی، کاهش اثر تنش خشکی و همچنین کم کردن نیاز آبی گیاهان مؤثر است. به عنوان مثال اثر متقابل تنش خشکی و متانول در نخود بر میزان تثبیت دی‌اکسیدکربن، میزان تعرق، هدایت روزنه‌ای، عملکرد و محتوای کلروفیل پس از هر محلول‌پاشی معنی‌دار بود [5]. سبک‌رو فومنی و همکاران (۱۳۸۸) اعلام کردند که محلول‌پاشی متانول بر روی توتون باعث افزایش سطح برگ، ارتفاع بوته و افزایش میزان کلروفیل برگ‌های میانی و در مجموع باعث افزایش عملکرد کمی و کیفی گیاه توتون گردید[6]. در گندم دوروم تیمار با متانول باعث دو برابر شدن عملکرد شد [17]. اسفینی فراهانی و همکاران (۱۳۹۱) در آزمایشی بر آفتابگردان در دو سطح آبیاری نرمال و تنش خشکی اعلام کردند که در اثر محلول‌پاشی متانول، تیمار آبیاری نرمال نسبت به تیمار تنش خشکی ۳۶٪ افزایش عملکرد نشان داد [2]. با توجه به محدودیت منابع آب در مناطق خشک و نیمه خشک مانند ایران و ایجاد شرایط کم آبی (تنش خشکی) در آخر فصل گندم و با توجه به پژوهش‌های انجام شده مبنی بر اعمال متانول در کنترل آسیب های ایجاد شده در شرایط کم آبی، این پژوهش با استفاده از تیمارهای مختلف متانول بر گندم دوروم در شرایط کم آبیاری آخر فصل در شرایط آب و هوایی خوزستان طراحی گردید.

۲- مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان به صورت اسپلیت‌پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار انجام شد. در این آزمایش دو فاکتور آبیاری با ۲ سطح نرمال و تنش خشکی آخر فصل رشد (کم آبیاری) در کرت‌های اصلی و محلول‌پاشی غلظت‌های مختلف متانول با ۵ سطح صفر (تیمار شاهد بدون مصرف متانول)، ۷، ۱۴، ۲۱و ۲۸ درصد حجمی متانول به صورت تصادفی در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. رقم گندم دوروم مورد استفاده جهت کاشت، یاواروس و با تراکم ۴۰۰ بوته در مترمربع بود. بذر این رقم از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان تهیه گردید. تنش کم‌آبیاری همزمان با شروع مرحله گلدهی با قطع آبیاری اعمال شد. با اعمال تنش خشکی در ابتدای شروع مرحله گلدهی،

اولین محلول‌پاشی متانول انجام و با فاصله زمانی هر ۱۰ روز، دو بار دیگر در کرت‌های آزمایشی این محلول‌پاشی انجام شد. [7]. ویژگی‌های ارتفاع بوته، طول سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد دانه پس از برداشت محصول اندازه‌گیری و با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS تجزیه و تحلیل شدند. مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD و رسم منحنی‌ها بوسیله اکسل انجام شد.

۳- نتایج و بحث

تجزیه واریانس داده‌ها در جدول ۱ و مقایسه میانگین آن‌ها در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۱ تجزیه واریانس اثر سطوح آبیاری و متانول بر صفات اندازه‌گیری شده (میانگین مربعات)

منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع بوته	طول سنبله	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه	عملکرد دانه
بلوک	۳	۱۷/۲۳^{ns}	۰/۲۴۵**	۱/۵۳۳**	۱۴/۸۵۰**	۸۷۶۳۷/۸۸*
آبیاری	۱	۳۱۳/۸۸**	۱۰۱/۶۳**	۱۴۶۴/۱۰**	۸۷۴/۴۱۲**	۳۷۴۰۰۹۱۰/۴۷**
بلوک * آبیاری	۳	۱۲/۵۳	۰/۴۸۲	۲۴/۱۶۶	۲/۳۱۰	۲۰۷۳۴/۰۴
متانول	۴	۲۷/۷۹**	۵/۰۶۳**	۲۰۲/۴۳**	۹۵/۹۳**	۳۹۵۶۲۶۲/۸۲**
آبیاری * متانول	۴	۱۵/۴۷**	۱/۳۷۴**	۱۹/۵۳*	۶/۶۲۹**	۴۶۲۶۹۰/۳۶**
خطای آزمایش	۱۲	۹/۷۰	۰/۴۳۴	۲۱/۲۸	۸/۲۰۵	۱۳۰۴۱۴/۱۴
ضریب تغییرات (٪)		۳/۸۴	۴/۳۶	۱۱/۵۳	۶/۹۲	۸/۸۴

ns، * و **، به‌ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال خطای ۵ و ۱ درصد

جدول ۲ مقایسه میانگین اثر سطوح آبیاری و متانول بر صفات اندازه‌گیری شده

منابع تغییر		ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	طول سنبله (سانتی‌متر)	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
آبیاری	آبیاری نرمال	۸۳/۷۵^{a}	۱۶/۶۹^{a}	۴۶/۰۵^{a}	۴۶/۰۱^{a}	۵۰۴۹/۰۲^{a}
	کم‌آبیاری	۷۸/۱۴^{b}	۱۳/۵۰^{b}	۳۳/۹۵^{b}	۳۶/۶۶^{b}	۳۱۱۵/۰۹^{b}
	LSD	۶/۵۴۰	۱/۲۸۳	۹/۰۸۰	۲/۸۰۷	۲۶۵/۹۶
سطوح متانول (درصد حجمی)	صفر	۷۹/۱۱^{b}	۱۴/۱۱^{c}	۳۴/۳۷^{c}	۳۷/۲۵^{c}	۳۰۵۴/۳۰^{d}
	۷	۷۹/۱۲^{b}	۱۴/۷۰^{bc}	۳۶/۸۷^{bc}	۳۹/۶۱^{bc}	۳۷۷۴/۹۰^{c}
	۱۴	۸۱/۴۹^{ab}	۱۵/۱۰^{b}	۳۹/۰۰^{bc}	۴۰/۲۳^{bc}	۴۱۸۳/۸۰^{bc}
	۲۱	۸۳/۵۲^{a}	۱۵/۲۹^{b}	۴۲/۵۰^{ab}	۴۳/۵۴^{ab}	۴۵۳۰/۳۰^{ab}
	۲۸	۸۱/۴۶^{ab}	۱۶/۲۶^{a}	۴۷/۲۵^{a}	۴۶/۰۵^{a}	۴۸۶۷/۰۰^{a}
	LSD	۳/۲۱	۰/۶۸۰	۴/۷۶	۲/۹۵	۳۲۷/۶۷

در هر ستون، اعدادی که حداقل یک حرف مشترک داشته باشند، در سطح احتمال خطای ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

نتایج نشان داد که اثر متقابل سطوح مختلف آبیاری و متانول بر صفات اندازه‌گیری شده معنی‌دار بود.

۳–۱– ارتفاع بوته

با استفاده از ۲۸ درصد حجمی متانول ارتفاع بوته به ۷۹/۱۸ سانتی‌متر رسید که نسبت به تیمار شاهد، ۵/۹ درصد بیش‌تر بود. در گیاهان محلول‌پاشی شده با متانول، آسیمیلاسیون نیتروژن افزایش یافته که این سبب افزایش سرعت رشد محصول می‌شود[8]. طبق گزارش مخدوم و همکاران(۲۰۰۲) افزایش ارتفاع بوته پس از محلول‌پاشی متانول در پنبه مشاهده شد. احتمالاً علت این امر آسیمیلاسیون بیشتر کربن و رقابت بیش‌تر گیاهان برای دریافت نور بوده است[14]. کیانی و همکاران (۲۰۰۴) نیز گزارش کرد که با افزایش تنش خشکی، ارتفاع گیاه کاهش یافت[12]. احتمالاً کاهش ارتفاع گیاه در پاسخ به تنش خشکی به علت کاهش نسبی آماس و کم شدن آب پروتوپلاسم بوده که در کاهش فشار تورگر و تقسیم سلول دخالت دارد. در شرایطی که گیاه تحت تأثیر تنش خشکی قرار دارد، به دلیل کاهش ساخت مواد فتوسنتزی و عدم انتقال عناصر از ریشه‌ها، کاهش ارتفاع بوته باعث می‌شود.

۳–۲– طول سنبله

نمودار رگرسیونی اثر متقابل سطوح مختلف آبیاری و متانول بر میزان طول سنبله گندم دوروم (شکل ۱ الف) نشان داد در شرایط آبیاری نرمال و کم‌آبیاری میزان طول سنبله تحت تأثیر سطوح بالاتر متانول افزایش یافت. افزایش سرعت رشد محصول پس از محلول‌پاشی متانول به علت افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن در برگ‌ها و استفاده از متانول به عنوان منبع مستقیم کربن برای سنتز سرین و یا کاهش هدر رفت کربن از طریق تنفس نوری است که در نهایت باعث افزایش زیست‌توده می‌شود [15]. رامیرز و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند که پس از محلول‌پاشی متانول بر روی گیاهان و جذب آن توسط بافت‌های گیاهی، غلظت این ماده در بافت‌های گیاهان افزایش یافته و بر راندمان تبدیل کربن و مسیرهای متابولیکی مربوط به تثبیت کربن نیز اثر می‌گذارد[19]. نانومورا و بنسون (۱۹۹۲) در پژوهشی بر روی گندم اعلام نمودند محلول‌پاشی متانول سبب افزایش طول سنبله شد[17].

۳–۳– تعداد دانه در سنبله

نتایج مشابهی مبنی بر کاهش تعداد دانه در سنبله ناشی از تنش خشکی آخر فصل توسط پژوهشگران گزارش شده است. توکلی (۱۳۸۲) در تحقیقات خود اشاره نمود که آبیاری تکمیلی گندم باعث افزایش تعداد دانه در سنبله شد[4]. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که اثر متقابل سطوح مختلف آبیاری و متانول، تأثیر مثبتی بر تعداد دانه در سنبله داشته و هم‌زمان با افزایش سطوح متانول در شرایط آبیاری نرمال و کم آبیاری، تعداد دانه در سنبله نیز افزایش یافت (شکل ۱ ب). با افزایش غلظت متانول، در شرایط آبیاری نرمال و کم‌آبیاری آخر فصل، تعداد دانه در سنبله افزایش یافت. به‌طوری‌که در آبیاری نرمال و کم‌آبیاری به‌ترتیب از ۴۱/۷۵ در شاهد به ۵۳/۵۰ عدد ، و از ۲۷ عدد در شاهد به ۴۱ عدد با مصرف ۲۸ درصد حجمی متانول رسید. مطالعات گذشته نشان داد که افزایش تعداد دانه در سنبله

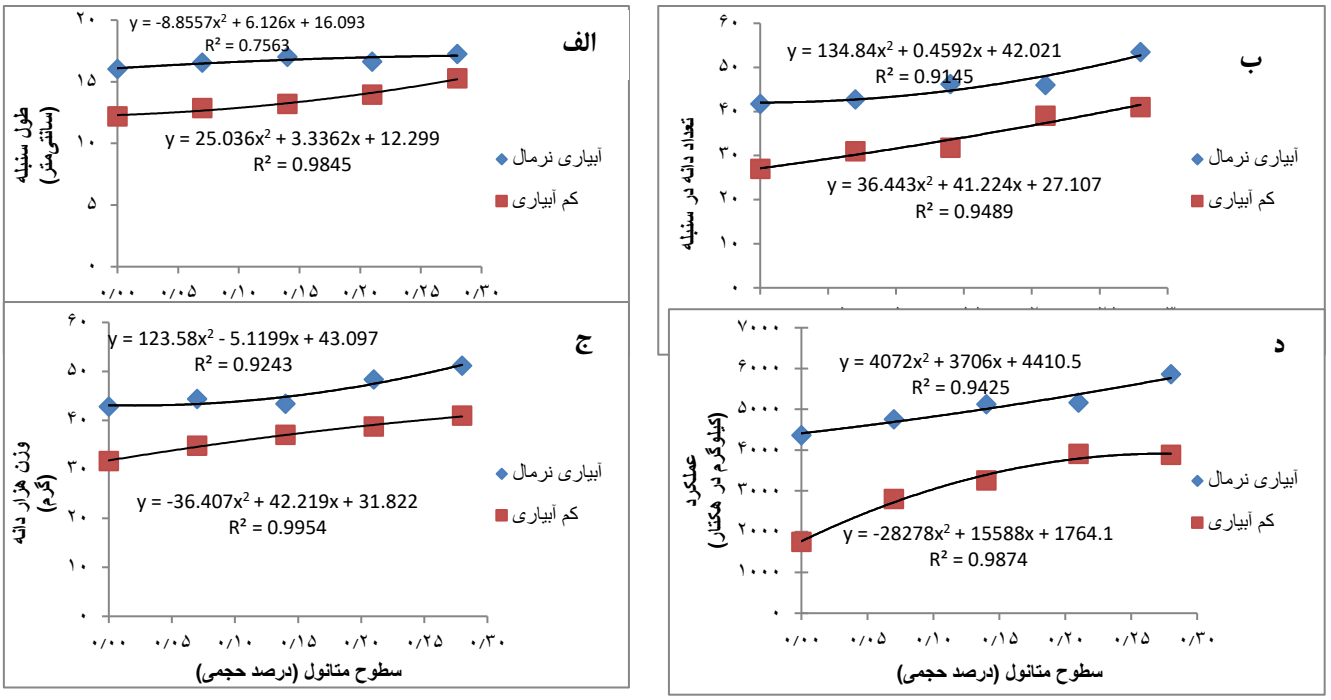
عمدتاً ناشی از افزایش ضریب تسهیم است. به عبارت دیگر با افزایش سرعت رشد سنبله و تخصیص بیشتر مواد پرورده فتوسنتزی به سنبله‌های در حال رشد دانه‌های بزرگ‌تر و بیش‌تری تولید می‌شود [17]. اسفینی فراهانی و همکاران(۱۳۹۱) در پژوهشی بر روی آفتابگردان اعلام کردند بالاترین تعداد دانه در طبق در کرت‌های با آبیاری نرمال که با غلظت ۲۱ درصد حجمی متانول محلول‌پاشی شده‌اند و پایین‌ترین تعداد دانه در طبق مربوط به کرت‌های با تنش خشکی با غلظت صفر متانول به دست آمد[2].

۴-۳- وزن هزار دانه

نمودار رگرسیونی اثر متقابل سطوح مختلف آبیاری و متانول بر وزن هزار دانه گندم دوروم در شرایط کم آبیاری و آبیاری نرمال نشان داد با افزایش سطح متانول میزان وزن هزاردانه افزایش یافت (شکل ۱ ج). بدون مصرف متانول (تیمار شاهد) کم‌آبیاری آخر فصل باعث کاهش ۲۶ درصدی وزن هزار دانه شد و از ۴۲/۸۲ گرم در آبیاری نرمال به ۳۱/۶۸ گرم رسید. با مصرف متانول وزن هزار دانه افزایش یافته به‌طوری‌که با مصرف ۲۸ درصد حجمی، این اختلاف به ۱۹/۹۴ درصد کاهش یافت و از ۵۱/۱۵ گرم در آبیاری نرمال به ۴۰/۹۵ گرم در کم‌آبیاری رسید. افزایش وزن هزار دانه احتمالاً ناشی از افزایش تثبیت دی‌اکسیدکربن و نیز افزایش تخصیص مواد پرورده فتوسنتزی به سمت دانه‌های در حال رشد است. اکبری مقدم و همکاران(۱۳۸۱) در این مورد اظهار داشتند که قطع آب در مرحله ظهور سنبله سبب کاهش عملکرد می‌شود و مهم‌ترین جزء عملکرد دخیل در این امر وزن دانه است. نتایج آزمایش آن‌ها نشان داد که تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه باعث کاهش وزن هزار دانه و در نهایت عملکرد دانه گندم به میزان ۱۶ درصد در مقایسه با تیمار شاهد (بدون تنش) شد[3]. نتایج پژوهش‌های مختلف نشان داد محلول‌پاشی سطوح مختلف متانول باعث افزایش تعداد دانه و وزن آن‌ها در گندم شد [17]. لی و همکاران (۱۹۹۵) عنوان کردند کاربرد متانول موجب افزایش تعداد غلاف، وزن دانه و عملکرد دانه در سویا شد[13].

۵-۳- عملکرد دانه

نتایج این تحقیق نشان داد که تنش کم‌آبیاری، عملکرد گندم دوروم را به‌شدت کاهش داد. به‌طوری‌که در شرایط شاهد (بدون مصرف متانول)، عملکرد ۵۹/۸۸ درصد کم شد و از ۴۳۵۹/۶۴ به ۱۷۴۸/۸۸ کیلوگرم در هکتار رسید. پس از مصرف متانول این مقدار به‌شکل معنی‌دار افزایش یافت، به‌طوری‌که در آبیاری نرمال و کم‌آبیاری به‌ترتیب از ۴۳۵۹/۶۴ در شاهد به ۵۸۵۴/۴۶ کیلوگرم در هکتار، و از ۱۷۴۸/۸۸ در شاهد به ۳۸۷۹/۵۷ کیلوگرم در هکتار با مصرف ۲۸ درصد حجمی متانول رسید (شکل ۱ د). گیاهان تیمار شده با متانول می‌توانند فتوسنتز خالص خود را افزایش دهند و عملکرد خود را بهبود بخشند. متانول سبب افزایش راندمان تبدیل کربن می شود. متانول در مقایسه با مولکول دی‌اکسیدکربن کوچک‌تر است، لذا می‌تواند براحتی توسط گیاهان سه کربنه برای افزایش عملکرد ماده خشک و به‌عنوان منبع کربن درون گیاه مورد استفاده قرار گیرد [17]. عبدلی و سعیدی (۲۰۱۲) اعلام کردند که قطع آبیاری پس از گرده‌افشانی، عملکرد دانه و وزن هزار دانه را به ترتیب ۳۳/۹٪ و ۲۶/۴٪ در ژنوتیپ‌های مختلف گندم کاهش داد[9].



شکل ۱ اثر متقابل سطوح مختلف آبیاری و متانول بر طول سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد گندم دوروم

۴- نتیجه‌گیری

در سالهای اخیر خشکسالی‌ها بر تولیدات کشاورزی تأثیر داشته‌اند. خشکی به‌عنوان مهم‌ترین عامل کنترل کننده عملکرد محصولات، تقریباً بر کلیه فرایندهای رشد گیاه تأثیرگذار است. گیاهانی که در معرض تنش خشکی قرار دارند، نه تنها اندازه‌شان کاهش می‌یابد بلکه ویژگی‌های ساختمانی آن‌ها تغییر و در نهایت عملکرد به‌شدت کم می‌شود. متانول ماده‌ای است که باعث افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن در داخل گیاه و بالا بردن راندمان فتوسنتزی گیاه شده و از این طریق عملکرد محصول را افزایش می‌دهد.

۵- تشکر و قدردانی

نویسندگان صمیمانه از معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان که زمینه را برای اجرای این پژوهش فراهم ساختند تشکر و قدردانی می‌نمایند.

۶- منابع مورد استفاده

۱. احمدی، غ. ۱۳۹۹. رابطه صفات نموی با عملکرد دانه گندم دوروم تحت شرایط بدون تنش و تنش خشکی آخر فصل. نشریه پژوهشهای کاربردی زراعی. ۳۳ (۴): ۸۴-۱۰۷

۲. اسفینی فراهانی، م. ف، پاک نژاد. ع، کاشانی. م، اردکانی. م، بختیاری مقدم. و م، رضایی. ۱۳۹۱. تأثیر محلول‌پاشی متانول بر عملکرد و اجزاء عملکرد آفتابگردان (رقم آذرگل) تحت شرایط مختلف رطوبتی. مجله زراعت و اصلاح نباتات. جلد۸. شماره۱.

۳. اکبری مقدم ، الف. ۱۳۸۱ . بررسی ا ثرات تاریخ های کاشت زود، کشت نرمال و کشت تأخیری بر عملکرد و اجزاء عملکرد و برخی. صفات مرفولوژیک در ارقام پیشرفته گندم. چکیده مقالات هفتمین کنگره علوم و زراعت و اصلاح نباتات، کرج. صفحه ۸۵.

٤. توکلی، علیرضا. ۱۳۸۲ . اثر مقادیر مختلف آبیاری تکمیلی و نیتروژن بر عملکرد و اجزاء عملکرد گندم دیم رقم سبلان . مجله نهال و بذر. جلد ۱۹ ، شماره ۳. صفحات ۳۸۰-۳۶۷.

٥. حسین‌زاده، س. ر.، سلیمی، ا.، گنجعلی، ع. و احمدپور، ر. ۱۳۹۲. تأثیر محلول‌پاشی متانول بر ویژگی‌های فتوسنتزی، فلوئورسانس کلروفیل و محتوای کلروفیل نخود تحت تنش خشکی. ۵ (۱۸). ۱۱۵-۱۳۲

٦. سبک رو فومنی،ک. م، صفرزاده. م، رنجبر چوبه. ج، دانشیان. و ک، سبک رو فومنی.۱۳۸۸.اثر زمان و مقدار محلول‌پاشی متانول بر رشد و عملکرد توتون ویرجینیا رقم کوکر ۳۴۷. مجله یافته‌های نوین کشاورزی. سال چهارم. شماره۳.

۷. نادعلی، ا. ف، پاک‌نژاد. م، سوقانی. ف، الهی پناه. و م، غفاری. ۱۳۸۹. اثر متانول بر عملکرد و اجزای عملکرد و شاخص‌های رشدی در نخود (رقم آزاد). فصلنامه علمی – پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی. دوره ۲، شماره ۳. ۱۸۴-۱۷۶.

8. *Abanda-Nkpwatt, D., Musch M., Tschiersch, J., Soeime, M. and Schwab, W. 2006. Molecular interaction between Methylobacterium extorquens and seedling: growth promotion, methanol consumption and localization of the methanol emission site. Journal of Experimental Botany. 57(15):4025-4032.*
9. *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(3), 1322-1333.*
10. *Fall, R. and Benson, A. 1996. Leaf methanol-the simplest natural product from plants. Trends in Plant Science. 1: 296-301.*
11. *Innes, P., J. Hoogendoorn, and R. D. Blackwell. 1985. Effects of differences in date of ear emergence and height on yield of winter wheat. J. Agricultural Science. Cambridge. 105 (3): 543-549.*
12. *Kiani, A. R., M. Mirlatifi, M. Homaee and A. M. Cheraghi. 2004. Effect of different irrigation regimes and salinity on wheat yield in Gorgan. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 11 (1): 79-89.*
13. *Li, Y., Gupta, G., Joshi, J. M. and Siyumbano, A.K. 1995. Effect of methanol on soybean photosynthesis and chlorophyll. J. Plant Nutrition. 18 (9): 1875-1880.*
14. *Makhdum, M. I., Malik, M. N., Din, S., Ahmad, F. and Chaudhry, F. I. 2002. Physiological response of cotton to methanol foliar application. J. Res. Sci. 13(1):37– 43.*
15. *McGiffen, M. E. and J. A. Manthey. 1996. The role of methanol in promoting plant growth: a current evaluation, Horticulture Science. 31 (7): 1092-1096.*
16. *Nachit, M. M., H. Ketata and E. Acevedo. 1991. Selection of morphophysilogical traits for multiple abiotic stresses resistance in durum wheat. Physiology-Breeding of Winter Cereal for Stressed Mediterranean Environments. Proc. of a Seminar, pp: 391-400.*
17. *Nonomura, A. M. and Benson, A. A. 1992. The path of carbon in photosynthesis: improved crop yields with methanol. Proc. Natl. Acad. Sci. A. 89 (20): 9794-9798.*
18. *Payne , W. A. and B. Sattelmacher. 2000. Effects of phosphorus and water supply on yield, transpiration ,water –use efficiency and carbon isotope discrimination of pearl millet. Crop Sci ., 40 (1): 120-125.*

19. *Ramirez, I., Dorta, F., Espinoza, V., Jimenez, E., Mercado, A. and Pena- Acortes, H. 2006. Effects of foliar and root applications of methanol on the growth of Arabidopsis, tobacco and tomato plants. J. Plant Growth Regulation. 25: 30-44*