تاثیر محلول‌پاشی پوترسین بر خصوصیات مورفولوژیک گندم رقم SW-82-9 تحت شرایط تنش قطع آبیاری در منطقه ورامین

Effect of foliar application of putrescine on morphologic characteristics of wheat (*Triticum aestivum L .var* sw _82_9) under cut irrigation stress

زهرا کریمی[۱*]، حمیدرضا توحیدی‌مقدم[۱] و پورنگ کسرایی[۱]

۱- گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین - پیشوا، ورامین – تهران، ایران.

نویسنده مسوول مکاتبات : karimizahra0000@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱/۲۲ تاریخ پذیرش:۱۳۹۵/۴/۲۸

چکیده

این مطالعه به‌منظور ارزیابی اثر محلول‌پاشی پوترسین بر عملکرد خصوصیات مورفولوژیک گندم رقم SW-82-9 تحت شرایط تنش قطع آبیاری به‌صورت کرت خرد شده (اسپیلیت پلات) در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه دانشگاه آزاداسلامی واحد ورامین - پیشوا اجرا شد. عامل اصلی شامل چهار سطح آبیاری معمول، قطع آبیاری در مرحله‌ی ساقه‌دهی، قطع آبیاری در مرحله‌ی گلدهی و قطع آبیاری در مرحله‌ی زایشی یا پر شدن دانه و عامل فرعی (محلول‌پاشی پوترسین) شامل محلول‌پاشی با آب مقطر، محلول‌پاشی پوترسین با غلظت ۷۵ و۱۵۰ قسمت در میلیون بود. نتایج نشان داد کم‌ترین میزان ارتفاع گیاه و طول سنبله در مرحله قطع آبیاری در مرحله ساقه دهی و گلدهی به ترتیب با ۷۰/۲۹ و ۸/۸۶ سانتی‌متر و بیش‌ترین ارتفاع گیاه و طول سنبله در مرحله آبیاری معمول و محلول‌پاشی پوترسین با غلظت ۱۵۰ قسمت در میلیون به‌میزان ۸۴/۰۴ و ۱۱/۰۶ سانتی‌متر بود. کم‌ترین عملکرد دانه و شاخص برداشت نیز در مرحله توقف آبیاری در مرحله گلدهی به‌میزان ۵۰۴۵/۷ و۳۸/۱۶ درصد و بیش‌ترین عملکرد دانه و شاخص برداشت در مرحله آبیاری معمول به‌میزان ۶۴۲۷/۰ و ۴۲/۸ درصد بود. محلول‌پاشی پوترسین با غلظت ۱۵۰ قسمت در میلیون باعث افزایش ارتفاع گیاه (۸۴/۰۴ سانتی‌متر) و طول سنبله (۱۱/۰۶ سانتی‌متر)، عملکرد دانه (۶۵۸۲/۳) و شاخص برداشت (۴۳/۲۴ درصد) نسبت به گروه شاهد شد. درتمامی تیمارهای محلول‌پاشی برگی پوترسین، عملکرد دانه با صفات طول سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک و تعداد سنبله در مترمربع همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت. به‌نظر می‌رسد محلول‌پاشی پوترسین باعث بهبود صفات مورفولوژیک گندم می‌شود.

واژگان کلیدی: پوترسین، گندم، قطع آبیاری، عملکرد دانه، شاخص برداشت، طول سنبله.

مقدمه

گندم از مهم‌ترین محصولات زراعی از لحاظ سطح زیرکشت و میزان تولید در جهان است و نقش مهمی در تأمین نیاز غذایی جوامع بشری ایفا می‌کند. در مناطق نیمه خشک از جمله سطح وسیعی از ایران از مهم‌ترین عوامل کاهش رشد و نمو گندم در شرایط دیم، کاهش رطوبت خاک در اثر کاهش و توزیع نامناسب نزولات جوی و افزایش دما به‌شمار می‌رود. خشکی به‌عنوان عامل محدود کننده غیرزنده در رشد، اثر نامطلوبی بر رشد و تولید گیاهان زراعی می‌گذارد (Groppa, 2008). در خلال تنش خشکی، رشد گیاه متوقف می‌شود، میزان صدمه وارده به گیاهان به سن فیزیولوژیکی، میزان تنش خشکی و گونه گیاهی بستگی دارد. حساسیت نسبت به خشکی پس از شروع رشد سریع اولین برگ، به‌طور قابل توجهی افزایش می‌یابد. تنش خشکی از طریق کاهش سطح برگ، بسته شدن روزنه‌ها، کاهش در قابلیت هدایت روزنه‌ها، کاهش در آبگیری کلروپلاست و سایر بخش‌های پروتوپلاسم، کاهش سنتز پروتئین و کلروفیل، سبب تقلیل فرآیند فتوسنتز می‌گردد (خشویی، ۱۳۸۹). گیاهان برای این که دستگاه فتوسنتزی را از آسیب‌های برگشت ناپذیر حفظ کنند، نسبت به خشکی سریعاً واکنش نشان می‌دهند. شرایط خیلی شدید خشکی به‌علت کاهش فعالیت روبیسکو منجر به محدودشدن فتوسنتز می‌گردد. بسته به مرحله اعمال تنش، اثرات آنی یا طولانی مدت تنش خشکی بر ترکیب بذر رخ می‌دهد. اثرات آنی تنش خشکی در طی گلدهی و بلوغ بذر می‌تواند از صدمه به فرآیندهای متابولیک در بذر و غلاف، صدمات حاصل در انتقال آسیمیلات‌ها به دانه و یا افزایش تولید ترکیبات ثانویهٔ نامطلوب حاصل شود درحالی‌که، اثرات طولانی مدت تنش خشکی که در طی مرحلهٔ رویشی رخ می‌دهد موجب اثر بر عملکرد و کیفیت نهائی بذر خواهد شد. با اعمال تنش کمبود آب، در هر مرحله از رشد گیاه، عملکرد دانه همیشه تحت تأثیر قرار می‌گیرد و کیفیت بذر نیز در معرض تغییرات شدید قرار خواهدگرفت (Larson and Eastin, 2009).

تنش خشکی منجر به جابجایی پروتئین‌های غشایی، از بین رفتن خاصیت انتخابی غشای، اختلال در وظایف سلولی و قطع فعالیت آنزیم‌های مستقر در غشا سلولی می‌شود. علاوه بر آسیب‌دیدگی غشا، فعالیت پروتئین‌های سیتوسولی نیز ممکن است کاهش یابد و منجر به قطع سوخت و ساز سلولی شود. از دیگر اثرات فیزیولوژیک خشکی بر گیاهان می‌توان به کاهش رشد رویشی به‌ویژه رشد اندام‌های هوایی اشاره کرد (Mahajan and Tuteja, 2005).

پلی‌آمین‌ها پلی‌کاتیون‌های مهمی هستند که در مراحل مختلف فیزیولوژیک و نمو گیاهی نقش دارند. پلی‌آمین‌ها در القای تقسیم سلولی، ریخت‌زائی، نمو گل، میوه، دانه و پیری نقش ایفا می‌کنند. مهم‌ترین پلی‌آمین‌ها شامل اسپرمیدین (تری‌آمین) اسپرمین (تتراآمین) و پیش‌ساز آن‌ها پوترسین (دی‌آمین) است (Liu, 2007). در بافت گیاهان پلی‌آمین‌ها به‌شکل هم‌یوغ (conjugate) با مولکول‌های آلی دیگر و یا آزاد یافت می‌شوند. اخیرا نقش پلی‌آمین‌ها در افزایش تحمل گیاهان به تنش‌های غیرزیستی، از جمله تنش خشکی مورد توجه قرار گرفته است. در بسیاری از موارد، تنش به انباشتگی پلی‌آمین‌های آزاد و هم‌یوغ منجر می‌گردد. بیوسنتز پلی‌آمین‌ها یکی از مهم‌ترین پاسخ‌های بیوشیمیایی گیاهان به تنش است. انواع پلی‌آمین‌ها از نظر تأثیر تخفیف تنش با یکدیگر متفاوتند. برخی پژوهشگران نسبت (اسپرمیدین+ اسپرمین)/ پوترسین را در تعیین پاسخ گیاه به تنش، مهم قلمداد کردند. (Martin, 2011) .

در کنار مطالعه نقش پلی‌آمین‌های آندوژن در ایجاد تحمل تنش، اثر کاربرد اگزوژن این ترکیبات در القای تحمل نیز در گیاهان مختلف بررسی شد. انباشتگی انواع ترکیبات فنلی در شرایط تنشی میتواند به‌عنوان یک علامت عمل کند و برای راه اندازی زنجیره‌ای از واکنش‌ها که در نهایت به افزایش تحمل تنش منجر می‌شوند، عمل نماید. به‌رغم آگاهی از سازوکار عملکرد پلی‌آمین‌ها در القای تحمل تنش، تاکنون نقش احتمالی این ترکیبات از طریق ایجاد تغییراتی در

فیزیولوژی گیاه تحت شرایط کم‌آبی به‌طور دقیق مطالعه نشده است. این احتمال وجود دارد که پلی آمین‌های اگزوژن از طریق تغییر در سوخت و ساز، هم‌یوغ شدگی و یا انباشتگی فنل‌ها موجب تغییر در تحمل تنش‌ها شوند.

این تحقیق با هدف تاثیر محلول‌پاشی پوترسین بر خصوصیات مورفولوژیک گندم رقم SW-82-9 تحت شرایط تنش قطع آبیاری انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به‌منظور بررسی تاثیر محلول‌پاشی پوترسین بر خصوصیات مرفولوژیک گندم رقم SW-82-9 تحت شرایط تنش قطع آبیاری به‌صورت کرت خرد شده (اسپیلیت پلات) در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار درمزرعه دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین - پیشوا اجرا شد. عامل اصلی شامل چهار سطح آبیاری: (I_1) آبیاری معمولی مطابق عرف منطقه، (I_2) قطع آبیاری در مرحله‌ی ساقه‌دهی، (I_3) قطع آبیاری در مرحله‌ی گلدهی و (I_4) قطع آبیاری در مرحله‌ی زایشی یا پر شدن دانه بود. عامل فرعی محلول‌پاشی پوترسین شامل (F_1) محلول‌پاشی با آب مقطر، (F_2) محلول‌پاشی با پوترسین با غلظت ۷۵ و (F_3) پوترسین با غلظت ۱۵۰ قسمت در میلیون و تیمارها به‌صورت (I_1F_1)، (I_1F_2)، (I_1F_3) و.... بود. مساحت مورد نیاز این طرح ۷۰۰ مترمربع و مساحت هر کرت ۱۸ مترمربع بود. تعداد خطوط هر تیمار ۱۰ عدد و طول هر خط کاشت پنج متر، فاصله‌ی بین ردیف‌های کاشت ۲۰ سانتی‌متر و فاصله‌ی بین بوته روی ردیف پنج سانتی‌متر بود. خطوط یک و ده و نیم متر از بالا و پایین هر طرف به‌عنوان حاشیه در نظر گرفته و در طول دوره رشد مراقبت‌های زراعی لازم اجرا شد.

ارزیابی صفات مورفولوژیک

به‌منظور تعیین صفاتی نظیر ارتفاع گیاه و تعداد دانه در سنبله از کرت آزمایشی، ۱۰گیاه به‌طور تصادفی انتخاب و میانگین آن‌ها به عنوان صفت مربوطه برای آن کرت آزمایشی منظور شد.

تعداد دانه در سنبله: برای تعداد سنبله در مترمربع پلات را در داخل مزرعه رها کرده و تعداد گیاهان داخل آن شمارش و میزان تعداد دانه در سنبله تعیین شد.

وزن هزار دانه: ۱۰ بوته به‌طور تصادفی در مرحله‌ی رسیدگی از هر کرت آزمایشی انتخاب، سپس میانگین تعداد وزن دانه ۱۰ بوته به‌عنوان وزن هزار دانه محسوب شد.

عملکرد بیولوژیک- عملکرد دانه: در زمان رسیدن کامل گیاه پس از حذف خطوط حاشیه هر کرت آزمایشی و نیم متر از ابتدا و انتهای آن‌ها، بقیه بوته‌ها چند روز در سطح کرت آزمایشی باقی ماند، سپس وزن شدند و عملکرد بیولوژی محاسبه گردید. آنگاه دانه‌ها از داخل سنبله‌ها جدا و وزن دانه‌های هر کرت آزمایشی محاسبه شد. از تقسیم عملکرد دانه بر عملکرد بیولوژیک شاخص برداشت تعیین گردید.

شاخص برداشت: شاخص برداشت از تقسیم عملکرد اقتصادی (دانه) بر عملکرد بیولوژیک (کل) ×۱۰۰ محاسبه شد.

شاخص بر داشت(H.I %) = عملکرد بیولوژیک / عملکرد اقتصادی (دانه) ×۱۰۰

بعد از حصول نتایج، داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SAS تجزیه واریانس گردید، سپس با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن میانگین‌های به‌دست آمده آنالیز آماری شد و در نهایت با استفاده از نرم افزار EXCEL نمودارمربوطه رسم شد.

نتایج و بحث

ارتفاع گیاه

طبق جدول واریانس ارتفاع گیاه تحت تاثیر آبیاری و محلول‌پاشی پوترسین قرارگرفت و اختلافات به‌وجود

آمده از نظر آماری در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول یک). کم‌ترین میزان ارتفاع گیاه در مرحله قطع آبیاری در مرحله ساقه‌دهی و محلول‌پاشی با آب خالص با ۷۰/۲۹ سانتی‌متر و بیش‌ترین ارتفاع گیاه در مرحله آبیاری معمول و محلول‌پاشی پوترسین با غلظت ۱۵۰ قسمت در میلیون، ۸۴/۰۴ سانتی‌متر مشاهده شد. تفاوت معنی‌داری بر ارتفاع گیاه در مرحله توقف آبیاری در مرحله پرشدن و محلول‌پاشی پوترسین و همچنین مرحله توقف آبیاری در مرحله گلدهی و محلول‌پاشی پوترسین با مرحله آبیاری معمول و محلول‌پاشی پوترسین با غلظت ۱۵۰ قسمت درمیلیون مشاهده نگردید (جدول یک). به‌نظر می‌رسد محلول‌پاشی با پوترسین با غلظت ۱۵۰ قسمت در میلیون باعث افزایش ارتفاع گیاه می‌گردد. نتایج حاکی از نقش گسترده پلی‌آمین‌ها در فرآیندهای بیولوژیکی شامل رشد و نمو، تقسیم سلولی و پاسخ‌های فیزیولوژیکی مناسب به تنش‌های محیطی از جمله تنش کم‌آبی می‌باشد که با نتایج سایر محققان در رابطه با اثر محلول‌پاشی پوترسین و عناصر غذایی بر عملکرد دانه و کیفیت دو رقم گندم نان مطابقت داشت (سادات عمادی وهمکاران، ۱۳۹۲).

طول سنبله

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد اثرات ساده قطع آبیاری و محلول‌پاشی پوترسین و اثرات متقابل عوامل تحقیق بر طول سنبله تاثیر معنی‌داری داشت و اختلافات به‌دست آمده از نظر آماری در سطح یک و پنج درصد معنی‌دار شد (جدول یک). کم‌ترین طول سنبله ۸/۸۶ سانتی‌متر در مرحله توقف آبیاری در مرحله گلدهی و محلول‌پاشی با آب خالص و بیش‌ترین طول سنبله ۱۱/۰۶ سانتی‌متر در آبیاری معمول و محلول‌پاشی پوترسین با غلظت ۱۵۰ قسمت در میلیون حاصل شد (جدول سه). به‌نظر کاربرد پوترسین از طریق افزایش میزان گلدهی سبب افزایش طول سنبله، افزایش جنین‌زایی و نمو گل در گیاه گردید. نتایج حاصل از این تحقیق با مطالعات لارسون و همکاران (Larson *et al*., 2009) همخوانی داشت.

جدول ۱- تجزیه واریانس برخی از صفات مرفولوژیکی و اجزای عملکرد گندم

Table 1. Analysis of variance for morphologic characteristics and yield and yield Components wheat.

(S.O.V)	منابع تغییر	درجه آزادی df	M.S میانگین مربعات			
			عملکرد بیولوژیک Biologic yield	عملکرد دانه Grain yield	وزن هزار دانه T. grain weight	دانه در سنبله Grain per ear
Replication	تکرار	2	1940.47^{ns}	10569.17^{ns}	0.021^{ns}	1.99^{ns}
Irrigation	آبیاری	3	3008079.75**	1916555.94*	211.98**	338.73**
Error A	خطای عامل اصلی	6	8490.32	38867.75	0.020	0.407
Put foliar	محلول‌پاشی پوترسین	2	835512.93*	472654.81^{ns}	8.84*	75.69^{ns}
Irrigation × P.F.A	آبیاری × پوترسین	6	336466.75*	55577.78*	2.18*	34.56*
Error B	خطای عامل فرعی	16	246466.75	411523.86	2.08	25.67
C.V	ضریب تغییرات		13.26	13.99	3.45	10.20

ns , *، ** به ترتیب فاقد اختلاف معنی‌دار، اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد و اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد

ns, *,** In turn, no significant difference, significant difference at 5 % level and 1 % levels

ادامه جدول ۱

Continued Table 1

(S.O.V)	منابع تغییر	درجه آزادی df	M.S میانگین مربعات			
			سنبله در مترمربع Ear per mm^2	طول سنبله Ear length	ارتفاع گیاه Height plant	شاخص برداشت HI
Replication	تکرار	2	260.31^{ns}	0.010^{ns}	0.046^{ns}	0.468^{ns}
Irrigation	آبیاری	3	3116.89^{ns}	2.08^{**}	194.08^{**}	24.03^{ns}
Error A	خطای عامل اصلی	6	182.77	0.030	1.55	1.97
Put foliar	محلول‌پاشی پوترسین	2	4597.90^{ns}	2.54^{**}	24.04^{ns}	4.98^{ns}
Irrigation × P.F.A	آبیاری × پوترسین	6	2170.21^{**}	0.269^{*}	22.44^{**}	0.210^{ns}
Error B	خطای عامل فرعی	16	1951.02	0.163	17.56	28.65
C.V	ضریب تغییرات		9.58	3.99	5.24	13.13

ns ،* ،** به ترتیب فاقد اختلاف معنی‌دار، اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد و اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد

ns, *,** In turn, no significant difference , significant difference at 5 % level and 1 % levels

تعداد دانه درسنبله

براساس نتایج جدول تجزیه واریانس تعداد دانه در سنبله تحت تاثیر اثرات ساده تنش قطع آبیاری و اثرات متقابل تیمارها قرارگرفت و اختلافات به‌وجود آمده از نظر آماری در سطح یک و پنج درصد معنی‌دار بود؛ اما اثرات ساده عوامل محلول‌پاشی پوترسین تاثیر معنی‌داری بر تعداد دانه در سنبله نداشت (جدول یک). کم‌ترین تعداد دانه درسنبله از تیمار توقف آبیاری در مرحله گلدهی و محلول‌پاشی با آب خالص با میانگین ۳۶ عدد و بیش‌ترین تعداد دانه درمرحله آبیاری و محلول‌پاشی با پوترسین با غلظت ۱۵۰ قسمت در میلیون، ۵۵ عدد که دارای اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد بود (جدول سه). به‌نظر می‌رسد که توقف آبیاری در مرحله گلدهی از طریق کاهش تعداد دانه‌های بارور در سنبله سبب کاهش تعداد دانه در سنبله گردید. تعداد دانه در سنبله یکی از سه جزو اصلی عملکرد دانه غلات منجمله گندم است. در این میان تعداد دانه در سنبله از زمان ورود گیاه به فاز زایشی و در واقع در طی گلدهی تعیین می‌گردد. بنابراین هر گونه شرایط غیرمطلوب در این زمان سبب اختلال در تشکیل تعداد دانه مطلوب در سنبله‌ها گردید که به ناچار کاهش نهایی عملکرد را به‌دنبال داشت. نتایج حاصل ازین پژوهش با مطالعات فاروق و همکاران (Farooq *et al*., 2009) درمورد اثرات تنش قطع آبیاری درتعداد دانه درسنبله گندم همخوانی داشت

وزن هزاردانه

نتایج مشخص نمود وزن هزار دانه تحت تاثیر اثرات ساده قطع آبیاری و محلول‌پاشی پوترسین و اثرات متقابل عوامل تحقیق قرارگرفت و اختلافات به‌وجود آمده از نظر آماری در سطح یک و پنج درصد معنی‌دار شد (جدول یک). توقف آبیاری در مرحله ساقه‌دهی، منجر به کاهش وزن هزار دانه شد. کم‌ترین میزان وزن دانه (هزار دانه) در مرحله توقف آبیاری در مرحله پرشدن دانه به‌میزان ۳۵/۵ گرم و بیش‌ترین میزان وزن هزار دانه در مرحله آبیاری معمول با متوسط۴۷/۰۷ گرم بود (جدول دو). جدول مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد بیش‌ترین مقدار وزن هزار دانه از تیمار آبیاری معمول و محلول‌پاشی پوترسین با غلظت ۱۵۰ قسمت در میلیون با متوسط ۴۷/۸۵ گرم به‌دست آمد که از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با تیمارهای آبیاری معمول و محلول‌پاشی با آب خالص و آبیاری معمول و محلول‌پاشی پوترسین با غلظت ۷۵ قسمت در میلیون نداشت و هر سه تیمار در یک گروه آماری جای گرفتند (جدول سه). کم‌ترین میزان وزن هزار دانه از تیمار توقف آبیاری در مرحله پر شدن دانه و محلول‌پاشی با آب خالص با میانگین ۳۴/۵۶ گرم

حاصل شد. طول دوره موثر پرشدن دانه با وزن هزار دانه ارتباط معنی‌دار نشان داد. قطع آبیاری در هر مرحله بین شروع سنبله‌دهی و بلوغ، یک عامل کاهش معنی‌دار در وزن دانه در گندم محسوب می‌شود؛ ارتباط بین قطع آبیاری در مراحل نزدیک یا هم‌زمان با گلدهی و پس از آن، با وزن هزار دانه به این صورت توجیه می‌شود که در زمان بروز تنش، تعداد دانه آنقدر کاهش می‌یابد تا گیاه بتواند دانه‌های باقیمانده را پر کند، اما اگر خشکی همچنان ادامه یابد و شدت آن زیادتر شود منجر به کاهش وزن دانه خواهد شد که با نتایج سایر محققان مطابقت داشت (Liu *et al*., 2008)

عملکرد دانه

براساس نتایج جدول تجزیه واریانس اثرات ساده آبیاری و اثرات متقابل آبیاری و محلول‌پاشی پوترسین در سطح پنج درصد بر عملکرد دانه معنی‌دار شد اما اثرات ساده محلول‌پاشی پوترسین، هرچند اختلافات معنی‌داری داشت؛ اما این اختلافات از نظر آماری معنی‌دار نشد (جدول یک). بیش‌ترین عملکرد دانه از تیمارآبیاری معمول و محلول‌پاشی برگی پوترسین در تیمار با غلظت۱۵۰ قسمت در میلیون با $kg.ha^{-1}$ ۶۵۸۲/۳ به‌دست آمد که از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با تیمارهای آبیاری معمول و محلول‌پاشی با آب خالص و آبیاری معمول و محلول‌پاشی پوترسین با غلظت ۷۵ قسمت در میلیون نداشت و هر سه تیمار در یک گروه آماری جای گرفتند (جدول سه) و کم‌ترین عملکرد دانه در مرحله قطع آبیاری در مرحله گلدهی و محلول‌پاشی با آب خالص با $kg.ha^{-1}$ ۵۰۴۵/۷ به‌دست آمد که تفاوت از لحاظ آماری معنی‌دار بود، درحالی‌که محلول‌پاشی پوترسین با غلظت ۷۵ قسمت در میلیون تاثیر معنی‌داری نسبت محلول‌پاشی با آب خالص از خود نشان نداد. افزایش عملکرد دانه بیش‌تر ناشی از افزایش تعداد دانه در سنبله می‌باشد. به‌نظر محلول‌پاشی پوترسین می‌تواند سبب افزایش تجمع تولیدات فتوسنتزی در بافت گل‌ها در گیاه و افزایش عملکرد دانه شود. از سویی دیگر کاربرد خارجی پلی‌آمین‌ها از جمله پوترسین می‌تواند سبب افزایش تحمل گیاه نسبت به تنش‌های محیطی از جمله تنش خشکی شود. تحقیقات رهودس و همکاران (Rhodes *et al.*, 2004) نشان داد که افزایش سنتز و انباشتگی اسمولیت‌ها از جمله پلی‌آمین‌ها می‌تواند موجب تداوم جذب آب گردد، از این‌رو نقش مهمی را در تحمل گیاه به خشکی ایفا می‌کند. به‌بیانی دیگر با افزایش میزان محلول‌پاشی با پوترسین از یک طرف سبب افزایش اندام‌های هوایی شده و سبب افرایش عملکرد بیولوژیک می‌گردد و از سویی دیگر با افزایش میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی و افزایش میزان تولید مواد فتوسنتزی سبب افزایش عملکرد دانه می‌گردد.

عملکرد بیولوژیک

نتایج مشخص نمود عملکرد بیولوژیک تحت تاثیر اثرات ساده قطع آبیاری و محلول‌پاشی پوترسین و اثرات متقابل عوامل تحقیق قرارگرفت و اختلافات به‌وجود آمده از نظر آماری در سطح یک و پنج درصد معنی‌دار شد (جدول یک). در تمامی تیمارهای محلول‌پاشی برگی پوترسین، عملکرد دانه با صفات طول سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک و تعداد سنبله در مترمربع همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت ($P<0.05$) (جدول یک). بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک از تیمار آبیاری معمول و محلول‌پاشی با پوترسین با غلظت۱۵۰ قسمت در میلیون با میانگین ۱۵۲۳۴/۶ کیلوگرم در هکتار بود که از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با تیمارهای آبیاری معمول و محلول‌پاشی با آب خالص و آبیاری معمول و محلول‌پاشی پوترسین با غلظت ۷۵ قسمت در میلیون نداشت و هر سه تیمار در یک گروه آماری جای گرفتند (جدول سه) و کم‌ترین عملکرد بیولوژیک در مرحله قطع آبیاری در مرحله گلدهی و محلول‌پاشی با آب خالص با $kg.ha^{-1}$ ۱۳۲۴۵/۴ به‌دست آمدکه با مطالعات ادوارد و رایت (Edward and Wright, 2008) هم‌خوانی داشت. در گندم افزایش عملکرد بیولوژیک با افزایش در شمار دانه و وزن دانه مرتبط است.

جدول ۲- مقایسه میانگین اثرات ساده آبیاری و محلول‌پاشی پوترسین بر صفات مورفولوژیک گندم

Table 2. The mean comparison of putrescine foliar application and cut irrigation on some morphologic characteristics

		ارتفاع گیاه Plant Height (cm)	طول سنبله (cm) Ear length (cm)	سنبله در مترمربع Ear per m^2 (No)	دانه در سنبله Grain per ear (No)
Irrigation	آبیاری				
Normal irrigation	آبیاری معمول	82.61 ^{a}	10.63 ^{a}	478.41 ^{a}	54.27 ^{a}
Cut irrigation in stem elongation	قطع آبیاری در مرحله ساقه دهی	73.01 ^{b}	10.35 ^{ab}	435.27 ^{a}	50.65 ^{a}
Cut irrigation in flowering	قطع آبیاری در مرحله گلدهی	81.45 ^{a}	9.51 ^{c}	460.39 ^{a}	40.72 ^{b}
Cut irrigation in grain filling	قطع آبیاری در مرحله پر شدن دانه	82.64 ^{a}	10.03 ^{b}	469.59 ^{a}	52.93 ^{a}
Putrescine foliar application	محلول پاشی پوترسین				
Water foliar application	محلول پاشی با آب خالص	78.45^{a}	9.70^{c}	439.63^{a}	47.00^{b}
Putrescine foliar application(75 ppm)	محلول پاشی پوترسین با غلظت ۷۵ppm	80.08^{a}	10.08^{b}	464.98^{a}	49.92^{ab}
Putrescine foliar application(150 ppm)	محلول پاشی پوترسین با غلظت ۱۵۰ppm	81.270^{a}	10.616^{a}	478.14^{a}	52.00^{a}

.میانگین‌های داده شده در هر ستون که دارای حروف مشترک می‌باشند، تفاوت‌شان از نظر آماری در سطح پنج درصد دانکن معنی-دار نیست.

No significant difference at 5 % level Duncan for means which have the same letters in each column

دامه جدول ۲

Continued Table 2

		وزن هزار دانه T. grain weight (g)	عملکرد دانه Grain yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد بیولوژیک Biologic yield ($kg.ha^{-1}$)	شاخص برداشت Harvest index (%)
Irrigation	آبیاری				
Normal irrigation	آبیاری معمول	47.07 ^{a}	6427.0 ^{a}	15004.4^{a}	42.87 ^{a}
Cut irrigation in stem elongation	قطع آبیاری در مرحله ساقه دهی	43.50 ^{b}	5861.2 ^{ab}	14281.7 ^{b}	41.07 ^{a}
Cut irrigation in flowering	قطع آبیاری در مرحله گلدهی	41.19 ^{c}	5307.1^{b}	13592.2 ^{c}	39.07^{a}
Cut irrigation in grain filling	قطع آبیاری در مرحله پر شدن دانه	35.50 ^{d}	5740.0^{b}	14377.3^{b}	39.98^{a}
Putrescine foliar application	محلول‌پاشی پوترسین				
Water foliar application	محلول‌پاشی با آب خالص	40.91^{b}	5624.9^{a}	14030.0^{b}	40.09^{a}
Putrescine foliar application(75 ppm)	محلول‌پاشی پوترسین با غلظت ۷۵ppm	41.92^{ab}	5856.8^{a}	14359.9^{ab}	40.78^{a}
Putrescine foliar application(150 ppm)	محلول‌پاشی پوترسین با غلظت ۱۵۰ppm	42.62^{a}	6019.8^{a}	14551.7^{a}	41.37^{a}

میانگین‌های داده شده در هر ستون که دارای حروف مشترک می‌باشند، تفاوت‌شان از نظر آماری در سطح پنج درصد دانکن معنی-دار نیست.

No significant difference at 5 % level Duncan for means which have the same letters in each column.

شاخص برداشت

کم‌ترین شاخص برداشت در مرحله قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی و محلول‌پاشی با آب خالص با ۳۸/۱۶ درصد و بیش‌ترین شاخص برداشت در مرحله آبیاری معمول و محلول‌پاشی پوترسین (۱۵۰ قسمت در میلیون) با ۴۳/۱۶ درصد بود که اختلاف از لحاظ آماری معنی‌دار نبود. به‌نظر می‌رسد در این تحقیق قطع آبیاری در مراحل مختلف رشد، انتقال مجدد مواد فتوسنتزی منجر به کاهش فتوسنتز جاری گیاه و از کاهش شدید شاخص برداشت ممانعت شد. شاخص برداشت در مرحله قطع آبیاری در مرحله گلدهی کم‌ترین میزان با ۳۸/۱۶ درصد بود که محلول‌پاشی پوترسین منجر به افزایش شاخصه فوق به‌صورت معنی‌داری گردید که با نتایج ماهاجان (Mahajan, 2005) مطابقت داشت. شاخص برداشت هدف غایی غلات درحال رشد است و گیاهان درحالت قطع آبیاری و کمبود آب، تفاوت‌های زیادی در میزان شاخص برداشت با یکدیگرنشان می‌دهند. دستیابی به عملکرد دانه بالا بایستی بین میزان رشد قبل و بعد از گرده افشانی توازن وجود داشته باشد. رشد کمتر قبل از گرده‌افشانی باعث کاهش عملکرد بیولوژیک گردید ولی باعث به حداکثر رساندن شاخص برداشت شد، درحالی‌که رشد بیش‌تر قبل از وقوع گرده‌افشانی، بیوماس را به حداکثر رساند ولی باعث کاهش شاخص برداشت گردید که با نتایج سادات عمادی و همکاران (۱۳۹۲) مطابقت داشت در واقع می توان گفت اثرات تنش خشکی در شاخص برداشت بسیار پیچیده است و تداخل بین زمان و شدت تنش وارده، تعیین کننده اجزای عملکرد گیاه است.

نتیجه‌گیری کلی

رشد و خصوصیات مورفولوژیک گندم تحت تاثیر تنش قطع آبیاری نامناسب بود در عین حال، کاربرد پلی‌آمین‌ها به‌خصوص به‌میزان ۱۵۰ قسمت در میلیون در گیاهان تحت تنش قطع آبیاری، موجب تخفیف اثر تنش و بهبود وضعیت گیاه تا حد معمول گردید. در مجموع، محلول‌پاشی برگی پوترسین باعث ارتقای تمامی شاخصه‌های فوق و عدم اختلاف معنی‌دار نسبت به مرحله آبیاری معمول گشت که این نتایج با مطالعات سایر محققان درمورد گیاه توتون و سویا درمورد تنش مطابقت داشت (Liu *et al*., 2006). سیستم ریشه گیاه در تنش خشکی با تولید بیوماس زیاد در وهله اول توانایی خود را برای استخراج آب بیش‌تر از خاک و انتقال آن به قسمت‌های فوتوسنتزی افزایش می‌دهد. در وهله دوم گیاه با تغییردر رنگدانه‌های فتوسنتزی تحمل خود نسبت به تنش خشکی را افزایش می‌دهد اما شدت و طول اثر تنش در مقابله گیاه با عوامل تنش‌زا بسیار مهم است.

جدول ۳ - مقایسه میانگین اثرات متقابل آبیاری و محلول‌پاشی پوترسین بر صفات مرفولوژیکی و عملکرد گندم

Table 3- The mean comparison of putrescine foliar application and cut irrigation on some morphological characteristics and yield wheat

تیمار Treatment	تیمار Treatment	وزن هزار دانه T. grain weight(g)	عملکرد دانه Grain yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد بیولوژیک Biologic yield ($kg.ha^{-1}$)	شاخص برداشت Harvest index (%)
آبیاری Irrigation	محلول‌پاشی پوترسین Putrescine foliar application				
آبیاری معمول Normal irrigation	محلول‌پاشی با آب خالص Water foliar application	46.20^{ab}	6278.2^{ab}	14754.8^{abc}	42.58^{a}
	محلول‌پاشی پوترسین با غلظت ۷۵ ppm Putrescine foliar application(75 ppm)	47.16^{a}	6420.4^{ab}	15023.7^{ab}	42.79^{a}
	محلول‌پاشی پوترسین با غلظت ۱۵۰ppm Putrescine foliar application(150 ppm)	47.85^{a}	6582.3^{a}	15234.6^{a}	43.24^{a}
قطع آبیاری در مرحله ساقه دهی cut irrigation in stem elongation	محلول‌پاشی با آب خالص Water foliar application	42.26^{de}	5662.8^{abc}	13987.5^{cdef}	40.53^{a}
	محلول‌پاشی پوترسین با غلظت ۷۵ ppm Putrescine foliar application(75 ppm)	43.71^{cd}	5875.4^{abc}	14325.6^{bcde}	41.04^{a}
	محلول‌پاشی پوترسین با غلظت ۱۵۰ppm Putrescine foliar application(150 ppm)	44.54^{bc}	6045.5^{abc}	14532.1^{abcd}	41.66^{a}
قطع آبیاری در مرحله گلدهی Cut irrigation in flowering	محلول‌پاشی با آب خالص Water foliar application	40.63^{e}	5045.7^{c}	13245.4^{f}	38.16^{a}
	محلول‌پاشی پوترسین با غلظت ۷۵ppm Putrescine foliar application(75 ppm)	41.09^{e}	5342.8^{bc}	13654.6^{ef}	39.16^{a}
	محلول‌پاشی پوترسین با غلظت ۱۵۰ppm Putrescine foliar application(150 ppm)	41.85^{de}	5532.7^{abc}	13876.5^{def}	39.90^{a}
قطع آبیاری در مرحله پر شدن دانه cut irrigation in grain filling	محلول‌پاشی با آب خالص Water foliar application	34.56^{f}	5512.7^{abc}	14132.4^{cde}	39.08^{a}
	محلول‌پاشی پوترسین با غلظت ۷۵ppm Putrescine foliar application(75 ppm)	35.71^{f}	5788.6^{abc}	14435.8^{bcde}	40.14^{a}
	محلول‌پاشی پوترسین با غلظت ۱۵۰ ppm Putrescine foliar application(150 ppm)	36.24^{f}	5918.6^{abc}	14563.6^{abcd}	40.71^{a}

میانگین‌های داده شده در هر ستون که دارای حروف مشترک می‌باشند، تفاوت‌شان از نظر آماری در سطح پنج درصد دانکن معنی‌دار نیست.

No significant difference at 5 % level Duncan for means which have the same letters in each column

ادامه جدول ۳

Continued Table 3

تیمار Treatment	تیمار Treatment	دانه در سنبله . Grain per ear (N.o)	سنبله در متر مربع .Ear per m^2 (N.o)	طول سنبله Ear length (cm)	ارتفاع گیاه Plant Height (cm)
آبیاری rrigation]	محلول‌پاشی پوترسین Putrescine foliar application				
آبیاری معمول Normal irrigation	محلول‌پاشی با آب خالص Water foliar application	52.93^{a}	459.45^{ab}	10.26^{bcd}	81.21^{ab}
	محلول‌پاشی پوترسین با غلظت ۷۵ ppm Putrescine foliar application(75 ppm)	54.63^{a}	487.78^{a}	10.56^{abc}	82.58^{a}
	محلول‌پاشی پوترسین با غلظت ۱۵۰ppm Putrescine foliar application(150 ppm)	55.26^{a}	487.98^{a}	11.06^{a}	84.04^{a}
توقف آبیاری در مرحله ساقه دهی cut irrigation in stem elongation	محلول‌پاشی با آب خالص Water foliar application	48.43^{abc}	407.97^{b}	10.06^{cde}	70.29^{d}
	محلول‌پاشی پوترسین با غلظت ۷۵ ppm Putrescine foliar application(75 ppm)	50.40^{ab}	435.43^{ab}	10.23^{bcd}	73.61^{cd}
	محلول‌پاشی پوترسین با غلظت ۱۵۰ ppm Putrescine foliar application(150 ppm)	53.13^{a}	462.42^{ab}	10.76^{ab}	75.14^{bcd}
توقف آبیاری در مرحله گلدهی cut irrigation in flowering	محلول‌پاشی با آب خالص Water foliar application	36.36^{d}	435.79^{ab}	8.86^{f}	79.98^{abc}
	محلول‌پاشی پوترسین با غلظت ۷۵ppm Putrescine foliar application(75 ppm)	41.30^{cd}	464.85^{ab}	9.46^{ef}	81.45^{ab}
	محلول‌پاشی پوترسین با غلظت ۱۵۰ ppm Putrescine foliar application(150 ppm)	44.50^{bc}	480.52^{ab}	10.20^{bcd}	82.94^{a}
توقف آبیاری در مرحله پر شدن دانه cut irrigation in grain filling	محلول‌پاشی با آب خالص Water foliar application	50.30^{ab}	455.28^{ab}	9.60^{de}	82.31^{a}
	محلول‌پاشی پوترسین با غلظت ۷۵ppm Putrescine foliar application(75 ppm)	53.36^{a}	471.86^{ab}	10.06^{cde}	82.68^{a}
	محلول‌پاشی پوترسین با غلظت ۱۵۰ ppm Putrescine foliar application(150 ppm)	55.13^{a}	481.62^{ab}	10.43^{abc}	82.94^{a}

میانگین‌های داده شده در هر ستون که دارای حروف مشترک می‌باشند، تفاوت‌شان از نظر آماری در سطح پنج درصد دانکن معنی‌دار نیست.

No significant difference at 5 % level Duncan for means which have the same letters in each column

منابع **References**

خشوئی، س. ۱۳۸۹. بررسی تاثیر کم‌آبی و تراکم بوته بر برخی از صفات زراعی و مورفوفیزیولوژیک و بیوشیمیائی دو رقم سویا در منطقه ورامین. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی ، دانشگاه آزاد اسلامی ورامین- پیشوا.

سادات عمادی، م.، حسیبی، پ.، عظیمی، ع. ۱۳۹۲. اثر محلول‌پاشی پوترسین وعناصر غذایی بر عملکرد دانه وکیفیت دو رقم گندم نان. مجله علوم زراعی ۱۵(۳) :۲۴۱-۲۶۷.

Edward, D., Wright, D. 2008.The effect of winter water logging and summer drought on growth and yield of winter wheat (*Triticium aestivum* L.).European Journal of Agronomy,28: 234-244.

Farooq, M., Vahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D., Basra, S.M.A. 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. Agronomy Sustain Development ,29:185-212.

Groppa, M.D., Benavides, M.P. **2008** . Polymines and abiotic stress: recent advances. Amino Acids, 34:35-45.

Gorecka, K., Cvikrova, M., Kowalska, U., Eder, J., Szafranska, K., Gorecki, R., Janas, K.M. **2007**. The impact Cu treatment on phenolic and polyamine levels in plant material regenerated form embyos obtained in another culture of carrot. Plant physiology and Biochemistry, 45:54-61.

Larson, K.L., Eastin, J.D. 2009. Drought injury and resistance in crop. GSSA special publication Crop science of America. Madison, Wisconnsin.

Liu, J.H., Inoue, H., Moriguchi, T. 2008. Salt stress-induced changes in free polyamine titers and expression of genes responsible for polyamine biosynthesis of apple in vitro shoots. Environmental Experimental Biology, 62:28-35.

Liu, J., Kitashiba, H., Wang, J., Ban, Y., Morigushi, T. 2007. Polymines and their ability to provide environmental stress tolerance to plants. Plant Biotechnology, 24:117-126.

Liu, J., Yu, B.J., Liu, Y.L. 2006. Effects of spermidine and sperimine levels on salt tolelerance associated with tonoplast H^+ ATP ase and H^+ ase activities in barley rooley roots. Plant Growth Regulation, 49:119-126.

Mahajan, S., Tuteja, N. 2005. Cold, salinity and drought stresses: An overview. Archives of Biochemistry and Biophysics. 444: 139-158.

Martin-Tanguy, J. 2011. Metabolism and function of polyamines in plants: recent development (new approaches). Plant Growth Regulation, 34:135-148.

Turner, N.C., Jones, M.M. 1981. Turnor maintenance by osmotic adjustment a review evaluation. In Turner, N C and Kramer, P.J (eds). Adaption of plants to water and high temperature stress Wiley. New York, Ny. USA. P. 81- 103.