تغییرات فیزیولوژیک در گیاهان گندم بر اثر تیمار بذری با سالیسیلیک اسید تحت شرایط کشت دیر هنگام

مهدی عبداللهی[*۱]
فرید شکاری[۲]

تاریخ دریافت : ۹۲/۸/۲۶
تاریخ تصویب : ۹۳/۲/۲

چکیده

به منظور بررسی اثرات پرایمینگ با سالیسیلیک اسید بر شاخص‌های فیزیولوژیک گندم، رقم الوند، در شرایط دیر کاشتی و مقایسه آن با کاشت معمول، آزمایشی مزرعه‌ای در سال زراعی (۸۹- ۱۳۸۸) به اجرا در آمد. در این آزمایش اثرات ۷ سطح پرایمینگ بذر با سالیسیلیک اسید شامل شاهد (بذر تیمار نشده)، ٤٠٠، ٨٠٠، ١٢٠٠، ١٦٠٠، ٢٠٠٠ و ٢٤٠٠ میکرومولار، در دو تاریخ کاشت معمول در منطقه (اول آبان) و کاشت دیر هنگام (اول آذر) بررسی گردید. نتایج نشان داد که اثر پرایمینگ با سالیسیلیک اسید بر شاخص سطح برگ، وزن خشک (بوته، ساقه، طوقه، سنبله و برگ)، پایداری غشاء، محتوای نسبی آب، دمای کانوپی

[۱] کارشناس ارشد زراعت، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان؛ Abdolahimehdi88@gmail.com
[۲] دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان؛ Faridshekari@yahoo.com

و عملکرد دانه معنی‌دار بود. بالاترین وزن خشک (بوته، طوقه و برگ)، عملکرد دانه و کمترین میزان نشت الکترولیت در غلظت ۱۲۰۰ میکرومولار سالیسیلیک اسید مشاهده گردید. کاربرد سالیسیلیک اسید موجب بهبود وضعیت آبی گیاه و افزایش مقدار محتوای نسبی آب و همچنین افزایش سطح برگ و شاخص سطح برگ گردید. در مقابل، دمای کانوپی در گیاهان تیمار شده بطور معنی‌داری پایین‌تر از گیاهان شاهد بود. کاهش دمای برگ نشان دهنده گشودگی بیشتر روزنه و تعرق بیشتر به دلیل بهبود وضعیت آب گیاه می‌تواند باشد. به نظر می‌رسد کاهش میزان نشت الکترولیت و همچنین افزایش سطح برگ و میزان فتوسنتز گیاه موجبات افزایش تولید بیوماس و ماده خشک گیاهی را فراهم آورده است.

واژه های کلیدی: پایداری غشاء، پرایمینگ، دمای برگ، دیر کاشتی، سالیسیلیک اسید، محتوای نسبی آب.

مقدمه

گندم به عنوان یکی از مهم‌ترین محصولات زراعی، در اغلب مناطق معتدله ایران به صورت پاییزه کشت می‌شود. خطرپذیری آب و هوایی از جمله عواملی است که همواره در میزان تولید گندم در بسیاری از مناطق موثر بوده است. دمای پایین دوره رشد گیاه را به تاخیر می‌اندازد و بازه رشد را طولانی‌تر می‌کند. بطور کلی، دماهای پایین از تنش‌های محدود کننده رشد اولیه و تولید گندم است (Fowler *et al*., 1996). برای رسیدن به حداکثر مقاومت به سرما و همچنین تامین انرژی کافی برای رشد در بهار لازم است که گیاه سالم و قوی قبل از فرارسیدن زمان یخبندان در مزرعه استقرار یابد. برای نیل به این هدف توجه به عوامل مختلفی از جمله رعایت تاریخ کاشت مناسب بسیار مهم است. گزارش‌هایی وجود دارند که نشان می‌دهد اعمال تاریخ‌های کاشت زود و یا دیر در مقایسه با تاریخ کاشت مناسب باعث کاهش مقاومت به سرما می‌شوند (La Vega and Hall., 2002).

کشت دیرهنگام به علت کوتاهی دوره رشد، امکان رسیدن به اندازه مطلوب را به گیاهچه نداده و در نتیجه زمستان‌گذرانی موفق نخواهد بود (Jose *et al*., 2004; Oktem *et al*., 2004). در

چنین شرایطی استفاده از روش پرایمینگ یکی از روش‌های بهبود کارکرد بذر و افزایش کیفیت بذر در شرایط نامساعد محیطی می‌باشد (Basra *et al*., 2004). پرایمینگ بذر عبارت است از آبنوشی کنترل شده پیش از کاشت بذر و به دنبال آن پسابیدگی بذر است، که یک شیوه معمول برای افزایش سرعت و یکنواختی جوانه‌زنی و سبز شدن تحت شرایط تنش و غیر تنش می‌باشد (Ashraf and Foolad., 2005). پرایمینگ خسارت ناشی از جذب آب در دمای پائین که به واسطه کاشت بذر در خاک‌های سرد بوجود می‌آید را کاهش می‌دهد و علاوه بر آن درصد و سرعت جوانه‌زنی و سبز شدن را در این شرایط افزایش می‌دهد (Arif., 2005).

سالیسیلیک اسید از ترکیبات فنولی است که در گیاهان تولید می‌شود. ترکیبات این گروه می‌توانند به عنوان تنظیم‌کننده رشد عمل کنند (Aberg, 1981). علاوه بر این سالیسیلیک اسید را می‌توان در دسته هورمون‌های گیاهی قرار داد (Raskin, 1992). سالیسیلیک اسید نقش مهمی را در ایجاد مقاومت به تنش‌های محیطی (Raskin, 1992) و از جمله در برابر تنش سرما، در برخی گیاهان (Tasgin *et al*., 2003; Wang and Li., 2006; Fung *et al*., 2004; Farooq *et al*., 2008) بر عهده دارد. Singh. و Usha (2003) بیان کردند که خیساندن بذرهای گندم در محلول سالیسیلیک اسید منجر به تولید گیاهچه‌هایی با محتوای رطوبتی، وزن خشک و کلروفیل کل، فعالیت کربوکسیلازی روبیسکویی، فعالیت سوپر اکسید دیسموتاز (SOD) بالاتری در مقایسه با گیاهچه‌های تیمار نشده در شرایط نرمال و تنش، گردید. درگندم‌های پرایم شده با سالیسیلیک اسید تجمع گونه‌های فعال اکسیژن القاء شده بوسیله تنش بطور معنی‌داری پایین‌تر از گیاهان تیمار نشده بودند (Sakhabutdinova *et al*., 2004). در گزارشی اظهار گردید افشانه کردن سالیسیلیک اسید در گندم تحت تنش سرما اثرات متفاوتی را بر گیاه نشان داد. هنگامی که سالیسیلیک اسید ۲٤ ساعت پس از اعمال تنش به گیاهان افشانه شد، موجب گردید تا میزان فتوسنتز، تعرق و هدایت روزنه‌ای کاهش یابد، ولی میزان پراکسیداسیون لیپیدها و غلظت پراکسیداز افزایش یابد. در مقابل، تیماردهی گیاهان ۲٤ ساعت پیش از اعمال تنش سرما موجب محافظت فعالیت روبیسکو و محتوای کلروفیل گردید. همچنین، فعالیت گلیکولات اکسیداز، کاتالاز، پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز در گیاهان تیمار شده با سالیسیلک اسید افزایش نشان داد (Yordanova and Popova, 2007). تیمار کردن گیاهان لوبیا و گوجه فرنگی با سالیسیلیک اسید یا استیل سالیسیلیک اسید موجب شد تا گیاهان در برابر تنش‌های گرما،

سرما و خشکی مقاوم شوند (Senaratna et al., 2000). مشاهده گردید تیمار گیاهان جوان ذرت با سالیسیلیک اسید در شرایط مطلوب، گیاهان را از تنش دمای پایین بعدی محافظت کرد. همچنین، در گیاهان تیمار شده میزان فلورسانس کلروفیل و نشت الکترولیت‌ها کاهش یافت (Janda *et al.*, 1999). از سوی دیگر، در گیاهان لوبیا چشم بلبلی تیمار شده با سالیسیلیک اسید که در معرض تنش خشکی قرار گرفته بودند، سرعت بهبود و بازیافت رشد، فتوسنتز، تعرق و هدایت روزنه‌ای پس از رفع تنش نیز به صورت معنی‌داری بیشتر از گیاهان تیمار نشده بود (پاکمهر، ۱۳۸۸).

به طور معمول گندم پاییزه در اغلب مناطق سردسیر با تنش دمای پائین مواجه می‌شود. هدف از اجرا آزمایش بررسی اثرات کاربرد سالیسیلیک اسید بصورت پرایمینگ بذری، بر کارکردهای گیاهان گندمی بود که در شرایط دیرکاشت بطور مشخصی تحت تنش سرما قرار گرفته بودند (عبداللهی و شکاری، ۱۳۹۲ب)، با گیاهانی که در زمان مناسب کشت شده بودند و قبل از بروز دوره سرما رشد کافی داشتند، بود. به عبارت دیگر، پس از رفع سرما و شروع دوره رشد فعال گندم، گیاهان تیمار شده با سالیسیلیک اسید با چه نسبت و چه میزانی صدمات سرما در آنها کاهش پیدا کرده است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان واقع در عرض شمالی ٤٠ و ٣٦ ° و طول شرقی ٢٤ و ٤٨ ° و ارتفاع ١٦١٠ متر از سطح دریا و با استفاده از طرح آماری فاکتوریل بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. در مهر ۱۳۸۸ عملیات پخش یکنواخت کود سولفات پتاسیم و فسفات آمونیوم (هر کدام به مقدار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار)، زدن دیسک، تسطیح و ایجاد جوی و پشته بوسیله فاروئر صورت گرفت. هر کرت شامل دو پشته به عرض ٦٠ سانتی متر و طول ٥ متر بود که روی پشته‌ها ۳ خط کاشت به فاصله ۲۰ سانتی متر از هم قرار داشت. در این طرح سطوح پرایمینگ به عنوان فاکتور اول و تاریخ کاشت به عنوان فاکتور دوم مورد مطالعه و ارزیابی قرار گرفت. تیمارهای آزمایشی شامل پرایمینگ بذر با سالیسیلیک اسید در۷ غلظت شامل سطوح شاهد (بذر تیمار نشده)، ٤٠٠، ٨٠٠، ١٢٠٠، ١٦٠٠، ٢٠٠٠ و ٢٤٠٠ میکرومولار و دو تاریخ کاشت اول آبان و اول آذر بود. جهت انجام پرایمینگ، پس از تهیه غلظت‌های مختلف سالیسیلیک اسید بذرهای گندم، رقم الوند، به مدت ۱۲ ساعت در دمای ٤ °C، تحت تیمارهای مختلف سالسیلیک اسید غوطه‌ور شدند. سپس بذرها در دمای اتاق به

مدت ٤٨ ساعت هوا خشک گردیدند و پس از ضد عفونی با قارچ‌کش کاربوکسی تیرام به نسبت ۲ در هزار آماده کشت گردیدند و جهت کشت به مزرعه منتقل شدند. کاشت بذرها در دو تاریخ کاشت (اول آبان، تاریخ کاشت معمول و توصیه شده در منطقه و اول آذر، کاشت دیر هنگام) به طور دستی انجام شد.

صفات وزن خشک ساقه، برگ، طوقه، سنبله و کل بوته در مرحله گلدهی اندازه‌گیری گردید. برای این منظور از هر کرت ۱۰ بوته بصورت تصادفی انتخاب گردیده و بعد از انتقال به آزمایشگاه و جداسازی اجزای بوته و توزین آنها با ترازوی دقیق (با دقت ۰/۰۰۱)، این صفات گزارش گردیدند. برای اندازه‌گیری سطح برگ گیاهان نیز از دستگاه Leaf area meter (مدل VM-900 E/K) استفاده شد. شاخص سطح برگ[1] با اندازه‌گیری سطح برگ گیاهان موجود در نیم متر مربع زمین در مرحله پس از ظاهر شدن سنبله از غلاف برگ پرچم، از رابطه زیر محاسبه گردید (Hunt 1982).

LAI = Leaf Area/ Ground Area

به منظور اندازه‌گیری دمای کانوپی، دمای برگ توسط دماسنج تفنگی لیزری (مدل-Minitemp) Laser Radiation اندازه‌گیری شد. به طوریکه از هر کرت دمای ۱۰ برگ پرچم به طور تصادفی با استفاده از دماسنج ذکر شده ثبت گردید. سپس دمای کانوپی برای هر کرت با استفاده از معادله زیر بدست آمد (Klultenbereg and Bigger, 1992) :

دمای محیط – دمای برگ = دمای کانوپی

جهت اندازه گیری محتوای نسبی آب[2] (RWC) در ساعت ۱۰-۱۲ از برگ‌های ساقه اصلی ۳ بوته از هر کرت نمونه برداری انجام گرفت. برگ‌های جدا شده از هر بوته به طور جداگانه در کیسه‌های پلاستیکی قرار داده شد و برای جلوگیری از تلفات آب، نمونه‌ها روی تکه‌های یخ سریعاً به آزمایشگاه منتقل و وزن تر آنها اندازه‌گیری شد. سپس برگ‌ها در آب مقطر به مدت ٢٤ ساعت در دمای اتاق و نور کم جهت محاسبه وزن آماسیده[3] غوطه‌ور شدند و پس از این مدت نمونه‌ها به سرعت وزن آماسیده اندازه‌گیری شد. نهایتاً جهت اندازه‌گیری وزن خشک، نمونه‌ها را به مدت ٤٨ ساعت در دمای ۷۰درجه سانتی‌گراد در آون قرار داده و RWC طبق معادله زیر (Yamasaki and Dillenburg, 1999) محاسبه شد :

RWC = (وزن تر – وزن خشک) / (وزن آماسیده – وزن خشک) × ۱۰۰

صفت پایداری غشاء سلولی در مرحله گلدهی اندازه‌گیری شد. برای این منظور، از برگ‌های ما قبل آخر بوته که کاملاً توسعه یافته بودند، نمونه برداری شد. بخش میانی برگ‌ها به

[1] Leaf Area Index

[2] Relative Water Content

[3] Turgid Weight

قطعات یک سانتی متری بریده شدند. سپس ۰/۵گرم از این تکه‌های برگی انتخاب و با آب مقطر ۳ مرتبه شسته شدند. سپس این قطعات برگ در ظروف کوچک حاوی ۲۵ میلی لیتر آب مقطر قرار داده شدند. نمونه‌ها به مدت ۲٤ ساعت در دمای ۱۰ درجه سانتیگراد قرار داده شدند و بعد از این مدت، هدایت الکتریکی مایع درون ظروف با هدایت سنج (Electrical conductive meter , model: Inolab, WTW) اندازه‌گیری شد. سپس نمونه‌ها داخل اتوکلاو در دمای ۱۲۰ درجه سانتیگراد به مدت ۲۰ دقیقه قرار داده شدند تا کلیه بافت‌ها متلاشی شوند و پس از رسیدن به دمای تعادل ۲۵ درجه سانتیگراد توسط دستگاه هدایت الکتریکی آنها اندازه‌گیری شد. در نهایت با استفاده از رابطه زیر پایداری غشاء سلولی محاسبه گردید (Lutts *et al.*, 1996) :

= LT/L0*100
Electrolyte leakage (%)

Electrolyte leakage = نشت الکترولیتی

LT = هدایت الکتریکی قبل از اتوکلاو

L0= هدایت الکتریکی بعد از اتوکلاو

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای آماری MSTATC و SPSS انجام گرفت. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن ($P \leq 0.05$) انجام گردید.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس خصوصیات فیزیولوژیک در مرحله گلدهی نشان داد، تاریخ کاشت اثر معنی‌داری بر وزن خشک برگ، پایداری غشاء و محتوای نسبی آب نداشت. در مقابل پرایمینگ با سالیسیلیک اسید و اثر متقابل تاریخ کاشت و پرایمینگ بر روی تمامی صفات اثر معنی‌داری را نشان دادند(جدول۱). نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که پرایمینگ با سالیسیلیک اسید به طور موثری باعث افزایش میزان شاخص سطح برگ (LAI) در هر دو تاریخ کاشت شد (جدول ۲). در هر دو تاریخ کاشت سطح پرایم ٤۰۰ میکرومولار سالیسیلیک اسید دارای بالاترین میزان LAI در مرحله گل‌شکفتگی بود. سالیسیلیک اسید موجب جبران کاهش LAI و بهبود آن در تاریخ کاشت دوم شد، و حتی در تیمار ٤۰۰ میکرومولار سالیسیلیک اسید توانست به بالاتر از تیمار شاهد تاریخ کاشت اول (٥٤/۲٪ افزایش نسبت به تیمار شاهد دیر کاشتی) نیز برسد. LAI همچنین همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه داشت (جدول ۳). افزایش مقدار LAI باعث می‌شود تا میزان سطح فتوسنتز کننده گیاه بیشتر شده و میزان فتوسنتز در واحد سطح زمین نیز افزایش یابد که در نهایت موجب افزایش وزن خشک و بیوماس گیاه و بالاخره موجب افزایش عملکرد دانه‌ای خواهد شد. Tadashi و Theodore (1999)، بیان کردندکه تولید

ماده خشک گیاه وابستگی قوی با سطح برگ و سرعت فتوسنتز برگ دارد و برای رسیدن به سرعت بالاتر تولید ماده خشک لازم است که سرعت فتوسنتز با حفظ سطح برگ در سرتاسر فصل رشد بالا نگه داشته شود. از طرفی حفظ سطح برگ بیشتر در طول دوره های تنش بسیار مهم است، از این جهت که کربن بیشتری جهت فتوسنتز جذب می شود (Porwanto, 2003). Khodary (2004) گزارش کرد سالیسیلیک اسید موجب افزایش وزن تر و خشک شاخه‌ها و ریشه‌ها و افزایش سطح برگ در ذرت شد.

کاربرد سالیسیلیک اسید همچنین موجب افزایش وزن خشک اندام های مختلف بوته شد (جدول ۲). در وزن خشک بوته در تاریخ کاشت اول سطح پرایم ۱۲۰۰ میکرومولار سالیسیلیک اسید دارای بالاترین میزان (۷۶٪ افزایش نسبت به تیمار شاهد تاریخ کاشت اول) در بین تمام تیمارها بود. در وزن خشک ساقه و طوقه به ترتیب سطح پرایم ۲۴۰۰ و ۱۲۰۰میکرومولار سالیسیلیک اسید در تاریخ کاشت اول دارای بالاترین مقدار بودند. در حالی که در تاریخ کاشت دوم در هر دو این صفات سطح پرایم ۱۶۰۰ میکرومولار سالیسیلیک اسید بیشترین میزان را به خود اختصاص دادند. سالیسیلیک اسید همچنین باعث افزایش وزن خشک سنبله و برگ شد، بطوریکه سطح پرایم ۱۲۰۰ میکرومولار سالیسیلیک اسید در شرایط دیر کاشتی توانست ۲۱٪ وزن خشک برگ را نسبت به تیمار شاهد دیر کاشتی افزایش دهد. در وزن خشک سنبله نیز سطح پرایم ۸۰۰ میکرومولار سالیسیلیک اسید و در تاریخ کاشت اول حائز بالاترین مقدار وزن خشک بود. در این مرحله رشدی همچنین تاریخ کاشت دوم تنها در صفت وزن خشک برگ مقادیر بالاتری از تاریخ کاشت اول داشت، که علت آن می‌تواند به دلیل جوان‌تر بودن بوته‌های موجود در تیمار دیر کاشتی و رو به زوال گذاشتن و پیری بوته‌های تاریخ کاشت اول باشد. Fariduddin و همکاران (2003)، بیشینه مقدار در تجمع ماده خشک را در غلظت 10^{-5} مولار سالیسیلیک اسید که در برگ‌های گیاهان خردل هندی (*Brassica juncea*) بکار رفته بود، مشاهده کردند. اما غلظت‌های بالاتر اثر بازدارندگی داشتند. علاوه بر این گیاهچه‌های گندم که از بذرهایی که در محلول 10^{-5}مولار از سالیسیلیک اسید خیسانده شده بودند، رشد داده شدند، دارای تعداد برگ بیشتر و وزن خشک و تر بالاتری در مقایسه با بذرهای هیدروپرایم و همچنین تیمار شاهد بودند (Hayat *et al.*, 2005). گزارش شده است تیمار با سالیسیلیک اسید سطح سیتوکینین و اکسین را در بافت‌های گیاهی حفظ می‌کند که سبب افزایش در تقسیم سلولی می‌شود (Sakhabutdinova *et al.*, 2003). وجود همبستگی مثبت بین عملکرد دانه و وزن خشک ساقه و سنبله

بیانگر اهمیت انتقال مجدد مواد از ساقه به سنبله و دانه است که از این مرحله تا مرحله رسیدگی انجام شده (جدول۳).

کمترین میزان نشت الکترولیت در تاریخ کاشت اول مربوط به سطح پرایم ۱۲۰۰ میکرومولار سالیسیلیک اسید و در تاریخ کاشت دوم نیز مربوط به سطح پرایم ۲۴۰۰ میکرومولار سالیسیلیک اسید بود (جدول ۲). همچنین همبستگی بین نشت الکترولیت و عملکرد دانه نیز معنی دار نبود (جدول۳). پایداری غشاء سلولی به عنوان ابزاری جهت تعیین مقاومت در برابر تنش‌های محیطی مطرح می باشد (Saneoka *et al*., 2004). تیمار با سالیسیلیک اسید موجب کاهش سطح پراکسیداسیون لیپید و نشت الکترولیتی گردید (Shakirova, 2007). همچنین گزارش شده است سالیسیلیک اسید موجب کاهش نشت الکترولیت در برگ‌های انگور (*Vitis vinifera* L.) تحت تنش گرما و سرما شد، که نشان دهنده نقش سالیسیلیک اسید در افزایش فعالیت آسکوربات پروکسیداز (APX)، گلوتاتیون ردوکتاز، منو دهیدروآسکوربات و نسبت ردوکس در منبع گلوتاتیون-آسکوربات تحت تنش دمایی سرما و گرما است (Wang and Li., 2006). همچنین Farooq و همکاران (2008)، گزارش کردند سالیسیلیک اسید به وسیله فعال‌سازی آنتی اکسیدانت‌ها (شامل کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز و آسکوربات پروکسیداز) و همچنین افزایش محتوای آب بافت و کاهش نفوذ پذیری غشاء موجب افزایش مقاومت به سرما در ذرت شد. گزارش شده است که سالیسیلیک اسید از طریق اثر بر روی پلی‌آمین‌هایی نظیر پوتریسین، اسپرمین و اسپرمیدین و همچنین ایجاد کمپلکس‌های پایدار با غشاء باعث می‌شود تا از غشاء محافظت شود (Németh *et al*., 2002). سالیسیلیک اسید موجب کاهش نشت الکترولیت در برگ ذرت و برنج و هیپوکوتیل خیار تحت تنش سرما شد (Kang and Saltveit., 2001). گزارشات مختلف بیانگر نقش سالیسیلیک اسید در کاهش میزان نشت الکترولیت‌ها درشرایط تنش و غیر تنش در ذرت (Janda *et al*., 1999)، آفتابگردان (Wahid *et al*., 2008)، جو (Bandurska and Stroinski., 2005)، لوبیا و گوجه فرنگی (Senaratna *et al*., 2000)، برنج (Yang and Mei., 2004) و چغندر قند (Bor *et al*., 2003) می‌باشد.

سالیسیلیک اسید موجب افزایش میزان محتوای نسبی آب در هر دو تاریخ کاشت شد (جدول ۲). گیاهان تاریخ کاشت دوم نسبت به تاریخ کاشت اول و در سطح پرایم ۴۰۰ میکرومولار سالیسیلیک اسید دارای بالاترین میزان محتوی نسبی آب بودند. اظهار شده است محتوای نسبی آب، شاخص مناسب‌تری برای بیان وضعیت آب برگ در گیاهان

زراعی می‌باشد و شاید محتوای نسبی آب وضعیت فراگیرتری از تعادل بین میزان عرضه آب به برگ و میزان تعرق را نشان بدهد (Sinclair and Ludlow, 1985). Munns و James (2003)، اظهار داشتند که میزان آب برگ و روابط آبی آن با عملکرد دانه و زمان نمونه‌برداری رابطه مستقیم دارد. سالیسیلیک اسید به علت تاثیر مثبتی که بر روی رشد ریشه دارد (عبداللهی و شکاری، ۱۳۹۲ب)، باعث افزایش ذخیره آبی گیاه، و همچنین باعث افزایش توانایی گیاه برای تنظیم اسمزی و در نهایت باعث افزایش محتوی نسبی آب و عملکرد می‌گردد (پاکمهر، ۱۳۸۸). گزارش شده است پرایمینگ با سالیسیلیک اسید موجب افزایش محتوای نسبی و بهبود نشت الکترولیتی برنج تحت شرایط تنش خشکی شد (Farooq *et al.*, 2009). همچنین تیمار کردن گندم با سالیسیلیک اسید محتوای نسبی آب را در گیاهان تیمار شده افزایش داد (Agarwal et al., 2005).

دمای کانوپی کلیه تیمارها عددی منفی بود که نشان دهنده خنک بودن دمای برگ نسبت به دمای هوای اطراف گیاهان است. پایین‌ترین دمای کانوپی مربوط به سطح پرایم ۲۰۰۰ میکرومولار سالیسیلیک اسید در تاریخ کاشت اول و ۸۰۰ میکرومولار سالیسیلیک اسید در تاریخ کاشت دوم بود. این اثر می‌تواند به دلیل تاثیر سالیسیلیک اسید بر روی محتوای نسبی آب برگ و تعرق روزنه‌ای باشد که موجب گردید تا گیاه آب کافی در اختیار داشته باشد و دمای خنک‌تری نسبت به سایر تیمارها داشته باشد. همچنین همبستگی منفی و معنی‌دار بین دمای کانوپی و عملکرد دانه مشاهده شد (جدول۳). افزایش مقدار تعرق برگ موجب کاهش دمای برگ و در نتیجه افزایش اختلاف دمای برگ و محیط و منفی‌تر شدن این صفت خواهد شد. به عبارت دیگر، منفی‌تر بودن اختلاف دمای برگ و محیط بیانگر گشودگی بیشتر روزنه و افزایش مقدار تبادلات گازی و در نهایت احتمال افزایش فتوسنتز خواهد بود. بنابراین در تیمارهایی که دمای منفی‌تری داشته باشند احتمال بیشتری برای بهبود مقدار عملکرد نیز خواهد رفت. با توجه به اینکه محتوای نسبی آب برگ و تعرق روزنه‌ای نقش اصلی را در تنظیم دمای برگ دارند (Singh *et al.*, 1997)، و با توجه به نتایج حاصل به نظر می‌رسد سالیسیلیک اسید با تاثیر مثبت بر روی محتوای نسبی آب برگ و تعرق روزنه‌ای، موجب کاهش دمای کانوپی شده است.

در هر دو تاریخ کاشت پرایمینگ باعث افزایش میزان عملکرد دانه گردید. کمترین عملکرد دانه در هر دو تاریخ کاشت مربوط به تیمار بذر شاهد بود (جدول ۲). بیشترین میزان عملکرد دانه در هر دو تاریخ کاشت در تیمار ۱۲۰۰ میکرومولار SA بدست آمد که

به ترتیب نسبت به تیمار شاهد در تاریخ کاشت مربوط، افزایشی معادل۱۹٪ و ۸٤٪ را باعث گردید. این افزایش در عملکرد باعث شد تا تیمار ۱۲۰۰ میکرو مولار در تاریخ کاشت دوم اختلاف معنی‌داری را با همان سطح پرایمینگ در تاریخ کاشت اول نداشته باشد. به نظر می‌رسد تاثیر سالیسیلیک اسید در افزایش عملکرد در تاریخ کاشت دوم به مراتب بیشتر از تاریخ کاشت اول بود. زیرا در تمام سطوح پرایمینگ با سالیسیلیک اسید، درصد افزایش بیشتری در تیمارها در مقایسه با تاریخ کاشت اول دیده شد. عملکرد در گیاهان زراعی به عنوان رشد و تسهیم[۱] زیست‌توده به بخش‌های اقتصادی و ارزشمند گیاه تعریف می‌شود. رشد و تسهیم نیز به نوبه خود تحت تاثیر دوره‌های نموی گیاه قرار می‌گیرند. در نتیجه هر عاملی که بتواند سرعت رشد را افزایش دهد یا میزان تسهیم مواد فتوسنتزی به سمت اندام‌های زایشی را افزایش دهد موجب بهبود عملکرد نیز خواهد شد (شکاری و همکاران، ۱۳۸۹). در ژنوتیپ‌های گندم (Gomez et al., 1993) و در برنج (Mohamad and Tarpley, 2011) گزارش شده است افزایش عملکرد ارتباط نزدیکی با قابلیت سالیسیلیک اسید در افزایش فعالیت روبیسکو دارد. همچنین، پرایمینگ بذرهای گندم با سالیسیلیک اسید موجب افزایش طول سنبله، وزن دانه‌ها، عملکرد دانه و شاخص برداشت گردید (Shakirova, 2007). به نظر می‌رسد اثر افزایش دهندگی سالیسیلیک اسیدبر عملکرد هم می‌تواند از طریق افزایش قدرت مبداء (افزایش قدرت فتوسنتز برگ‌ها) (عبداللهی، ۱۳۹۰) و هم از طریق افزایش قدرت مقصد (افزایش قدرت دانه‌ها در جذب فتواسمیلات‌ها) باشدکه موجب تولید دانه‌های بیشتر در سنبله و دانه‌های بزرگتر گردیده است (عبداللهی و شکاری، ۱۳۹۲الف). علاوه بر این، از عوامل موثر در افزایش عملکرد در غلات ارتفاع بوته است. ارتفاع بوته از دو طریق می‌تواند موجب افزایش عملکرد در غلات شود. در وهله نخست افزایش ارتفاع با افزایش قدرت رقابت و استفاده بیشتر از نور خورشید به دلیل توزیع بهتر نور در داخل کانوپی (Flaster and Westoby, 2003) موجب افزایش کارایی فتوسنتزی و عملکرد می‌گردد. از طرف دیگر نیز ساقه در غلات می‌تواند به عنوان مکانی برای انباشت کربوئیدرات‌ها در مرحله قبل از گرده‌افشانی در نظر گرفته شود که پس از لقاح و با نمو دانه، با فرایند بازگسیل این ترکیبات به سوی مقصدهای جدید حرکت کرده و موجب افزایش تعداد دانه و از طریق جلوگیری از سقط دانه و یاافزایش تعداد دانه‌ها گردد. (شکاری و همکاران، ۱۳۸۹). در آزمایش حاضر نیز کاربرد سالیسیلیک اسید موجب

[۱] Partitioning

افزایش ارتفاع بوته (عبداللهی و شکاری، ۱۳۹۲ الف) و افزایش وزن خشک ساقه (جدول ۲) گردید. اثر افزایش دهندگی کاربرد سالیسیلیک اسید بر روی ارتفاع، قطر ساقه و وزن خشک ساقه در کاج (San-Miguel et al., 2003) و لوبیا چشم بلبلی (شکاری و همکاران، ۱۳۸۹) گزارش شده است.

نتیجه گیری

نتایج این آزمایش نشان داد کاربرد سالیسیلیک اسید در هر دو تاریخ کاشت از طریق افزایش سطح برگ و شاخص سطح برگ موجب افزایش وزن خشک بخش‌های مختلف گیاه گردید. همچنین گیاهان تیمار شده با سالیسیلیک اسید میزان محتوای نسبی آب بالاتری را داشتند که بیانگر افزایش توان این گیاهان در جذب آب از خاک بود. افزایش میزان آب بافت گیاهان موجب کاهش معنی‌دار دمای برگ در گیاهان تیمار شده گردید که نشان دهنده گشودگی بیشتر روزنه و افزایش تعرق و میزان تبادلات گازی می‌تواند باشد. بطور کلی، در مقایسه دو تاریخ کاشت مقدار درصد افزایش و بهبود صفات اندازه‌گیری شده در تاریخ کاشت دوم بیش از تاریخ کاشت اول بر اثر تیماردهی گیاهان با سالیسیلیک اسید بود. به نظر می‌رسد تیمار بذر با سالیسیلیک اسید می‌تواند اثرات نامطلوب سرمازدگی زمستانه در اثر دیرکاشتی در گندم را تا حدود زیادی جبران نماید.

جدول۱- تجزیه واریانس پارامترهای رشدی مرحله‌ی گلدهی در گندم، تحت پرایمینگ و تاریخ کاشت.

منابع تغییر	درجه آزادی		میانگین مربعات							
		LAI	وزن خشک بوته	وزن خشک ساقه	وزن خشک طوقه	وزن خشک سنبله	وزن خشک برگ	پایداری غشاء	محتوای نسبی آب	دمای کانوپی	عملکرد دانه
تکرار	۲	۰/۰۷۲*	۲۰/۴۷۱*	۰/۴۱۹ n.s	۰/۰۲ n.s	۰/۶۳۸ n.s	۰/۰۶۹ n.s	۱/۶۴۲n.s	۰/۲۷۷ n.s	۰/۴۲n.s	۳۰۴۳/۰۲۴ n.s
تاریخ کاشت	۱	۲/۸۹**	/۱۱۵** ۵۲۰	/۲۵** ۱۲۷	/۶۲۱** ۰	۵۵/۵۴۳**	۰/۰۰۶n.s	۰/۰۲۵ n.s	۳/۰۳۳ n.s	/۵۸۷** ۲۲	۱۰۱۶۲۷/۵۲۴**
سالسیلیک اسید	۶	/۲۳۶** ۰	۱۹/۳۶*	۴/۷۱۲**	۰/۳۴**	۱/۵۷۶**	۰/۱۴۳*	۴۱/۹۵۶**	۴/۶۲۲*	۲/۳۲**	۲۴۹۰۹/۷۷۸**
اثر متقابل	۶	/۰۶۷** ۰	/۷۷۷** ۲۸	/۴۳۹** ۱۳	/۳۴۸** ۰	۱/۸۳۳**	۰/۶۱۳**	۶۷/۵۴۸**	/۴۵۴** ۱۹	۳/۰۱۵**	۸۴۸۶/۰۷۹*
اشتباه آزمایشی	۲۶	۰/۰۱۷	۷/۲۶۳	۰/۷۴۲	۰/۰۴۵	۰/۳۹۹	۰/۰۶	۲/۳۷۴	۱/۷۳۵	۰/۴۲۱	۲۸۰۳/۹۴۷
ضریب تغییرات(٪)	.....	۹/۵۵	۱۵/۱	۸/۴۴	۴۴/۵۵	۱۲/۹۶	۱۴/۲۸	۷/۴۵	۱/۵۲	۸/۵۸	۱۰/۸۷

n.s، * و ** : به ترتیب نشان دهنده‌ی معنی‌دار نبودن و معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۰/۰۵ ، ۰/۰۱

جدول۲- مقایسه میانگین پارامترهای رشدی مرحله‌ی گلدهی در گندم، تحت پرایمینگ و تاریخ کاشت.

تاریخ کاشت	پرایمینگ (µM)	LAI	وزن خشک بوته(g/p)	وزن خشک ساقه(g/p)	وزن خشک طوقه(g/p)	وزن خشک سنبله(g/p)	وزن خشک برگ(g/p)	پایداری غشاء(٪)	محتوای نسبی آب(٪)	دمای کانوپی (C^0)	عملکرد دانه (g/m^2)
کاشت بهنگام	شاهد	۱/۴۳۷^{def}	۱۵/۸۱^{de}	۹/۲۲۶^{ef}	۰/۳۴۴^{b}	۴/۸۵۴^{def}	۱/۳۸۵^{fg}	۲۴^{bc}	۸۳/۵۶ ^{h}	-۶/۶۱^{abc}	۴۸۴^{bc}
	۴۰۰	۱/۹۷۲^{a}	۲۱/۲۸^{bc}	۱۲/۶۴^{bc}	۰/۳۵۲^{b}	۶/۲۱۶^{bc}	۱/۷۲۴^{cdef}	۲۱/۸۸^{cd}	۸۴/۳۵^{gh}	-۸/۳۶۲^{de}	۵۴۸^{ab}
	۸۰۰	۱/۶۹۶^{bc}	۲۳/۷۹^{ab}	۱۳/۶۷^{b}	۰/۵۳^{b}	۷/۴۳۴^{a}	۲/۱۵۴^{ab}	۱۹/۹۵^{d}	۸۷/۷۹^{bcd}	-۸/۴۰۸^{de}	۵۴۹^{ab}
	۱۲۰۰	۱/۷۸۳^{ab}	۲۷/۸۴^{a}	۱۰/۲۲^{de}	۱/۶۴^{a}	۵/۷۳^{cde}	۱/۴۰۳^{efg}	۱۵/۱۵^{e}	۸۷/۹۹^{bcd}	-۷/۷۴۵^{cde}	۵۷۷^{a}
	۱۶۰۰	۱/۵۷۹^{bcd}	۱۹/۲۱^{cd}	۱۱/۰۶^{d}	۰/۵۲۶^{b}	۵/۸۹۱^{bcd}	۱/۷۳۴^{cdef}	۱۶/۹۶^{e}	۸۸/۶۵^{ab}	-۸/۳۴۲^{de}	۵۵۳^{ab}
	۲۰۰۰	۱/۵۸۸^{bcd}	۱۹/۲۶^{cd}	۱۱/۳۳^{cd}	۰/۳۲۱۳^{b}	۵/۱۹۴^{cdef}	۱/۷۲۸^{cdef}	۲۰/۱۴^{d}	۸۵/۲۱^{efgh}	-۹/۸۶۲^{f}	۵۲۴/۷^{abc}
	۲۴۰۰	۱/۳۲۴^{ef}	۲۲/۴^{bc}	۱۵/۴۹^{a}	۰/۴۷۳^{b}	۶/۸۴۴^{ab}	۱/۸۰۲^{bcde}	۲۶/۶۱^{ab}	۸۷/۳۵^{bcde}	-۸/۷^{e}	۵۲۰^{abc}
دیر کاشتی	شاهد	۰/۹۸۶^{h}	۱۵/۷۴^{de}	۸/۷۰۷^{f}	۰/۳۰۸^{b}	۳/۷۴۸^{ghi}	۱/۹۷۹^{bcd}	۲۰/۵۷^{d}	۸۸/۳۴^{bc}	-۶/۴۶۷^{ab}	۳۰۷ ^{e}
	۴۰۰	۱/۵۲۱^{cde}	۱۴/۵۷^{e}	۸/۵۴۵^{f}	۰/۳۳^{b}	۴/۶۷۴^{efg}	۱/۶۰۷^{defg}	۲۲/۲۸^{cd}	۹۰/۷۷^{a}	-۶/۶۸۵^{abc}	۵۰۰^{abc}
	۸۰۰	۱/۰۴۳^{gh}	۱۳/۶۹^{e}	۸/۴۸۸^{f}	۰/۲۹۵^{b}	۳/۵۹۲^{hi}	۱/۴۲۲^{efg}	۱۶/۵^{e}	۸۶/۶۷^{bcdef}	-۸/۵۵^{e}	۵۴۲^{ab}
	۱۲۰۰	۱/۰۷۱^{gh}	۱۴/۶۶^{e}	۸/۳۶۸^{f}	۰/۳۲۵^{b}	۴/۲۴۶^{fgh}	۲/۴۰۱^{a}	۱۶/۴۵^{e}	۸۶/۱^{defg}	-۶/۳۱۲^{ab}	۵۶۵^{ab}
	۱۶۰۰	۱/۲۳۲^{fg}	۱۵/۵۶^{de}	۱۰/۶۵^{de}	۰/۵۷۸۳^{b}	۲/۹۸۸^{i}	۲/۰۶۹^{abc}	۲۷/۳۷^{a}	۸۶/۴۳^{cdefg}	-۷/۳۲۵^{bcd}	۴۴۰/۳ ^{cd}
	۲۰۰۰	۰/۷۶۲^{i}	۱۳/۳۲^{e}	۷/۹۳۶^{fg}	۰/۲۹۱^{b}	۳/۵۱۲^{hi}	۱/۴۱۱^{efg}	۲۵/۵۸^{ab}	۸۵/۴۴^{efgh}	-۵/۷۱۲^{a}	۳۶۴/۳^{de}
	۲۴۰۰	۱/۰۹۱^{gh}	۱۲/۷۸^{e}	۶/۵۶۹^{g}	۰/۳۵۷۳^{b}	۳/۳۰۴^{hi}	۱/۲۱۴^{g}	۱۶/۲۸^{e}	۸۴/۹۱^{fgh}	-۶/۷۱۲^{abc}	۳۴۸/۳^{e}

میانگین‌های دارای حروف مشابه در یک ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۰/۰۵ تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند

جدول ۳- همبستگی بین پارامترهای رشدی مرحله‌ی گلدهی و عملکرد دانه در گندم، تحت پرایمینگ و تاریخ کاشت.

	LAI	وزن خشک بوته	وزن خشک ساقه	وزن خشک طوقه	وزن خشک سنبله	وزن خشک برگ	پایداری غشاء	محتوای نسبی آب	دمای کانوپی	عملکرد دانه
LAI	۱									
وزن خشک بوته	۰/۶۴۱**	۱								
وزن خشک ساقه	۰/۵۴۲**	۰/۶۶۲**	۱							
وزن خشک طوقه	۰/۳۷۹*	۰/۴۷۰**	۰/۱۷۷	۱						
وزن خشک سنبله	۰/۶۵۱**	۰/۷۲۲**	۰/۷۸۵**	۰/۲۵۶	۱					
وزن خشک برگ	۰/۰۷	۰/۱۳۲	۰/۳۵۵*	-۰/۰۳۷	۰/۲۰۴	۱				
پایداری غشاء	-۰/۱۴۱	-۰/۱۲۷	۰/۲۹۷	-۰/۲۵۲	-۰/۰۳۶	۰/۰۹۴	۱			
محتوای نسبی آب	۰/۰۶	۰/۱۸۰	۰/۰۲	۰/۱۳۷	۰/۱۲	۰/۱۱۴	-۰/۱۱۰	۱		
دمای کانوپی	-۰/۴۸۸**	-۰/۴۵۹**	-۰/۵۹۱**	-۰/۱۰۶	-۰/۴۹۶**	-۰/۰۱۳	۰/۱۲۱	-۰/۰۴	۱	
عملکرد دانه	۰/۴۷۸**	۰/۴۳۳**	۰/۴۱۱**	۰/۲۸۴	۰/۴۸۳**	۰/۱۷۶	-۰/۲۱۹	۰/۱۳۸	-۰/۴۳۶**	۱

*و**: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱

منابع

پاکمهر، آ. (۱۳۸۸). تاثیر پرایمینگ با سالیسیلیک اسید بر برخی خصوصیات مرفولوژیک وفیزیولوژیک لوبیا چشم بلبلی تحت تنش کم آبی. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی. دانشگاه زنجان.

شکاری، ف.، پاکمهر، آ.، راستگو، م.، صبا، ج.، وظایفی، م. و زنگانی، ا. (۱۳۸۹). اثر پرایمینگ بذر با سالیسیلیک اسید بر پاره‌ای صفات مورفولوژیک لوبیا چشم بلبلی تحت تنش کم آبی در زمان غلاف‌بندی. ٤: ٥-٢٦.

شکاری، ف.، ف. شکاری و ع. ا. اسفندیاری. (۱۳۸۹). فیزیولوژی تولید در گیاهان زراعی. انتشارات دانشگاه مراغه. ٤١٢ صفحه.

عبداللهی، م. (۱۳۹۰). تاثیر پرایمینگ با سالیسیلیک اسید بر مقاومت به سرمای گندم پاییزه، رقم الوند، در دو تاریخ کاشت متفاوت. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان.

عبداللهی، م. و شکاری، ف. (**۱۳۹۲ الف**). اثر پرایمینگ با سالیسیلیک اسید بر عملکرد گندم در تاریخ‌های کاشت متفاوت. مجله علوم و تکنولوژی بذر. ۳: ۲۳- ۳٦.

عبداللهی، م. و شکاری، ف. (**۱۳۹۲ ب**). اثر پرایمینگ با سالیسیلیک اسید روی بنیه و کارکرد گیاهچه‌های گندم در تاریخ کاشت‌های متفاوت. تحقیقات غلات. ۳: ۱۷-۳۲.

Aberg B. (1981) Plant growth regulators XLI. Monosubstituted benzoic acid. Swedish Journal of Agricultural Research. 11: 93–105.

Agarwal, S., Sairam, R. K., Srivastava G. C., and Meena, R. C. (2005) Changes in antioxidant enzymes activity and oxidative stress by abscisic acid and salicylic acid in wheat genotypes. Biologia Plantarum. 49: 541-550.

Arif, M. (2005) Effect of seed priming on emergence, yield and storability of soybean. Ph.D. Thesis. NWFP Agricultural University, Peshawar, 208p.

Ashraf, M. and Foolad, M.R. (2005) Pre-sowing seed treatment – A shotgun approach to improve germination, growth and crop yield under saline and non-saline conditions. Advances in Agronomy 88: 223-271.

Bandurska, H., and Stroinski, A. (2005) The effect of salicylic acid on barley response to water deficit. Acta Physiologiae Plantarum. 27: 379-386.

Basra, S. M. A., Ashraf, M., Iqbal, N., Khaliq, A., and Ahmad, R. (2004) Physiological and biochemical aspects of pre- sowing heat stress on cottonseed. Seed Science and Technology. 32: 765-774.

Bor, M., Özdemir, F., and Türkan, I. (2003) The effect of salt stress on lipid peroxidation and antioxidants in leaves of sugar beet *Beta vulgaris* L. and wild beet *Beta maritima* L. Plant Science. 164: 77-84.

Fariduddin. Q., Hayat. S., and Ahmad. A. (2003) Salicylic acid influences net photosynthetic rate, carboxylation efficiency, nitrate reductase activity, and seed yield in *Brassica juncea*. Photosynthetica. 41:281-284.

Farooq, M., Aziz, T., Basra, S.M.A., Cheema, M.A. and Rehman, H. (2008) Chilling tolerance in hybrid maize induced by seed priming with salicylic acid. Journal of Agronomy and Crop Science. 194, 161–168.

Farooq, M., Basra, S.M.A., Wahid, A., Ahmad N. and Saleem, B.A. (2009) Improving the drought tolerance in rice (*Oryza sativa* L.) by exogenous application of salicylic acid. Journal of Agronomy and Crop Science. 195, 237-246.

Falster, D.S and Westoby, M. (2003) Leaf size and angle vary widely across species: what consequences for light interception? New Phytologist. 158: 3. 509-525.

Fowler, D. B., Chauvin, L. P., Limin, A. E., and Sarhan, F. (1996) The regulatory role of vernalization in the expression of low-temperature induced genes in wheat and rye. Theoretical and Applied Genetics. 93: 554-559.

Fung, R.W.M., Wang, C.Y., Smith, D.L., Gross, K.C., Tian, M.S. (2004) MeSA and MeJa increase steady-state transcript levels of alternative oxidase and resistance against chilling injury in sweet peppers (*Capsicum annuum* L.). Plant Science. 166, 711-719.

Gomez L., Blanca L. and Antonio C.S. (1993) Evidence of the beneficent acrion of the acetyl salicylic acid on wheat genotypes yield under restricted irrigation. Proc. Scientific meeting on Foresty, Livestock and Agriculture Mexico, p. 112.

Hayat, S., Fariduddin, Q., Ali, B., and Ahmad, A. (2005) Effect of salicylic acid on growth and enzyme activities of wheat seedling. Acta Agronomica Hungarica. 53: 433-437.

Hunt, R. 1982. Plant growth curves. Edward Arnold. Ltd. London. UK.

Janda T., Szalai G., Tari I. and Pa´ldi E. (1999). Hydroponic treatment with salicylic acid decreases the effects of chilling in maize (*Zea mays* L.) plants. Planta. 208: 175–180.

Jose, F., Barros, C., Mario, D. C. and Gottlieb, B. (2004) Response of sunflower (*Helianthus annus L.*) to sowing date and plant density under Mediterranean conditions. Agronomy Journal. 21: 347-356.

Kang, H. and, Saltveit, M.E. (2001) Activity of enzymatic antioxidant defense systems in chilled and heat shocked cucumber seedling radicles. Physiologia Plantarum., 113: 548-556.

Khodary, S. E. A. (2004) Effect of salicylic acid on growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt-stressed maize plants. International Journal of Agricultural, Biological and Environmental Science. 6:5-8.

Klultenbereg, G. J., and Bigger, J. W. (1992) Canopy temperature as a measure of salinity stress on sorghum. Irrigation Science. 13: 115-121.

La Vega, A. J. and A. J. Hall. 2002. Effects of planting date, genotype, and their interactions on sunflower yield, Argentina. Crop Science. 42: 1191-1201.

Lutts, S., Kinet, J. M. and Bouharmont, J. (1996) NaCl-induced senescence in leaves of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance. Annual of Botany.78, 389–398.

Mohamad, A. R., Tarpley. L. (2011) Effects of Night Temperature, Spikelet Position and Salicylic Acid on Yield and Yield-Related Parameters Of Rice (*Oryza sativa* L.)Plants. Journal of Agronomy and Crop Science. 197: 40-49.

Munns R and James RA. (2003) Screening methods for salt tolerance: a case study with tetraploid wheat. Plant and Soil. 253**,** 201–218.

Németh, M., Janda, T., Horváth, E., Páldi, E. and Szalai, G. (2002) Exogenous salicylic acid increases polyamine content but may decrease drought tolerance in maize. Plant Science. 162: 569-574.

Oktem, A. A., Oktem, E. and Coskun, Y. (2004) Determination of sowing dates of sweet corn (*Zea mays* saccharata Sturt.) under Sanliurfa conditions, Turkish Journal of Agriculture. 28: 83-91.

Porwanto, E. (2003) Photosynthesis activity of soybean (*Glycin max* L.) under drought stress. Agronomy Journal. 5 (1): 1-18.

Raskin I. (1992) Role of salicylic acid in plants. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology. 43: 439–463.

Sakhabutdinova, A. R., Fatkhutdinova, D. R., Bezrukova, M. V., Shakirova F.M. (2003) Salicylic acid prevents the damaging action damaging action of stress factors on wheat plants. Bulgarian Journal of Plant Physiology, 1, 314–319.

Sakhabutdinova, A.R., Fatkhutdinova, D.R. and Shakirova, F.M. (2004) Effect of salicylic acid on the activity of antioxidant enzymes in wheat under conditions of salination. Applied Biochemistry and Microbiology. 40: 501-505.

Saneoka, H., Moghaieb, R. E. A., Premachandra, G. S., and Fujita, K. (2004) Nitrogen nutrition and water stress effects on cell membrane stability and leaf water relations in *Agrostis palustris* Huds. Environmental and Experimental Botany. 52: 131-138.

San-Miguel, R., Gutierrez, M. and Larqure Saavedera, A. (2003) Salicylic acid increases the biomass accumulation of *Pinus patula*. Southern Journal of Applied Forestry. 27: 52-54.

Senaratna, T., Touchell, D., Bunn, E. and Dixon, K. (2000) Acetyl salicylic acids (Aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. Plant Growth Regulation. 30: 157-161.

Shakirova, F. M., (2007). Role of hormonal system in the manifestation of growth promoting and antistress action of salicylic acid. In: S. Hayat, and A. Ahmad, eds. Salicylic Acid – A Plant Hormone, pp. 69–89 Springer, Dordrecht, the Netherlands.

Sinclair, T. R., and Ludlow, M. M. (1985) Who thought plants thermodynamics? The unfulfilled potential. Australian Journal of Plant Physiology. 12: 213-217.

Singh, N. B., Ahmad, Z. D. Singh, N., and Ziauddin, A. (1997) High temperature tolerance in wheat cultivars. Advances in Agricultural Research, India. 7: 119-129.

Singh B. and Usha K. (2003) Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedlings under water stress. Plant Growth Regulation. 39: 137–141.

Tadashi, H. and Theodore, C. (1999) Some characteristics of reduced leaf photosynthesis at midday in maize growing in the field. Field Crop Research. 62: 53-62.

Tasgın E., Atıcı O . and Nalbantoglu B. (2003) Effect of salicylic acid on freezing tolerance in winter wheat leaves. Plant Growth Regulation. 41: 231–236.

Wahid, A., Noreen, A., Basra, S.M.A., Gelani, S. and S. Farooq, S. (2008) Priming-induced metabolic changes in sunflower (*Helianthus annuus* L.) achene's improve germination and seedling growth. Botanical Studies. 49: 343-350.

Wang, L. J., and Li,. S. H. (2006) Salicylic acid-induced heat or cold tolerance in relation to Ca^{2+} homeostasis and antioxidant systems in young grape plants. Plant Science. 170, 685-694.

Yamasaki, S. and Dillenburg, L.R. (1999) Measurements of leaf relative water content in *Araucaria angustifolia*. Revista Brasilleira de Fisiologia Vegetal 11, 69–75.

Yang, Y., QI, and Mei. C. (2004). Endogenous salicylic acid protect rice plants from oxidative damage caused by ageing as well as biotic and abiotic stress. Plant Journal. 40: 909-919.

Yordanova, R. and Popova, L. (2007) Effect of exogenous treatment with salicylic acid on photosynthetic activity and antioxidant capacity of chilled wheat plants. General and Applied Plant Physiology. 33: 155-170.