بررسی تاثیر پلی‌آمین پوترسین بر برخی صفات گیاه دارویی آویشن (*Thymus vulgaris* L .) در شرایط کمبود آب

Effect of putrescine polyamine on some traits of the herb thyme (*Thymus vulgaris* L.) Under water deficit stress

محجوبه صفاری[۱]، میثم اویسی[۱]، رضا ضرغامی[۲]

۱- گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین- پیشوا، ورامین، ایران.
۲- بخش بیوتکنولوژی، موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج، کرج - ایران.

*نویسنده مسوول مکاتبات: Meysam.oveysi@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۲/۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۸/۲۱

چکیده

این تحقیق به‌منظور ارزیابی برخی صفات گیاه دارویی آویشن، تحت شرایط کمبود آب در چهار رژیم آبیاری و اعمال چهار سطح هورمون پوتریسین به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در بهار سال ۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی ورامین انجام شد. عامل اصلی شامل تنش خشکی (۱۴۰، ۱۱۰، ۸۰، ۵۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر کلاس A و عامل فرعی شامل چهار تیمار هورمون پوتریسین (۲، ۱، ۰/۵، صفر) میلی‌مولار در لیتر بود. نتایج نشان داد که تنش خشکی بر صفات وزن خشک برگ، وزن تر برگ، تیمول اسانس، اسانس، پرولین در سطح یک درصد معنی‌دار شد. اعمال هورمون پوترسین بر صفات وزن خشک و وزن تر اندام رویشی گیاه آویشن در سطح پنج درصد و در دیگر صفات در سطح یک درصد معنی‌دار شد. اثر متقابل بین تنش خشکی و هورمون پوترسین بر هیچ یک از صفات مورد ارزیابی معنی‌دار نشد. بیش‌ترین مقدار وزن خشک (۸/۴۵ گرم) و وزن تر (۷۴/۷۷ گرم) اندام رویشی در شرایط عدم تنش خشکی مشاهده شد. همچنین بیش‌ترین مقدار تیمول (۵۸/۰۵ میکروگرم بر گرم وزن تازه برگ) و اسانس (۴/۵۷ درصد) از تیمار ۱۱۰ میلی‌لیتر تبخیر از تشتک تبخیر (تنش شدید) و بیش‌ترین مقدار پرولین (۵۴/۵۵ میکرومول بر گرم برگ تازه) نیز از تیمار ۱۴۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر (تنش خیلی شدید) مشاهده شد. همچنین بیش‌ترین مقدار تیمول (۵۸/۷۲ میکروگرم بر گرم برگ تازه)، اسانس (۴/۶۳ درصد) و پرولین (۴۲/۹۵ میکرومول بر گرم برگ تازه) در شرایط محلول‌پاشی پوتریسین در سطح دو میلی‌مولار مشاهده شد. بیش‌ترین مقدار وزن خشک (۷/۵۵ گرم) و وزن تر (۶۲/۶۹ گرم) اندام رویشی نیز در شرایط محلول‌پاشی در سطح یک میلی‌مولار مشاهده شد. کم‌ترین مقدار وزن خشک (۶/۰۲ گرم) و وزن تر (۴۴/۷۲ گرم) از تیمار ۱۴۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر (تنش خیلی شدید) و کم‌ترین مقدار تیمول (۴۵/۲۰ میکروگرم بر گرم وزن تازه برگ) و پرولین (۲۴/۵۲ میکروگرم بر گرم وزن تازه برگ) و میزان اسانس (۴/۰۸ درصد) از تیمار ۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر (شاهد) مشاهده شد. کم‌ترین مقدار وزن خشک (۶/۸۸ گرم) و وزن تر (۵۶/۲۲ گرم) و کم‌ترین مقدار تیمول (۴۶/۴۵ میکروگرم بر گرم وزن تازه برگ) و پرولین (۳۷/۰۲ میکروگرم بر گرم وزن تازه برگ) و میزان اسانس (۴/۱۸ درصد) در شرایط عدم محلول‌پاشی پوتریسین مشاهده شد. با توجه به بحران شدید کم آبی در کشور و تغییرات آب و هوایی درکره‌ی زمین، به‌کارگیری هورمون پوترسین می‌تواند از نظر اقتصادی، کشاورزی و زیست محیطی برای افزایش تحمل نسبت به تنش خشکی در گیاه آویشن توجیه داشت به‌طورکلی پوترسین نقش دفاعی را در گیاه در برابر تنش به عهده دارد و از تنش و پیری جلوگیری می‌کند.

واژگان کلیدی: آویشن، پوترسین، تنش کم آبی، پرولین، تیمول

مقدمه

کشاورزی ازجمله کهن‌ترین فعالیت جوامع بشری با گستره‌ی جهانی که از کشت و زرع بسیار ساده و ابتدایی به الگوهای پیچیده و علمی تولید محصولات غذایی تکامل یافته است. کشاورزی مدرن امروزی، با کشت در مناطق وسیع، باعث شد تنوع طبیعی با تعداد کمی از گیاهان زراعی جایگزین شود. گیاهان حدود ۴۰۰ میلیون سال است که با تنش رطوبتی مواجهه هستند. خشکی یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده رشد گیاهان در سراسر جهان و شایع‌ترین تنش محیطی است به‌خوبی مشخص گردید که اثر تنش آبی بر رشد و عملکرد بستگی به ژنوتیپ گیاه دارد (Bannayan *et al*, 2008). بررسی و به‌دست آوردن بهترین شرایط محیط کشت که بتواند منجر به تولید گیاهی با بیش‌ترین درصد متابولیت‌های ثانویه گردد، از مهم‌ترین اهداف در تحقیقات مربوط به کشت گیاهان دارویی است (Jaafar *et al*., 2012). آویشن گیاهی معطر از خانواده نعناییان است و به‌دلیل داشتن ترکیب تیمول و کارواکرول از گیاهان دارویی باارزش و پرمصرف در صنایع دارویی و غذایی به شمار می‌رود. پراکنش حدود ۲۱۵ گونه آویشن در دنیا و ۱۴ گونه از آن در ایران گزارش شد (جم زاده، ۱۳۸۴). از اسانس گیاه آویشن می‌توان به فعالیت‌های ضد اسپاسم (Huang *et al*., 2009)، آنتی‌اکسیدانتی (Baidez *et al*., 2007)، ضدباکتری، ضدقارچی، ضد رماتیسم (Szczepanik *et al*., 2012)، ضد حشره (Zeghad and Merghan, 2013) و غیره اشاره کرد.

تحقیقات نشان داد که تنش‌های محیطی اعمال شده بر گیاهان، یکی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در میزان متابولیت‌های ثانویه موجود درگیاهان است. در حقیقت یکی از با اهمیت‌ترین وظایف متابولیت‌های ثانویه در گیاهان نقش محافظتی آن‌ها در شرایط تنش است. این ترکیبات به گیاهان کمک می‌کنند تا بتوانند در مقابل عوامل مزاحم خارجی (مانند آفات و پاتوژن‌ها) و شرایط نامساعد محیطی (مانند خشکی و یا شرایط نامساعد خاک) مقاومت کنند و به حیات خود ادامه دهند. شواهد زیادی بر افزایش چند برابری متابولیت‌های ثانویه تحت تنش‌های محیطی وجود دارد، اما برخی تحقیقات نشان می‌دهد که این تأثیر همیشگی نیست و در مواردی حتی کاهش میزان متابولیت‌های ثانویه تحت شرایط تنش‌های محیطی دیده می‌شود (Ramakrishna and Ravishankar *et al*., 2011).

پلی‌آمین‌ها یک گروه جدید از تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی هستند که باعث تحریک رشد از طریق افزایش بیوسنتز آن‌ها در بافت‌های گیاهی می‌گردند (Arias *et al*., 2005). پلی‌آمین‌ها در ارتباط با جنین‌زایی، تشکیل ریشه، تشکیل دانه‌ی گرده و گل‌انگیزی، نمو زودتر میوه و واکنش در برابر تنش‌ها نقش دارند (Sood and Negar, 2008).

ماده اولیه برای بیوسنتز پوترسین اسیدهای آمینه اورنیتین وآرژنین می‌باشد. علاوه بر این پلی‌آمین‌های شناخته شده، نقش مهمی در تمایز آوندی دارند، به‌همین دلیل وجود پلی‌آمین‌ها در تمام اندام‌های گیاهی مبین نقش کلیدی آنها در تنظیم رشد گیاهی می‌باشد. اگرچه پلی‌آمین‌ها که به‌طور طبیعی ساخته می‌شوند و از ۳۰ سال پیش شناخته شده بود، اما مطالعات مربوط به اهمیت فیزیولوژیکی آن‌ها به تازگی و در سال‌های اخیر شروع گردید، این مطالعات نقش پلی‌آمین‌ها را به عنوان عامل رشد نشان داد (Ziosi *et al*., 2009). این ترکیبات در محدوده وسیعی از فرآیندهای بیولوژیکی از جمله رشد گیاهی، نمو و پاسخ به تنش نقش‌دارند و در پاسخ‌های متعدد به سیگنال‌های هورمونی به عنوان پیامبرهای ثانویه یا تنظیم کننده‌های رشد عمل می‌کنند (Ziosi *et al*., 2009). ترکیب‌هایی با دو عامل آمین، دی آمین نامیده می‌شوند. به‌عنوان مثال ۱و۴ بوتان دی آمید به‌دلیل دخالت آن در بوی ماهی مرده و گوشت فاسد، نام متداول پوترسین دارد. آمین‌های آروماتیک یا آنیلین‌ها را بنزن آمین می‌نامند. اخیراً نقش پلی‌آمین‌ها در افزایش تحمل گیاهان به تنش‌های غیرزیستی، از جمله شوری و خشکی مورد توجه قرارگرفت (Groppa and Benavides, 2008).

کاربرد پوترسین (به‌طور کلی پلی‌آمین‌ها) باعث استحکام دیواره سلولی می‌گردد، که این امر ممکن

است به‌دلیل کاهش فعالیت آنزیم‌های تجزیه کننده دیواره سلولی از جمله‌اندوپلی‌گالاکتروناز، اگزوپلی‌گالاکتروناز، متیل استراز باشد. افزایش سفتی بافت گیاهی به‌هنگام تیمار با پلی‌آمین‌ها به ارتباط پلی‌آمین‌ها با مواد پکتیکی موجود در دیواره سلولی نسبت داده می‌شود، پلی‌آمین‌ها به بارهای منفی ترکیبات فسفولیپیدی یا مکان‌های آنیونیک روی غشاها به‌صورت کووالانس باند می‌شوند، و پایداری و استحکام این غشاها را تغییر می‌دهند، باندشدن پلی‌آمین‌ها با مواد پکتیکی میزان دسترسی آنزیم‌های تخریب کننده دیواره سلولی و هیدرولتیکی را به‌مواد پکتینی کاهش می‌دهد. مشخص شد که فعالیت آنزیم گالاکتروناز متناسب با غلظت پلی‌آمین‌ها کاهش می‌یابد، به‌علاوه پلی‌آمین‌ها می‌توانند به‌عنوان غیرفعال کننده‌های رادیکال‌های آزاد عمل کند و غشاهای سلولی در برابر اکسیدشدن حفظ کنند و بدین ترتیب مقاومت غشاها را افزایش دهند (Pandy *et al*., 2004).

در بسیاری از موارد، انواع تنش‌ها به انباشتگی پلی‌آمین‌های آزاد منجر می‌گردد که نشان می‌دهد بیوسنتز پلی‌آمین‌ها یکی از مهم‌ترین پاسخ‌های بیوشیمیایی گیاهان به تنش است (Martin-Tanguy., 2001).

به‌منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف تنش خشکی و تعیین حد تحمل پا جوش‌های خرمای رقم مضافتی به این تنش و همچنین بررسی اثر محلول‌پاشی پوترسین، آزمایشی در گلخانه با شرایط کنترل شده، اجرا گردید. نتایج نشان داد که عوامل رشدی پاجوش‌های خرما، تحت تنش خشکی کاهش یافتند. کاربرد پوترسین در شرایط شاهد (بدون تنش خشکی) باعث بهبود عوامل رشدی پاجوش‌های خرما گردید. مشخص شد که پوترسین در غلظت دو میلی‌مولار باعث کاهش اثرات تنش خشکی گردید. میزان پرولین، با اعمال تیمار پوترسین دو میلی‌مولار افزایش داشت، اما فعالیت پراکسید هیدروژن (H_2O_2) کاهش یافت. نتایج به‌دست آمده در این پژوهش نشان داد که تنش خشکی بر کلیه عوامل رویشی پا جوش‌ها تأثیر منفی گذاشت و پوترسین تا حدی توانست سبب بهبود شاخص‌های رشد پا جوش‌های خرما گردد (نصیری بزنجانی و همکاران، ۱۳۹۳).

هدف از انجام این بررسی تاثیر تنش خشکی و پوتریسین بر میزان و درصد مواد موثره گیاه آویشن از جمله تیمول است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به‌منظور بررسی اثر پوترسین و تنش خشکی بر برخی صفات مورفولوژیک، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاه آویشن در منطقه ورامین در سال زراعی ۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین (پیشوا) واقع در منطقه قلعه‌سین (۱۰ کیلومتری ورامین) به‌صورت کرت خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار اجرا شد.

تنش خشکی در چهار سطح به‌عنوان عامل اصلی شامل۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشک تبخیر (شاهد) (A_1)، ۸۰ میلی‌مترتبخیر از تشتک تبخیر (تنش متوسط) (A_2)، ۱۱۰میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر (تنش شدید) (A_3)، ۱۴۰میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر (تنش خیلی شدید) (A_4) و محلول‌پاشی پوترسین در چهار سطح؛ شاهد صفر میلی‌مولار (B_1)، ۰/۵ میلی‌مولار (B_2)، یک میلی‌مولار (B_3)، دو میلی‌مولا (B_4)، به‌عنوان عامل فرعی بود. مزرعه آویشن قبل از کاشت دو بار عمود بر هم شخم زده شد و آزمایش‌های خاک مورد نظر انجام شد که طبق آن P_2o_5 به فرم فسفات آمونیوم و K_2o به‌فرم سولفات پتاسیم در هکتار به‌طور یکنواخت روی زمین پخش و با دیسک با خاک مخلوط گردید. همچنین کود نیتروژن در دو نوبت به‌میزان تیمارهای ذکر شده، به مزرعه اضافه شد. سپس نشاها به زمین منتقل گردید. ابعاد کرت‌های آویشن ۲×۴ متر بود و نشاها روی شیارهای هر کرت به‌فاصله ۱۵ سانتی‌متر کاشته شد. فاصله‌ی بین ردیف گیاه ۵۰ سانتی‌متر بود. آبیاری مزرعه براساس نیاز گیاه و با توجه به شرایط آب و هوایی منطقه انجام‌گرفت و علف‌های هرز مزرعه نیز با وجین دستی کنترل گردید و همچنین علف‌کش‌های Linuron, Sinbar استفاده شد. یک

هفته قبل از گل‌دهی، زمانی که اولین غنچه گل بزرگ‌ترین شاخه تشکیل شد، محلول‌پاشی با غلظت‌های مختلف پوترسین توسط آبپاش یک لیتری بر روی برگ‌ها، گل‌ها و حتی ساقه تمام شاخه گل‌های رشدکرده، انجام‌گرفت. ارتفاع مناسب برداشت ۱۰ سانتی‌متر از سطح خاک برای گیاه دارویی آویشن گزارش شد و طبق این اصل گیاهان بلافاصله پس از برداشت به سایه منتقل و پس از توزین و تعیین وزن تر در کف سالن پخش شد تا خشک شوند. جهت یکنواختی خشک شدن، گیاهان در زمان مناسب زیرورو گردیدند. نمونه‌ها پس از خشک شدن جهت تعیین درصد رطوبت و میزان اسانس به آزمایشگاه منتقل شدند. برای اسانس‌گیری، ۱۰۰ گرم پودر اندام هوایی آویشن خشک دقیقا توزین شد و به‌روش تقطیر با آب اسانس آن استخراج و اندازه‌گیری گردید. سنجش پرولین از روش (Bates *et al*.,1973) استفاده شد. مقدار پرولین بر حسب میکرومول بر گرم برگ تازه بیان شد. استخراج اسانس توسط Clevenger و اندازه‌گیری تیمول توسط کروماتوگرافی گازی (GC) صورت‌گرفت (رضایی‌نژاد و همکاران، ۱۳۷۹). داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS آنالیز گردید، همچنین نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم گردید.

نتایج و بحث

همان‌گونه که در جدول تجزیه واریانس مشاهده شد، صفات مورد آزمایش تحت تاثیر اثرات ساده تنش خشکی و پلی‌آمید پوترسین قرارگرفتند و اختلافات به‌وجود آمده از نظر آماری در سطح یک و پنج درصد معنی‌دار شد، اما اثر متقابل تنش خشکی و پلی‌آمین پوترسین بر هیچ یک از صفات مورد بررسی معنی‌دار نگردید.

جدول ۱- تجزیه واریانس سطوح تنش خشکی و پلی‌آمین پوترسین بر صفات مورد بررسی

Table 1. Analysis of variance levels of water deficit stress and putrescinc polyamine on char to rustics

S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات M.S				
			وزن خشک برگ	وزن تر برگ	تیمول	اسانس	پرولین
		df	W.D	W.W	Tymol	Essential oil	Proline
Replication	تکرار	2	0.044^{ns}	58.202^{ns}	26.473^{ns}	0.161^{ns}	6.931^{ns}
Water stress	تنش	2	13.513**	1890.905**	405.306**	0.521**	2023.57**
Error A	خطا	4	0.069	13.787	15.802	0.023	5.364
pot	پوتریسین	3	1.1653*	93.688*	384.476**	0.545**	97.641**
Water stress× pot	اثر متقابل T × P	6	0.3471^{ns}	22.960^{ns}	22.290^{ns}	0.018^{ns}	25.827^{ns}
Error B	خطا	18	0.304	24.001	14.479	0.099	17.479
C.V(%)	ضریب تغییرات(٪)	-	7.63	8.30	7.36	7.24	10.40

ns ,*و** به ترتیب غیر معنی‌دار، درسطح احتمال پنج درصد و یک درصد معنی‌دار

ns * and ** non-significant at 5% and 1% significant

وزن خشک برگ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده تنش خشکی و پلی‌آمید پوترسین بر وزن خشک تاثیر معنی‌داری داشت و اختلاف به‌وجودآمده از نظر آماری در سطح یک و پنج درصد معنی‌دار شد. بیش‌ترین وزن خشک برگ در گیاه مربوط به‌شرایط ۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر (شاهد) به‌میزان ۸/۴۵ گرم و کم‌ترین مقدار نیز مربوط به تیمار ۱۴۰میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر (خیلی شدید) با متوسط ۶/۰۲ گرم مشاهده گردید (جدول سه). همچنین بیش‌ترین مقدار وزن خشک برگ گیاه در شرایط محلول‌پاشی یک میلی‌مولار و با متوسط ۷/۵۵ گرم کم‌ترین در شرایط عدم محلول‌پاشی با متوسط ۶/۸۸ گرم به‌دست آمد (جدول دو).

نتایج نشان داد اثرات منفی تنش آب در مرحله رویشی، بر روند سطح برگ تاثیرگذار است. تنش آب در مرحله رویش موجب ممانعت از رشدسلولی و منجر به‌کاهش سطح برگ می‌شود. از این رو این کاهش به‌عنوان یک واکنش اولیه به کمبود آب مطرح است، اگرچه مقدار سطح برگ در رابطه با میزان فتوسنتز حائز اهمیت است ولی سطح برگ کم، موجب جذب آب کم‌تر از خاک و کاهش تعرق شد و این محدودیت می‌تواند اولین خط دفاعی برای مقابله خشکی در گیاه باشد.کاربرد پوترسین باعث استحکام دیواره سلولی شد، این امر ممکن است به دلیل کاهش فعالیت آنزیم‌های تجزیه کننده دیواره سلولی از جمله پلی‌کالاکتروناز و متیل استراز باشد. سفتی بافت گیاهی به‌هنگام تیمار با پلی‌آمین‌هایی مانند پوترسین را می‌توان به ارتباط پلی‌آمین‌ها با مواد پکتیکی موجود در دیواره سلولی نسبت داد. همچنین پلی‌آمین‌ها می‌توانند به‌عنوان غیرفعال کننده‌های رادیکال‌های آزاد عمل کنند و غشاهای سلولی را در برابر اکسیدشدن حفظ‌کنند و بدین ترتیب مقاومت غشاها را افزایش دهند. به‌طورکلی پوترسین با توجه به افزایش بیوسنتز و مقاومت غشا باعث افزایش وزن برگ شد.

امیری و همکاران (۱۳۸۹) در مطالعه خود بر نخود، کاهش تولید شاخساره را از دلایل کاهش وزن خشک در اثر تنش، اظهار داشتند. در بسیاری از موارد، انواع تنش‌ها به انباشتگی پلی‌آمین‌های آزاد منجر گردید که نشان می‌دهد بیوسنتز پلی‌آمین‌ها یکی از مهم‌ترین پاسخ‌های بیوشیمیایی گیاهان به تنش است. تحت تنش خشکی و شوری، بیان ژن‌ها درگیر در تولید این آنزیم‌ها از جمله آرژینین دکربوکسیلاز و فعالیت آنها افزایش می‌یابد که موجب افزایش مقدار پلی‌آمین‌ها شد و به افزایش تحمل به تنش شوری خشکی منجر گردید. از سوی دیگر، کاهش ساخت پلی‌آمین‌ها، به‌دلیل کاهش فعالیت آنزیم آرژانتین دکربوکسیلاز باعث کاهش تحمل به شوری و خشکی گردید. انواع پلی‌آمین‌ها از نظر تأثیر تخفیف تنش با یکدیگر متفاوتند. رقم‌های متحمل به خشکی برخی گیاهان، مقدار بالایی اسپرمیدین انباشته می‌کنند، در حالی که ارقام حساس، پوترسین را انباشته می‌نمایند. به‌بیان دیگر در این گیاه انباشتگی بالای پوترسین و کاهش اسپرمیدین و اسپرمین همراه با حساسیت به خشکی است (Goyal *et al.*, 2010). در همین رابطه، نتایج به‌دست آمده توسط بحرینی‌نژاد و همکاران (Bahreininejad *et al*., 2013) بر آویشن دنایی نشان داد که در شرایط محدودیت آب می‌توان تنش شدیدتری را در سال دوم رویش نسبت به سال اول بر گیاه اعمال نمود. بیش‌تر بودن اختلاف بین تیمارها را در سال دوم نسبت به سال اول می‌توان به قوی‌ترشدن سیستم ریشه‌ای گیاه در تیمارهای با تنش کم‌تر نسبت داد که این امر، باعث افزایش شدت اختلاف وزن خشک اندام‌های هوایی بین تیمارها در سال دوم نسبت به سال اول شد. ازآنجاکه در شرایط تنش خشکی، شاخص‌های رشدی گیاه کاهش می‌یابد، به دنبال آن وزن تر و وزن خشک اندام هوایی کم می‌شود. از این رو افزایش وزن تر و خشک در دانهال‌های تیمار شده با پوترسین یک میلی‌مولار می‌توان به تأثیر پلی‌آمین‌ها در بهبود شاخص‌های رشدی، خاصیت آنتی‌اکسیدانی و نقش محافظتی آن‌ها در پایداری سلول‌ها مرتبط دانست (Kusano *et al.,* 2008; Hussein *et al.,* 2006; Noohpishe and Kalantari, 2011) که در این پژوهش کاملاً مشهود است.

وزن تر برگ

نتایج نشان داد که وزن تر برگ تحت تاثیر اثرات ساده تنش خشکی و پوترسین و اختلافات به‌وجود آمده از نظر آماری در سطح یک و پنج درصد معنی‌دار شد. بیش‌ترین میزان وزن تر برگ مربوط ۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر (شاهد) به‌میزان ۷۴/۷۷ گرم و کم‌ترین مقدار نیز مربوط به شرایط ۱۴۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر (تنش خیلی شدید) با متوسط ۴۴/۷۲ گرم مشاهده گردید (جدول سه). همچنین کم‌ترین میزان وزن تر برگ در گیاه در شرایط عدم محلول‌پاشی (شاهد) با متوسط ۵۶/۲۲ گرم و بیش‌ترین در شرایط محلول‌پاشی یک میلی‌مولار پوترسین با متوسط ۶۲/۶۹ گرم به‌دست

آمد (جدول دو). نتایج نشان داد تنش آب به‌طور مستقیم بر فرآیندهای شیمیایی مربوط به فتوسنتز اثرگذاشت و به‌طور غیرمستقیم دی‌اکسیدکربن به داخل روزنه‌های که به‌علت شرایط کم آبی بسته‌اند، کاهش داد، از این رو انتقال مواد فتوسنتزی نیز تحت تاثیر تنش آب قرارگرفت، موجب اشباع برگ‌ها از این مواد گردید که ممکن است فتوسنتز را محدود کند در نتیجه رشد گیاه و نهایتاً عملکرد آن کاهش یابد، در واقع وزن برگ‌ها کاهش می‌یابد. اما با توجه به نتایج، کاربرد پوترسین توانست موجب افزایش وزن برگ شود. پوترسین یک گروه جدید از تنظیم کننده‌های رشد گیاهی است که باعث تحریک رشد از طریق افزایش بیوسنتز آنها در بافت‌های گیاهی می‌گردد، همچنین پوترسین با مستحکم‌کردن غشاهای سلولی و بازداری از فعالیت آنزیم‌های هیدروکتیکی از پژمردگی برگ‌ها و در نهایت کاهش وزن برگ جلوگیری کند. پیرزاد و همکاران (Pirzad *et al*., 2006) نشان دادند که با افزایش تنش خشکی، وزن خشک گل بابونه آلمانی کاهش می‌یابد.

در مطالعه مشابهی مشخص شد که وزن تر و وزن خشک گل بابونه آلمانی بر اثر خشکی کاهش می‌یابد (Lebaschy and Ashoorabadi, 2004). تأثیر مثبت پوترسین احتمالاً مربوط به نقش این هورمون در افزایش فعالیت تقسیم سلولی، افزایش هورمون‌های گیاهی از قبیل اکسین و جیبرلین و کاهش آبسیزیک اسید است که سبب بهبود رشد می‌شود (Hussein *et al.*, 2006). ال- لتی و همکاران (El-Lethy *et al*., 2010) نیز به افزایش وزن تر و خشک گیاه کتان تیمار شده با پوترسین اشاره کردند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که تحت شرایط تنش خشکی استفاده از پوترسین باعث افزایش وزن تر برگ شد. هرچند این اختلافات از نظر آماری معنی‌دار نشد.

اسانس تیمول

نتایج نشان داد که اثرات ساده تنش خشکی و پوترسین بر اسانس تیمول تاثیر معنی‌داری داشت و اختلاف به‌وجود آمده از نظر آماری در سطح یک درصد معنی‌دار شد. بیش‌ترین میزان تیمول اسانس مربوط ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر (تنش شدید) به‌میزان ۵۸/۰۵ میکروگرم بر گرم وزن تازه برگ و کم‌ترین مقدار نیز مربوط به شرایط ۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر (شاهد) با متوسط ۴۵/۲۰ میکروگرم بر گرم وزن تازه برگ در گیاه مشاهده گردید (جدول سه). بیش‌ترین میزان تیمول اسانس در گیاه در شرایط محلول‌پاشی دو میلی‌مولار و با متوسط ۵۸/۷۲ میکروگرم بر گرم وزن تازه برگ و کم‌ترین در شرایط عدم محلول‌پاشی با متوسط ۴۶/۴۵ میکروگرم بر گرم وزن تازه برگ به‌دست آمد (جدول دو). با توجه به این که سطح تنش خشکی متوسط موجب افزایش درصد تیمول نیز شد می‌توان گفت که اعمال یک تنش در دوره رشد گیاه آویشن می‌تواند موجب افزایش کیفیت آن شود. با توجه به تحمل نسبتاً مناسب آویشن به شرایط کم‌آبی، می‌توان در مقطعی از رشد گیاه با ایجاد تنش‌های محیطی مدیریت شده، افزایش کمی وکیفی متابولیت‌های ثانویه را فراهم‌کرد. بنابراین، در پرورش گیاهان، وجود آب یکی از امکانات مهم زیست محیطی است و کمبود آب می‌تواند باعث افزایش توان تولید ماده مؤثره شود. در نتیجه، محدودیت آب نه تنها یک عامل نامساعد، بلکه راهکاری بدون هزینه برای نوعی تولید است. تنش سبب کاهش بیوماس گیاه آویشن شد، میزان پرولین، کربوهیدرات و درصد اسانس افزایش‌یافت که نوعی سازگاری نسبت به شرایط تنش محسوب می‌شود. پوترسین می‌تواند تأثیر به‌سزایی جهت افزایش تحمل به خشکی گیاه داشته باشد و این بدان دلیل است که با قابل دسترس کردن آب مورد نیاز گیاه و کاهش تنش خشکی از تخریب غشای جلوگیری می‌گردد (Kusano *et al*., 2008). نتایج نشان داد که پوترسین به‌علت نقشی که در کاهش رادیکال‌های آزاد و افزایش آنتی‌اکسیدانت دارد، تحمل گیاه آویشن را در شرایط رژیم‌های مختلف آبیاری افزایش می‌دهد.

اسانس برگ

براساس نتایج جدول تجزیه واریانس اثرات ساده تنش خشکی و پوترسین بر اسانس در سطح یک

درصد معنی‌دار شد. بیش‌ترین میزان اسانس از تیمار ۱۱۰میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر (تنش شدید) به‌میزان ۴/۵۷ درصد و کم‌ترین مقدار نیز مربوط به شرایط ۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر (شاهد) با متوسط ۴/۰۸ درصد حاصل شد (جدول سه). بیش‌ترین میزان اسانس در گیاه در شرایط محلول‌پاشی دو میلی‌مولار و با متوسط ۴/۶۳ درصد و کم‌ترین در شرایط عدم محلول‌پاشی با متوسط ۴/۱۸ درصد به‌دست آمد (جدول دو). در گیاه آویشن، بیش‌ترین درصد اسانس در رژیم آبی ۷۰ درصد ظرفیت مزرعه حاصل شد. همچنین بیش‌ترین درصد اسانس و عملکرد اسانس در وضعیت تنش ملایم با کاربرد کودشیمیایی به‌دست آمد (نورزاد و همکاران، ۱۳۹۳).

بخش عمده اسانس‌ها، ترکیب‌های ترپنوئیدی بودند که نیتروژن پیش‌ماده این ترکیب‌هاست، بنابراین پوترسین با نقشی که در رابطه با افزایش جذب عناصرغذایی ازجمله نیتروژن و نقش مهمی که در ساخت قندها و کربوهیدرات‌ها دارد، سبب افزایش چشمگیر عملکرد اسانس در مقایسه با تیمار شاهد شود. تنش می‌تواند میزان فتوسنتز را در گیاه محدود سازد و با تغییر در میزان جذب موادغذایی از خاک، تولید ماده آلی، قند و آمینو اسیدها را دچار نوسان سازد و با کاهش فعالیت چرخه‌های مربوط به تولید متابولیتهای ثانویه (اسانس) می‌گردد تا با تنش ایجاد شده مقابله کند که باعث افزایش بازده اسانس می‌شود.

با توجه به نتایج به‌دست آمده مشخص گردید تنش خشکی موجب بالارفتن میزان اسانس می‌شود. تحقیقات مشابه نیز این نتایج را تایید می‌کند. تحقیقات نشان داد در گیاه اسانس‌دار مرزنجوش (*Origanum majorana* L.) در اثر کمبود آب، مقدار اسانس بیش‌تر شد و به‌دلیل کاهش تقسیم سلولی، از طول برگ‌ها کاسته شد (Jiquan *et al*., 2000). به سبب پیش ماده‌ی مشترک برای ساخت پلی‌آمین‌ها و اتیلن، بین پوترسین و اسپرمیدین با اتیلن برسر پیش ماده SAM رقابت به‌وجود می‌آید، بنابراین اثرات فیزیولوژیک اتیلن در گیاهان با تیمار پلی‌آمین‌ها حالت آنتاگونیسمی دارد، و ساخت یکی، نقش بازدارندگی از ساخت دیگری دارد (Sood and Negar, 2008). که محلول‌پاشی پوترسین در غلظت بالا توانست میزان اسانس برگ را افزایش دهد. که این می‌تواند به‌دلیل تاثیر پوترسین بر استحکام غشاهای سلولی برگ باشد. تنظیم کنندگی پلی‌آمین‌ها در ارتباط با واکنش در برابر تنش‌ها و پیری می‌باشد که از طریق استحکام غشاهای سلولی و بازداری از فعالیت آنزیم‌های هیدرولتیکی از پیری جلوگیری می‌کنند (Abu-Kpawoh *et al*., 2002). تاثیر آنتی‌اکسیدانتی پلی‌آمین‌ها و مستحکم نمودن غشا در ارتباط با یک سری بارهای مثبت (گروه‌های آمینی) در ساختار مولکول می‌باشد. افزایش در میزان پلی‌آمین‌ها در بافت‌های گیاهی تحت تنش‌های محیطی، گزارش شد (Perez-Vicente *et al*., 2002). پلی‌آمین‌ها نقش مثبتی را در در برابر انواع تنش‌ها ایفا می‌کند (Apel and Hirt., 2004).

حسنی و همکاران (۱۳۸۳) اظهار داشتند که تنش آبی اثر معنی‌داری بر رشد، عملکرد، مقدار کلروفیل و اسانس ریحان داشت. به‌نظر می‌رسد در این تحقیق بر اثر تنش خشکی برای مقابله با شکست دیواره سلولی و افزایش پایداری غشای سلولی سلول شروع به شکست ماکرومولکول‌ها می‌نماید با شکسته شدن ماکرومولکول‌ها تعداد در سلول افزایش می‌یابد، این امر منجر به افزایش پایداری سلول شد و میزن رسانش افزایش یافت.

پرولین

نتایج نشان داد که اثرات ساده تنش خشکی و پوترسین بر پرولین برگ تاثیر معنی‌داری داشت و اختلافات به‌وجود آمده در سطح یک درصد معنی‌دار شد. بیش‌ترین میزان پرولین مربوط به تیمار ۱۴۰میلی‌متر از تشتک تبخیر (تنش خیلی شدید) به‌میزان ۵۴/۵۵ گرم در گرم ماده خشک و کم‌ترین مقدار نیز مربوط به شرایط ۵۰ میلی‌متر از تشتک تبخیر (شاهد) با متوسط ۲۴/۵۲ گرم در گرم ماده خشک مشاهده گردید (جدول سه). بیش‌ترین میزان پرولین در گیاه در شرایط محلول‌پاشی دو میلی‌مولار و با متوسط ۴۲/۹۵ گرم در گرم ماده خشک و کم‌ترین در شرایط عدم محلول‌پاشی پوترسین با

متوسط ۳۷/۰۲ گرم در گرم ماده خشک به‌دست آمد (جدول دو). پرولین محلول می‌تواند حلالیت پروتئین‌های مختلف را تحت تأثیر قراردهد و جلوی غیرطبیعی شدن آلبومین را بگیرد، در واقع رابطه متقابلی بین ملکول‌های پرولین و سطح آب گریز پروتئین‌ها برقرار می‌شود و به‌علت افزایش سطح کل آب دوست ملکول‌های پروتئینی، پایداری آنها افزایش می‌یابد. آنزیم‌ها نیز به‌دلیل ساختمان پروتئینی خود تحت تأثیر این سازوکار ایجاد شده توسط پرولین محافظت می‌شوند، به‌طوری‌که تجمع پرولین عاملی در جهت محافظت آنزیم‌ها می‌باشد (Farooq *et al.*, 2009). کافی و همکاران (۱۳۸۸) بیان نمودند که، پرولین سبب تنظیم فشار اسمزی، کاهش هدررفت آب از سلول و حفظ آماس سلولی می‌شود. نتایج پژوهش پروین و خضری (۱۳۹۴) نشان داد که اثر تیمارهای مختلف تنش خشکی و محلول‌پاشی پوترسین با غلظت‌های متفاوت بر میزان پرولین و پراکسید هیدروژن معنی‌دار است. پوترسین یک میلی‌مولار در هر سه سطح تنش خشکی سبب افزایش معنی‌دار میزان پرولین شد. میزان پراکسید هیدروژن بر اثر تنش خشکی افزایش یافت، اما تیمار پوترسین یک میلی‌مولار در تنش متوسط و تنش شدید سبب کاهش غلظت آن شد. که نتایج به‌دست آمده در پژوهش را تایید می‌کند که در این تحقیق نیز با شروع شرایط تنش خشکی برای محافظت از سلول‌ها، پرولین افزایش پیداکرد و با افزایش شدت تنش بر میزان آن افزوده شد و مصرف پوترسین باعث افزایش تحمل دیواره سلولی گردید و از انحلال آن جلوگیری نمود. به‌همین دلیل در تیمار دو میلی‌مولار محلول‌پاشی پوترسین، بیش‌ترین میزان پرولین مشاهده شد.

به‌منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف تنش خشکی و تعیین حد تحمل پا جوش‌های خرمای رقم مضافتی به این تنش و همچنین بررسی اثر محلول‌پاشی پوترسین، آزمایشی در گلخانه با شرایط کنترل شده اجرا گردید. نتایج نشان داد که عوامل رشدی پاجوش‌های خرما، تحت تنش خشکی کاهش‌یافتند. کاربرد پوترسین در شرایط شاهد (بدون تنش خشکی) باعث بهبود عوامل رشدی پاجوش‌های خرما گردید. مشخص شد که پوترسین در غلظت دو میلی‌مولار باعث کاهش اثرات تنش خشکی می‌گردد. میزان پرولین، با اعمال تیمار پوترسین دو میلی‌مولار افزایش، اما فعالیت پراکسید هیدروژن (H_2O_2) کاهش یافت. نتایج به دست آمده در این پژوهش نشان داد که تنش خشکی بر کلیه صفات رویشی پاجوش‌ها تأثیر منفی داشت و پوترسین تا حدی می‌تواند سبب بهبود شاخص‌های رشد پا جوش‌های خرما گردد که با نتایج نصیری بزنجانی و همکاران (۱۳۹۳) مطابقت دارد.

جدول۲- مقایسه میانگین اثرات ساده پوتریسین بر صفات مورد ارزیابی

Table 2. Comparison of the mean effects of putrescine on traits

تیمار Treatment		وزن خشک برگ Leaf dry weight (g)	وزن تر برگ Fresh Leaf weight (g)	پرولین Proline (M mol . g)	تیمول Thymol (M mol . g)	اسانس Essence (%)
صفر میلی‌مولار پوتریسین	Zero mM Putrescine	6.88 ^{c}	56.22 ^{b}	37.02 ^{b}	46.45 ^{c}	4.18 ^{b}
۰/۵ میلی‌مولار پوتریسین	0.5 mM Putrescine	7.04 ^{bc}	57.65 ^{ab}	38.55 ^{b}	47.80 ^{c}	4.20 ^{b}
یک میلی‌مولار پوتریسین	1 mM Putrescine	7.55 ^{a}	62.29 ^{a}	42.20^{a}	53.70 ^{b}	4.42 ^{ab}
دو میلی‌مولار پوتریسین	2 mM Putrescine	7.42 ^{ab}	59.45 ^{ab}	42.95 ^{a}	58.72 ^{a}	4.63 ^{a}

میانگین‌هایی که حداقل در یک حرف مشترک‌اند، اختلاف آماری معنی‌داری در آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Averages that at least one letters in common, a significant difference in Duncan's multiple range test have five percent

جدول۳- مقایسه میانگین اثرات ساده تنش خشکی بر صفات مورد ارزیابی
Table 3. Comparison of the mean effects of drought stress on trai

تیمار Treatment		وزن خشک برگ Leaf dry weight (g)	وزن تر برگ Fresh Leaf weight (g)	پرولین Proline (M mol / g)	تیمول Thymol (M mol / g)	اسانس Essence (%)
۵۰ میلی‌متر از تشتک تبخیر	50mm evaporation pan.	8.45 a	74.77 a	24.52 d	45.20 b	4.08 c
۸۰ میلی‌متر از تشتک تبخیر	80mm evaporation pan	7.67 b	61.32 b	35.65 c	48.65 b	4.33 b
۱۱۰ میلی‌متر از تشتک تبخیر	110mm evaporation pan	6.75 c	55.16 c	46.00 b	58.05 a	4.57 a
۱۴۰ میلی‌متر از تشتک تبخیر	140mm evaporation pan	6.02 d	44.72 d	54.55 a	54.77 a	4.45 ab

میانگین‌هایی که حداقل در یک حرف مشترک‌اند، اختلاف آماری معنی‌داری در آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد دارند.
Averages that at least one letters in common, a significant difference in Duncan's multiple range test have five percent

نتیجه‌گیری کلی

هدف اصلی پژوهش تعیین خصوصیات مرفولوژیکی و فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه آویشن با مصرف هورمون تنظیم کننده ی پوترسین در شرایط تنش خشکی به‌منظور کمک به تولید بیش‌تر این محصول کشاورزی در کشور بود. صفات اندازه‌گیری شده در گیاه آویشن مانند اسانس تیمول و برگ و پرولین در اثر تنش خشکی تغییر یافت که نشان می‌دهد که عدم آب کافی در دوره‌های رشد آویشن سبب تغییر در صفات مرفولوژیک، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاه آویشن شد و می‌توان نتیجه گرفت که رژیم‌های آبیاری گوناگون می‌توان سبب تفاوت معنی‌داری در کلیه صفات گیاه آویشن گردد. ولی کاهش عملکرد کلیه صفات (استثنا EC و پرولین شد) تغییرات صفات مرفولوژیکی ناشی از رژیم‌های متفاوت آبیاری اثر یکسانی را نشان نداد. به‌کارگیری هورمون پوترسین می‌تواند بر تحمل گیاه آویشن در مقابل تنش خشکی بیافزاید. این مشاهدات و نتایج نشان می‌دهد که هورمون پوترسین اثر خود را بر فتوسنتز اعمال کند و در مدیریت بهتر آب در گیاه نقش دارد. به‌نظر می‌رسد با توجه به بحران شدید کم‌آبی در کشور و تغییرات آب و هوایی درکره‌ی زمین، به‌کارگیری هورمون پوترسین می‌تواند از نظر اقتصادی، کشاورزی و زیست محیطی برای افزایش تحمل به تنش خشکی در گیاه آویشن توجیه داشته باشد.

منابع References

امیدبیگی، ر. ۱۳۸۴. رهیافته‌های تولید و فرآورده‌های گیاهان دارویی، انتشارات طراحان نشر، جلد ۲، فصل ۷، صفحه ۱۸۸.

امیری ده احمدی، س.ر.، پارسا، م.ا. و گنجعلی، ع. ۱۳۸۹. تاثیر تنش خشکی در مراحل مختلف رشدی بر شاخص‌های رشدی نخود در شرایط گلخانه. نشریه پژوهش‌های حبوبات ایران۱: ۶۹-۸۴.

امین، غ.ر. ۱۳۸۰. متداول‌ترین گیاهان دارویی سنتی ایران. تهران: دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران

پرویـن، پ.، و خضـری، م. ۱۳۹۴. بررسی اثر محلول‌پاشی پوترسین بر افزایش تحمل دانهال‌های گردوی ایرانی (***Juglans regia* L.**) به تنش خشکی، علوم باغبانی ایران، دوره ۴۶، شماره ۱، بهار ۱۳۹۴: ۱۰۹-۹۹.

جشیدی، م.، امین‌زاده، م.، آذرنیوند، ح. و عابدی، م. ۱۳۸۵. تاثیر ارتفاع بر کمیت و کیفیت اسانس گیاه آویشن کوهی. فصلنامه گیاهان دارویی، شماره ۱۸: ۱۷-۲۲.

جمزاد، ز. ۱۳۸۴. آویشن. انتشارات موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع۱:۹۱-۱۷.

حسنی، ع.، و امیدبیگی. ر. ۱۳۸۳. اثرات تنش آبی بر برخی خصوصیات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و متابولیکی گیاه ریحان. مجله دانش کشاورزی. جلد ۱۲. شماره ۳. ص. ۵۹-۴۷.

رضایی‌نژاد، ع.، امیدبیگی، ر.، خادمی، ک. ۱۳۷۹. بررسی تاثیر کود ازته و زمان برداشت در میزان اسانس و تیمول آویشن (*Thymus vulgaris* L.). پژوهش کشاورزی: تابستان ۱۳۷۹، دوره ۲، شماره ۲; از صفحه ۱۳ تا صفحه ۲۰.

کافی، م.، برزویی، ا.، صالحی، م.، کمندی.ع.، معصومی، ع. و نباتی. ج. ۱۳۸۸ . فیزیولوژی تنش‌های محیطی در گیاهان، جهاد دانشگاهی مشهد. ۴۳۱ صفحه.

کافی، م. و مهدوی دامغانی، ا. ۱۳۸۹. مکانیسم‌های مقاومت گیاهان به تنش‌های محیطی. (تألیف آمار جیت اس، بسرا و رانجیت کا، بسرا)، چاپ اول، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. ۴۶۷ صفحه.

نصیری‌بزنجانی، ع.، خضری، م.، پاک‌کیش، ز. ۱۳۹۳. بررسی اثر تنش خشکی و پلی‌آمین پوترسین بر پارامترهای مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی پاجوش‌های خرما رقم مضافتی، دانشگاه شهید باهنر کرمان - دانشکده کشاورزی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد،

نورزاد، س.، احمدیان، ا.، مقدم، م.، دانشفر، ا. ۱۳۹۳، اثر تنش خشکی بر عملکرد، اجزای عملکرد و اسانس گیاه دارویی گشنیز تحت تاثیر انواع کود آلی و شیمیایی. نشریه به زراعی کشاورزی، دوره ۱۶، شماره ۲، تابستان: ۳۰۲-۲۸۹.

Abu-Kpawoh, J., Xi, C., Zhang, Y.Z., Jin, Y.F. 2002. Polyamine accumulation following Hot-water dips influence chilling injury and decay in friar plum fruit, Food Chemistry and Toxicology.67(7):2649-2653.

Apel, K., and Hirt, H. 2004. Reactive oxygen species: Metabolism, oxidative stress, and signal transduction. Annual Review of Plant Biology 55: 373-399.

Arias, M., Carbonell, J., and Agust, M. 2005. Endogenous free polyamines and their role in fruit set of low and their role in fruit set of low and high parthenocarpic ability citrus cultivars,Journal of .Plant Physiology.126(8):845-853.

Bahreininejad, B., Razmjoo, J., and Mirza, M. 2013. Influence of water stress on morphophysiological and phytochemical traits in *Thymus daenensis*. International Journal of Plant Production, 7(1):155-166.

Baidez, A.G., Gomez, P., Del Rio, J.A., and Ortuno, A. 2007. Dys functionality of the xylem in *Oleaeuropaea L.* plants associated with the infection process by *Verticillium dahliae* Kleb. Role of phenolic compounds in plant defense mechanism. Journal of Agricultural and *Food* Chemistry, 55: 3373– 3377.

Bannyan, M., Nadjafi, F., Azizi, M., Tabrizi, L., Rastgoo, M. 2008. Yield and seed quality of planago ovate & Nigella sativa under different irrigation treatments. Industrial crops and products, 27: 11-16.

Bates, I.S., Waldern, R.P., and Tear, I.D. 1973. Rapid determination of free pralin for water stress studies . plant and Soil, 39: 205-207.

El-Lethy, S., Ayad, H., and. Talaat, I. 2010. Physiological effect of some antioxidant on flax plant (*Linum usitatissimum* L.). World J. Agric. Sci. 6(5): 622-629.

Farooq, M., Wahid, A., and Lee, D. J. 2009. Exogenously applied polyamines increase drought tolerance of rice by improving leaf water status, photosynthesis and membrane properties. Acta Physiol Plant 31: 937–945**.**

Goyal, M., and Asthir, B. 2010. Polyamine catabolism influences antioxidative defense mechanism in shoots and roots of five wheat genotypes under high temperature stress. Plant Growth Regul 60:13–25.

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

Huang, W.Y., Cai, Y.Z., and Zhang, Y. 2009. Natural phenolic compounds from medicinal Herbs and Dietary Plants: Potential use for cancer Prevention. Nutrition and cancer, 62:1-20.

Hussein, M.M., Nadia, EL-Gereadly, H.M., and EL-Desuki, M. 2006. Role of putrescine in resistance to salinity of pea plants (*Pisum sativum* L.). Applied Science Research, 2, 598-604.

Jaafar, H.Z.E., Ibrahim, M.H., and Fakri, N.F.M. 2012. Impact of soil field water capacity on secondary metabolites, phenylalanine ammonia-lyase (PAL), maliondialdehyde (MDA) and photosynthetic responses of malaysiankacipfatimah (*Labisiapumila*). Molecules. 17: 7305-7322.

Jiquan, L., Gougu, G., Ying Bai, S., and Shenys, L.J.G. 2000. Changes of volatiles from drought stressed ash leaf maple (*Acer negundo*) in July & August . Forestry studies in china, 2(2): 27-33.

Kusano, T., Berberich, T., Tateda, C., Takahashi, Y. 2008. Polyamines: essential factors for growth and survival. Planta 228:367–381.

Martin-Tanguy, J. 2001. Metabolism and function of polyamines in plants: recent development (new approaches). Plant Growth Regulation 34: 135-148.

Munne, S., and Alegre, L. 1999. Role of dew on the recovery of water stressed *Melissa officinalis L.* Journal of plant physiology, 154(5-6): 759-766.

Noohpishe, Z., and Kalantari, Kh.M. **2011**. The interaction effects of spermidine application and salinity stress in pepper plants. Iranian Journal of Biology, 24(6), 848-857.

Pandey, R.K., Maranville, J.W., and Admou, A. 2001. Tropical wheat response to irrigation & nitrogen in a sahelian environment. I. Grain yield, yield components & water use efficiency. European Journal of Agronomy, 15: 93-105**.**

Perez-Vicente, A., Martinez-Romero, D., Carbonell, A., Srrano, M., Riquelme, F., Guillen, F., and Valero, D. 2002. Role of polyamines in extending shelf life and reduction of mechanical damage during plum (*Prunus Salicina* L.) storage, Postharvest Biology and Technology. 25(1):25-32.

Pessarki, M., 1999. Handbook of plant and crop stress. Marcle dekker inc. pp.

Pirzad, A., Alyari, H., Shakiba, M.R., Zehtab-Salmasi, S., and Mohammadi, A. **2006**. Essential oil content and composition of German chamomile (*Matriciria chamomilla* L.) at different irrigation regimes. Agronomy Journal. 5: 451-455.

Ramakrishna, A., and Ravishankar, G.A. 2011. Influence of abiotic stress signals on secondary metabolites in plants. Plant Signaling and Behavior, 6: 1720-1731.

Rizopoulou, S., and Diamantoglon, S. 1991. Water stress, induced diurnal variation in leaf water relation stomatal conductance, soluble sugar, lipids & essential oil content of origanum majorana. L. journal of horticultural science, 66: 119-25.

Sood, S., and Negar, P.K. 2008. Post-harvest alteration in polyamins and ethylene in ;two diverse rose species, Acta physiology plant. 30:243-248**.**

Szczepanik, M., Zawitowska, B., and Szumny, A. 2012. Insecticidal activities of *Thymus vulgaris* L. essential oil and its components (*Thymol and carvacrol*) against larva of lesser mealworm, alphitobius diaper in us panzer (*Coleopteran: tenbrionidaee*). Allelopathy Journal, 30(1):129-142.

Zeghad, N., and Merghan, R. 2013. Antioxidant and antimicrobial activities of *Thymus vulgaris* L. Medicinal and Aromatic Plant Research Journal, 1(1):5-11.

Ziosi,V., Bregoli, A.M., Fregola, F., Costa, G., and Torrigiani, P. 2009. Jasmonate-induced ripening delay is associated with up-regulation of polyamine level in peach.fruit,Journal of plant physiology.166(9):938-946**.**