

## اثر پلی آمین‌ها و هیومیک اسید بر رشد، عملکرد و غلظت عنصرهای معدنی در

### شاخساره و ریشه توت‌فرنگی<sup>۱</sup>

#### Effect of Polyameins and Humic Acid on Growth, Yield and Concentration of Mineral Elements in Shoot and Root of Strawberry

مهدی حسینی فرهی\*، مهدی دستیاران و فریما یوسفی<sup>۲</sup>

### چکیده

تنش شوری یکی از مهم‌ترین عامل‌های تهدید کننده و کاهنده رشد و بهره‌وری گیاهان است، که اثرهای بسیار نامطلوبی بر تولید و رشد گیاهان در کشاورزی می‌گذارد. توت‌فرنگی یک گونه حساس به شوری می‌باشد و هدف از انجام این پژوهش استفاده از ترکیب‌های پلی آمین و هیومیک اسید در کاهش اثرهای منفی تنش شوری بر رشد و عملکرد گیاه توت‌فرنگی رقم آروماس بود. بدین‌منظور آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در یک گلخانه تجاری مجهز به سیستم هیدروپونیک (آب‌کشت) با محیط کشت کوکوپیت و پرلایت (به نسبت مساوی) در شهر یاسوج انجام شد. فاکتور اول پلی آمین‌ها در پنج سطح پوتریسین صفر، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و اسپرمیدین ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر و فاکتور دوم هیومیک اسید در دو سطح صفر و ۵ در هزار بود. در مدت آزمایش، کلیه بوته‌ها با محلول ۴۰ میلی‌مولار کلرید سدیم آبیاری شدند. نتیجه‌ها نشان داد که شوری اثر معنی‌داری بر کاهش ویژگی‌های رشدی گیاه توت‌فرنگی داشت. کاربرد هیومیک اسید و پلی آمین‌ها باعث کاهش اثرهای منفی تنش شوری و بهبود ویژگی‌های کمی توت‌فرنگی شد. کاربرد پلی آمین‌ها و هیومیک اسید باعث افزایش غلظت عنصرهای آهن، کلسیم و پتاسیم در برگ توت‌فرنگی در شرایط تنش شوری شد. همچنین کاربرد هیومیک اسید و پلی آمین‌ها باعث کاهش جذب سدیم در برگ و ریشه توت‌فرنگی شد. نتیجه این آزمایش نشان داد که شوری باعث کاهش ویژگی‌های رشدی گیاه توت‌فرنگی می‌شود، ولی کاربرد پوتریسین و اسپرمیدین ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر و هیومیک اسید ۵ در هزار می‌تواند اثرهای نامطلوب شوری را کاهش دهد و باعث افزایش ویژگی‌های رویشی و زایشی و مقدار جذب عنصرهای معدنی در گیاه توت‌فرنگی زیر تنش شوری شود. **واژه‌های کلیدی:** اسپرمیدین، پتاسیم، پوتریسین، تنش شوری، سدیم.

### مقدمه

توت‌فرنگی (*Fragaria × ananassa* Duch.) یکی از مهم‌ترین میوه‌های ریز، به‌دلیل طعم لذیذ، بخشی از رژیم غذایی میلیون‌ها نفر از مردم دنیا را تشکیل می‌دهد (۲). با توجه به افزایش کشت و تولید توت‌فرنگی در سیستم‌های کشت بدون خاک در ایران، دشواری‌هایی مانند کاهش منابع آب مناسب و با کیفیت، باعث کاهش عملکرد کمی و کیفی این محصول مهم شده است. به‌همین دلیل انجام پژوهش‌هایی برای بهبود کمیت و کیفیت این میوه ارزشمند در شرایط آبیاری با آب‌های با کیفیت پایین ضروری به نظر می‌رسد.

تاریخ پذیرش: ۹۶/۹/۲۲

تاریخ دریافت: ۹۶/۶/۱۱

۲- به‌ترتیب استادیار گروه علوم باغبانی، واحد یاسوج، دانشگاه آزاد اسلامی، یاسوج، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد یاسوج، دانشگاه آزاد اسلامی و دانش‌آموخته گروه زراعت، واحد یاسوج، دانشگاه آزاد اسلامی، یاسوج، ایران.

\* نویسنده مسئول، پست الکترونیک (m.h.farahi@iauyasooj.ac.ir).

تنش‌های غیرزیوا مثل شوری، خشکی و کمبود ماده‌های غذایی موجب کاهش عملکرد محصول‌های کشاورزی در سراسر جهان می‌شود. تنش شوری جزو تنش‌های عمومی و یکی از مهم‌ترین عامل‌های تهدید کننده و کاهنده رشد و بهره‌وری گیاهان است، که اثرهای بسیار نامطلوبی بر رشد گیاه و تولید گیاهان در کشاورزی می‌گذارد، به طوری که یک سوم زمین‌های زیر کشت دنیا را زیر تأثیر خود قرار داده است (۲۰). تنش شوری موجب اثرهای سمی بر روی گیاهان می‌شود که منجر به تغییرهای سوخت‌وسازی، کاهش فعالیت کلروپلاستی، کاهش سرعت فتوسنتز و افزایش سرعت تنفس نوری می‌شود (۲۸).

بهبود ویژگی‌های خاک شامل تخلخل، نفوذپذیری و نگهداشتن ظرفیت آب، تبادل کاتیونی و آنیونی و تعادل عنصرهای غذایی، برخی از ویژگی‌های مفید هیومیک‌اسید می‌باشد (۱۶). یکی از اثرهای مثبت هیومیک‌اسید تحریک و تشویق گسترش ریشه می‌باشد. ماده‌های هیومیکی یک جزء کلیدی ویژگی‌های باروری خاک و کنترل‌کننده ویژگی‌های زیست‌شناسی و شیمیایی محیط فراریشه (ریزوسفر) می‌باشند (۲، ۳۳). سازوکار فعالیت هیومیک‌اسید در بالا بردن رشد گیاه به طور کامل شناخته نشده است، اما سازوکارهایی مانند افزایش نفوذپذیری غشای یاخته، جذب اکسیژن، تنفس و فتوسنتز، جذب فسفات و طویل شدن یاخته ریشه توسط برخی پژوهشگران پیشنهاد شده است (۳۴). افزایش جذب عنصرهای معدنی با کاربرد هیومیک‌اسید توسط برخی پژوهشگران (۸، ۱۷) گزارش شده است. هیومیک‌اسید همچنین اثرهای سمیت نمک‌ها بر برخی گیاهان (۲۳، ۲۷) را کاهش داده است.

پلی‌آمین‌ها از مهم‌ترین ماده‌های تنظیم کننده رشد گیاهی هستند که در طیف وسیعی از فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاه مانند تقسیم یاخته‌ای، تمایز آوندی، آغازش ریشه، تشکیل شاخه، انگیزش و تکامل گل، رسیدن میوه، پیری و تشکیل رویان در کشت بافت، نقش دارند (۲۲). در پژوهشی، کاربرد اسپرمیدین اثرهای ناشی از تنش شوری را در گیاه فلفل بهبود بخشید و نشانه‌های ناشی از تنش در گیاهان تیمار شده توسط اسپرمیدین کمتر مشاهده شد (۵). گزارش شده است که کاربرد پلی‌آمین‌های برون‌زا از راه جلوگیری از تخریب مولکول DNA در اثر رادیکال‌های آزاد اکسیژن تولید شده در شرایط تنش شوری، منجر به کاهش اثر شوری در بازدهی فتوسنتز شد، اما این اثر به شدت به غلظت پلی‌آمین‌ها یا نوع و سطح تنش، بستگی دارد (۱۵). در پژوهش دیگری، کاربرد ۱۰ میلی‌مولار پوترسین، اثرهای تنش شوری را بر فتوسنتز خالص کاهش داد (۳۵). کاربرد پوترسین برون‌زا، تجمع سدیم در شاخه و ریشه گیاهان تیمار شده حساس به شوری را کاهش داد (۲۹). امیر و همکاران (۹) گزارش کردند که کاربرد غلظت‌های مختلف پلی‌آمین‌های برون‌زا می‌تواند اثرهای تنش شوری را بر رشد انار کاهش دهد.

با توجه به کمبود و کاهش منابع آب شیرین و با کیفیت، و افزایش گسترش کشت گلخانه‌ای توت‌فرنگی، استفاده از آب و خاک شور در تولید محصول‌های کشاورزی مانند توت‌فرنگی غیر قابل اجتناب است (۳). بنابراین، انجام پژوهش‌هایی در زمینه افزایش تحمل این گیاه در شرایط شوری می‌تواند راهگشایی برای افزایش سطح زیر کشت این محصول و افزایش تولید آن در کشور باشد. از سوی دیگر، پلی‌آمین‌ها و هیومیک‌اسید در افزایش تحمل گیاه نسبت به تنش شوری نقش دارند. بنابراین، هدف از انجام این پژوهش، بررسی اثر محلول‌پاشی پلی‌آمین‌ها و کاربرد ریشه‌ای هیومیک‌اسید بر ویژگی‌های رویشی، زایشی و مقدار جذب عنصرهای معدنی در برگ و ریشه گیاه توت‌فرنگی رقم آروماس زیر تنش شوری کلرید سدیم بود.

## مواد و روش‌ها

### مکان انجام آزمایش

این آزمایش در یک گلخانه تجاری پرورش توت‌فرنگی واقع در شهر یاسوج روستای نره‌گاه در سال ۱۳۹۴ انجام شد. بوته‌های دختری ریشه‌دار شده توت‌فرنگی رقم آروماس، از یک تولید کننده در کردستان تهیه و در

گلدان های پلاستیکی ۵ کیلویی که به نسبت مساوی از پرلایت و کوکوپیت پر شده بودند، کشت شدند. هنگامی که گیاهان به طور کامل مستقر شدند، پلی آمین ها به صورت محلول پاشی و هیومیک اسید به صورت ریشه ای مصرف شد. در دوره کشت، دمای روزانه گلخانه بیشینه ۲۵ و کمینه ۱۵ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی گلخانه به طور میانگین ۵۵٪ بود. برنامه تغذیه بوته ها به صورت برنامه غذایی جدا در مرحله های رویشی و زایشی انجام گرفت. عنصرهای مورد استفاده در تغذیه بوته ها در جدول ۱ آورده شده اند. آبیاری و تغذیه بوته ها به صورت روزانه و روزی یک مرتبه انجام گرفت. در این آزمایش، آب آبیاری ۴۰ میلی مولار نمک کلرید سدیم (غلظت های شوری بر اساس جرم مولی نمک محاسبه شد) داشت و بوته ها در کل دوره آزمایش با محلول غذایی دارای ۴۰ میلی مولار کلرید سدیم آبیاری شدند (۳).

جدول ۱- ترکیب های کودی مورد استفاده در تغذیه بوته های توت فرنگی در مرحله رویشی و زایشی.

Table 1. Fertilizer compounds used for preparing of nutrient solution in vegetative and reproductive stages of strawberry.

ترکیب های کودی Fertilizer compounds	مقدار (گرم) جهت تهیه ۲۵۰۰ لیتر محلول غذایی Content (g) for preparing of 2500 l nutrient		ترکیب های کودی Fertilizer compounds	مقدار (گرم) جهت تهیه ۲۵۰۰ لیتر محلول غذایی Content (g) for preparing of 2500 l nutrient	
	فاز زایشی Reproductive phase	فاز رویشی Vegetative phase		مرحله زایشی Reproductive phase	مرحله رویشی Vegetative phase
مونوپتاسیم فسفات Monopotassium phosphate (KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> )	1800	750	نیترات آمونیوم Ammonium nitrate (NH <sub>4</sub> )(NO <sub>3</sub> )	0	25
سولفات پتاسیم Potassium sulfate(K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	600	250	نیترات پتاسیم Potassium nitrate(KNO <sub>3</sub> )	1000	900
سولفات منیزیم Magnesium sulfate (MgSO <sub>4</sub> )	2400	650	نیترات کلسیم Calcium nitrate(Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> )	1140	1500
کلات منگنز Manganese EDTA	48	15	کلات آهن FeEDTA	300	125
بور Boron	3	10	کلات روی Zn EDTA	54	20
مولیبدات سدیم Sodium molybdate(Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> )	1	0.5	کلات مس Cu ETDA	6	2

### طرح آزمایشی و تیمارها

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با ۱۰ تیمار و چهار تکرار انجام شد. فاکتور اول، هیومیک اسید در دو سطح صفر و ۵ در هزار و فاکتور دوم پلی آمین ها در ۵ سطح پوترسین صفر، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر و اسپرمیدین ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر بود. بوته ها پس از کاشت و استقرار مناسب با محلول غذایی دارای ۴۰ میلی مولار نمک کلرید سدیم تغذیه شدند. برای جلوگیری از شوک ناگهانی، در دو هفته اول، بوته ها با محلول غذایی دارای ۲۰ میلی مولار نمک کلرید سدیم تغذیه شدند و سپس تا پایان آزمایش با محلول ۴۰ میلی مولار تغذیه شدند. آبیاری هر هفته یکبار در روز جمعه انجام می شد و بوته ها برای جلوگیری از تجمع نمک ها در محیط کشت، با آب معمولی شستشومی شدند.

### ویژگی های مورد اندازه گیری

ویژگی های کمی مانند تعداد گل در بوته، تعداد میوه در بوته، تعداد برگ، میانگین وزن تک میوه و عملکرد تک بوته (به مدت ۲ ماه) اندازه گیری شد. شاخص سبزیگی برگ با دستگاه کلروفیل متر دستی (مدل SPAD 520- Minolta, Japan) اندازه گیری شد.

**وزن تر و خشک ریشه و شاخساره**

به کمک تکان دادن بوته‌ها و به گونه‌ای که آسیب نبینند، کل بوته‌ها از گلدان‌ها خارج شدند. سپس با استفاده از آب باقی‌مانده محیط کشت، ریشه‌ها شسته و وزن ریشه‌ها و شاخساره‌ها با کمک ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری شد. پس از آن باقی‌مانده ریشه و شاخساره به آزمایشگاه منتقل، در دمای ۷۲ درجه سلسیوس به مدت دو روز به صورت کامل خشک و سپس وزن خشک ریشه‌ها و شاخساره‌ها یادداشت شد.

**ماده‌های معدنی برگ و ریشه**

برای اندازه‌گیری عنصرهای آهن، سدیم، کلسیم و پتاسیم شاخساره (شاخه و برگ) و ریشه، نمونه‌هایی از شاخساره و ریشه گیاهان تیمار شده در پایان آزمایش جمع‌آوری و به آزمایشگاه منتقل شد. نمونه‌ها با دستگاه ماکروویو (مدل Mileston Micro synch) آماده شدند و سپس غلظت عنصرها توسط دستگاه جذب اتمی (مدل Perkin Elmer 900T) مجهز به سیستم کوره گرافیتی اندازه‌گیری شد (۱).

**واکاوای آماری**

واکاوای داده‌های به دست آمده با استفاده از نرم‌افزار آماری MSTAT-C، مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD و رسم نمودارها با نرم افزار Excel انجام شد.

**نتایج و بحث****تعداد میوه، وزن تک میوه و عملکرد کل بوته**

بر اساس نتیجه‌های به دست آمده از این آزمایش، کاربرد پلی‌آمین‌ها و هیومیک‌اسید باعث افزایش تعداد میوه در بوته توت‌فرنگی شد، ولی این افزایش معنی‌دار نبود. شکل‌های ۱ و ۲ نشان می‌دهد که کاربرد هیومیک‌اسید ۵ در هزار و اسپرمیدین ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر، باعث افزایش تعداد میوه و عملکرد کل بوته توت‌فرنگی شد. همچنین کمترین تعداد میوه بدشکل و بیشترین وزن تک میوه در بوته‌های تیمار شده با اسپرمیدین ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر و هیومیک‌اسید ۵ در هزار مشاهده شد (جدول ۲).

جدول ۲- تأثیر پلی‌آمین‌ها (پوترسیسین و اسپرمیدین) و هیومیک‌اسید بر وزن میوه و تعداد میوه بدشکل توت‌فرنگی زیر تنش شوری ۴۰ میلی‌مولار.

Table 2. Effect of polyamines (Putrescine and Spermidine) and humic acid on fruit weight and number of malformed fruit under 40 mM salinity stress.

تیمارها		تعداد میوه بد شکل No. of malformed fruit	وزن تک میوه Fruit weight (g)
Treatments	هیومیک‌اسید Humic acid (g l <sup>-1</sup> )		
پلی‌آمین			
Polyamines (mg l <sup>-1</sup> )			
0	0	2 a†	5.8 a
0	5	2.5 a	5.22 ab
Putrescine 500	0	1.05 a	4.17 b
Putrescine 500	5	1.77 a	6.4 ab
Putrescine 1000	0	2.50 a	5.65 ab
Putrescine 1000	5	3.27 a	5.70 ab
Spermidine 500	0	10.55 a	7.65 a
Spermidine 500	5	1.05 a	7.23 ab
Spermidine 1000	0	2.77 a	6.42 ab
Spermidine 1000	5	0.55 a	7.17 ab

†In each column means with the same letters are not significantly different at 5% level of probability using LSD test.

‡در هر ستون میانگین‌های که حرف‌های مشترک دارند اختلاف معنی‌داری در سطح آماری ۵٪ آزمون کمترین اختلاف معنی‌دار ندارند.

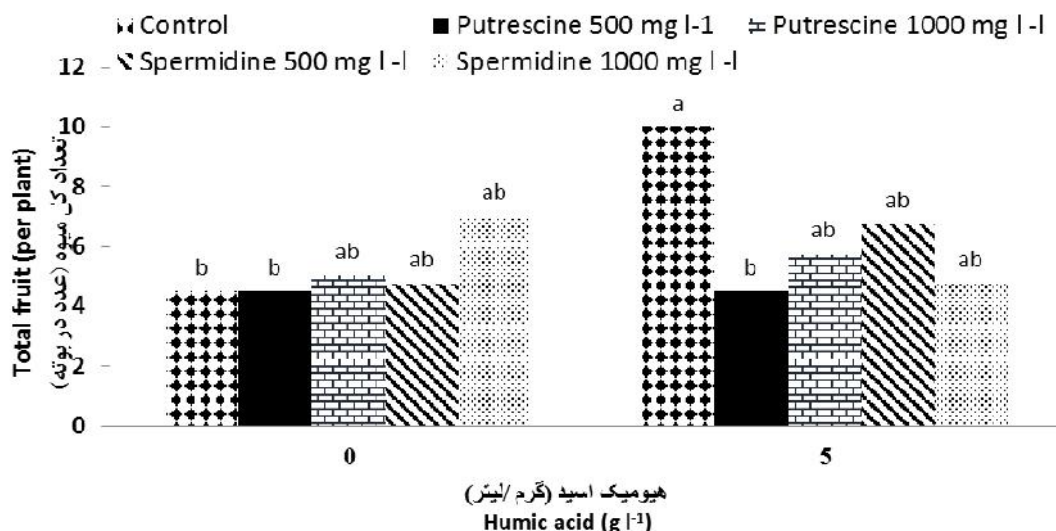


Fig 1. Interaction of polyamine and humic acid effects on total fruit of strawberry under 40 mM salinity. Means with the same letters are not significantly different at 5% level of probability using LSD test.

شکل ۱- برهم کنش پلی آمین ها و هیومیک اسید بر تعداد کل میوه کل بوته توت فرنگی زیر تنش شوری ۴۰ میلی مولار. در هر ستون میانگین های که حرف های مشترک دارند اختلاف معنی داری در سطح آماری ۵٪ آزمون کمترین اختلاف معنی دار ندارند.

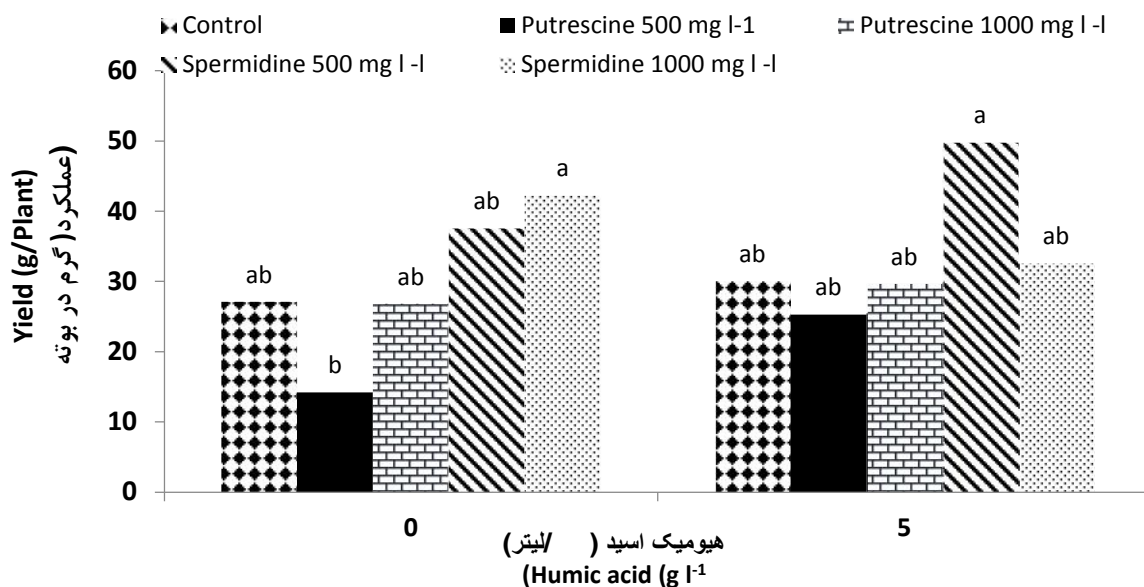


Fig 2. Interaction the effect of polyamines and humic acid on yield of strawberry under 40 mM salinity. Means with the same letters are not significantly different at 5% level of probability using LSD test.

شکل ۲- برهم کنش تاثیر پلی آمین ها و هیومیک اسید بر عملکرد بوته توت فرنگی زیر تنش شوری ۴۰ میلی مولار. در هر ستون میانگین های که حرف های مشترک دارند اختلاف معنی داری در سطح آماری ۵٪ آزمون کمترین اختلاف معنی دار ندارند.

## وزن تر و خشک شاخساره و ریشه

بر اساس نتیجه‌های به‌دست آمده از این آزمایش، کاربرد پلی‌آمین‌ها و هیومیک‌اسید نتوانست باعث افزایش وزن تر و خشک شاخساره در شرایط تنش شوری شود و بوته‌های تیمار نشده بیشترین مقدار وزن تر و خشک را نشان دادند. همچنین بیشترین وزن تر و خشک ریشه در گیاهان تیمار نشده به‌دست آمد (جدول ۳).

جدول ۳- تأثیر پلی‌آمین‌ها (پوتریسین و اسپرمیدین) و هیومیک‌اسید بر وزن تر و خشک شاخساره و ریشه توت‌فرنگی زیر تنش شوری ۴۰ میلی مولار.

Table 3. Effect of polyamines (Putrescine and Spermidine) and humic acid on fresh and dry weights of shoot and root of strawberry under 40 mM salinity stress.

تیمارها Treatments		وزن تر شاخساره Shoot fresh weight (g)	وزن خشک شاخساره Shoot dry weight (g)	وزن تر ریشه Root fresh weight (g)	وزن خشک ریشه Root dry weight (g)
پلی‌آمین Polyamines (mg l <sup>-1</sup> )	هیومیک‌اسید Humic acid (g l <sup>-1</sup> )				
0	0	42.6 a <sup>†</sup>	4 a	24 a	5.2 a
0	5	26.67 bc	3.4 a	15bc	4.4 ab
Putrescine 500	0	17.75 cd	1.7 c	11 bc	3.2 bc
Putrescine 500	5	17.87 cd	2.87 ac	8.7 c	3.2 bc
Putrescine 1000	0	20.1 bd	1.9 bc	13 bc	4.4 ab
Putrescine 1000	5	15.37 d	2.56 ac	8.4 c	2.5 c
Spermidine 500	0	21.32 bd	3.23 ab	11.33 bc	3.8 ac
Spermidine 500	5	16.37 bd	1.8 bc	10.7 bc	2.6 c
Spermidine 1000	0	31.3 ab	2.63 ac	19 ab	3.3 bc
Spermidine 1000	5	18.75 cd	1.7 c	11.8 bc	4.5 ab

† In each column means with the same letters are not significantly different at 5% level of probability using LSD test.

† در هر ستون میانگین‌های که حرف‌های مشترک دارند اختلاف معنی داری در سطح آماری ۵٪ آزمون کمترین اختلاف معنی دارند.

جدول ۴- تأثیر پلی‌آمین‌ها (پوتریسین و اسپرمیدین) و هیومیک‌اسید بر مقدار کلسیم و پتاسیم (درصد ماده خشک) شاخساره و ریشه توت‌فرنگی زیر تنش شوری ۴۰ میلی مولار.

Table 4. Effect of polyamines (Putrescine and Spermidine) and humic acid on content of Ca and K (% dry matter) in shoot and root of strawberry under 40 mM salinity stress.

تیمارها Treatments		کلسیم شاخساره Ca in shoot	کلسیم ریشه Ca in root	پتاسیم شاخساره K in shoot	پتاسیم ریشه Ca in root
پلی‌آمین Polyamines (mg l <sup>-1</sup> )	هیومیک‌اسید Humic acid (g l <sup>-1</sup> )				
0	0	4.79 c <sup>†</sup>	3.15h	4.73 d	5.75 i
0	5	3.83 f	3.94 g	3.95 g	2.94 h
Putrescine 500	0	4.04 f	5.93e	3.70 g	5.99 fa
Putrescine 500	5	4.41 d	5.10 f	3.96 f	6.08 f
Putrescine 1000	0	5.95 a	7.53 c	5.83 b	7.41 c
Putrescine 1000	5	4.14 e	8.12 b	2.40 h	7.87 b
Spermidine 500	0	6.0 a	6.80 d	6.18 a	6.84 d
Spermidine 500	5	4.95 c	9.7 a	4.09 f	8.77 a
Spermidine 1000	0	5.70 a	6.9 d	4.55 e	6.30 e
Spermidine 1000	5	5.9 a	5.7 e	5.01 c	5.61 g

† In each column means with the same letters are not significantly different at 5% level of probability using LSD test.

† در هر ستون میانگین‌های که حرف‌های مشترک دارند اختلاف معنی داری در سطح آماری ۵٪ آزمون کمترین اختلاف معنی دارند.

### غلظت عنصرهای معدنی

در این پژوهش، کاربرد پلی آمین‌ها و هیومیک‌اسید باعث افزایش غلظت کلسیم در شاخساره و ریشه توت‌فرنگی شد، به طوری که بیشترین مقدار کلسیم در شاخساره و ریشه توت‌فرنگی، در بوته‌های تیمار شده با اسپرمیدین ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر و هیومیک‌اسید ۵ در هزار در مقایسه با دیگر تیمارها مشاهده شد (جدول ۴). نتیجه‌های ارائه شده در جدول ۴ نشان داد که جذب پتاسیم با کاربرد هیومیک‌اسید و پلی آمین‌ها در شاخساره و ریشه توت‌فرنگی زیر تنش شوری افزایش پیدا کرد، به طوری که کاربرد ۵ در هزار هیومیک‌اسید و ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسپرمیدین باعث افزایش غلظت پتاسیم در شاخساره و ریشه توت‌فرنگی زیر تنش شوری در مقایسه با دیگر تیمارها شد. نتیجه‌های مشاهده شده در این آزمایش نشان داد که کاربرد اسپرمیدین ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر و کاربرد ۵ در هزار هیومیک‌اسید باعث افزایش غلظت آهن در شاخساره توت‌فرنگی در شرایط تنش شوری شد. هم‌چنین بیشترین مقدار غلظت آهن در ریشه توت‌فرنگی در گیاهان تیمار شده با اسپرمیدین ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر و ۵ در هزار هیومیک‌اسید در مقایسه با دیگر تیمارها مشاهده شد (جدول ۵). کاربرد هیومیک‌اسید و پلی آمین‌ها در این آزمایش باعث کاهش جذب سدیم در شاخساره و ریشه توت‌فرنگی شد، به طوری که با کاربرد ۵ در هزار هیومیک‌اسید و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر پوترسین، کمترین مقدار جذب سدیم در برگ توت‌فرنگی زیر تنش شوری مشاهده شد (جدول ۵).

جدول ۵- تأثیر پلی آمین‌ها (پوترسین و اسپرمیدین) و هیومیک‌اسید بر غلظت سدیم و آهن (میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک) شاخساره و ریشه توت‌فرنگی زیر تنش شوری ۴۰ میلی‌مولار.

Table 5. Effect of polyamines (Putrescine and Spermidine) and humic acid on content of Na and Fe ( $\text{mg kg}^{-1}$  DW) in shoot and root of strawberry under 40 mM salinity stress.

تیمارها		سدیم شاخساره Na in shoot	سدیم ریشه Na in Root	آهن شاخساره Fe in shoot	آهن ریشه Fe in Root
پلی آمین Polyamines ( $\text{mg l}^{-1}$ )	هیومیک‌اسید Humic acid ( $\text{g l}^{-1}$ )				
0	0	430.2 f <sup>†</sup>	373.7 g	411.1 e	240 i
0	5	340.3 g	340.3 h	343.9 g	381 h
0	0	413.4 f	618.6 f	383.2 f	554.1 g
0	5	452.2 e	609.8 f	437.3 d	596.7 e
Putrescine 500	0	691 b	728.8 e	588.7 b	805.5 b
Putrescine 500	5	239.7 h	934.2 b	390.1 f	786.3 c
Putrescine 1000	0	757.3 a	917.1 c	593.4 b	615.2 d
Putrescine 1000	5	579 c	985 a	441 d	861 a
Spermidine 500	0	551.6 d	795.2 d	524.5 c	798.4 b
Spermidine 500	5	559.6 d	612.8 f	629.2 a	579.7 f

† In each column means with the same letters are not significantly different at 5% level of probability using LSD test.

† در هر ستون میانگین‌های که حرف‌های مشترک دارند اختلاف معنی داری در سطح آماری ۵٪ آزمون کمترین اختلاف معنی دارند.

### بحث

نتیجه‌های به دست آمده از این پژوهش نشان داد که تنش شوری باعث کاهش ویژگی‌های رویشی و مقدار عملکرد گیاه توت‌فرنگی شد. در مطالعه‌ای که به منظور بررسی شوری آب بر رشد توت‌فرنگی انجام شد، شوری باعث کاهش عملکرد میوه، تعداد کل میوه و اندازه میوه شد (۲۵). کاهش تولید ماده خشک در شرایط شور را

می‌توان به دلیل هزینه انرژی سوخت‌وسازی مربوط به سازگاری به شرایط تنش، کاهش نرخ فتوسنتز در واحد سطح برگ، کاهش جذب کربن و آسیب به بافت‌ها دانست (۴). کاهش رشد ریشه و شاخساره در شرایط شوری ممکن است به علت تجمع زیاد یون سدیم در گیاه و در نتیجه کاهش فرایندهای آنزیمی و ساخت پروتئین باشد (۳۲). نتیجه‌های پژوهش‌ها نشان داد که ترکیب‌های پلی‌آمین نقش مهمی در پاسخ به تنش در گیاهان بازی می‌کنند که به گونه گیاهی و نوع تنش بستگی دارد (۷، ۱۱). افزایش زیست‌ساخت پلی‌آمین‌ها می‌تواند با حذف رادیکال‌های آزاد، تثبیت غشا و ساختارهای یاخته‌ای، ایجاد تعادل کاتیون و آنیون، تنظیم کانال‌های یونی و افزایش مقدار انرژی یاخته به‌وسیله تحریک ساخت ATP، از گیاهان در برابر تنش شوری محافظت کند (۳۰). گزارش شده است که کاربرد برون‌زای پلی‌آمین‌ها سبب کم‌تر شدن اثر تنش بر کاهش رشد گیاهان می‌شود (۱۴). تأثیر منفی شوری در کاهش وزن تر و خشک شاخساره در توت‌فرنگی توسط برخی پژوهشگران گزارش شده است (۳). در پژوهشی، نقش مثبت کاربرد پوترسین برون‌زا در بهبود شاخص‌های رشد و افزایش رنگدانه‌های کلروفیلی گیاه تاتوره در شرایط تنش شوری گزارش شد (۶). در این پژوهش، کاربرد پلی‌آمین‌ها باعث افزایش جذب عنصرهای معدنی در برگ و ریشه گیاهان زیر تنش شوری شد. پلی‌آمین‌ها، باعث افزایش شدت فتوسنتز گیاهان و در نتیجه باعث افزایش ترشحات ریشه می‌شوند و این افزایش ترشحات ریشه، به جذب بهتر عنصرها توسط ریشه گیاهان کمک می‌نماید. این افزایش جذب عنصرها بر اثر پلی‌آمین‌ها، به احتمال زیاد به دلیل نقش پلی‌آمین‌ها در افزایش مقدار فتوسنتز برگ می‌باشد. نتیجه‌های پژوهشی نشان داد که افزودن اسپرمیدین با غلظت ۰/۱ و ۰/۵ میلی‌مولار به محلول غذایی دارای نمک، در گیاهان تروریر سیترنج<sup>۲</sup> زیر تنش شوری، مقدار نیتروژن برگ را بهبود بخشید. نسبت کلسیم/منیزیم به‌طور شدیدی فقط هنگامی که اسپرمیدین در غلظت ۰/۵ میلی‌مولار به محلول غذایی دارای نمک افزوده شده، بهبود یافت. کاربرد اسپرمیدین با غلظت ۰/۱ و ۰/۵ میلی‌مولار تجمع عنصرهای کلر و مس در برگ را کاهش داد (۱۰). افزایش جذب عنصرهای معدنی نیتروژن، فسفر و پتاسیم به‌وسیله تیمار پلی‌آمین‌ها و بالا بردن رشد و بهره‌وری ممکن است به دلیل اثرهای پلی‌آمین‌ها بر بسیاری از فرایندهای زیست‌شیمیایی و فیزیولوژیکی باشد (۱۹).

در این پژوهش، کاربرد هیومیک‌اسید ۵ در هزار باعث افزایش جذب عنصرهای معدنی در شاخساره و ریشه گیاه توت‌فرنگی شد. به‌خوبی شناخته شده است که ماده‌های هیومیکی در رشد، نمو و تولید گیاه اثرهای افزایشی دارند. از اثرهای مستقیم و غیرمستقیم ماده‌های هیومیکی می‌توان به ساخت پروتئین، فعالیت شبه‌هورمونی گیاه، تحریک فتوسنتز، تغییر فعالیت آنزیم‌ها، حل کردن و جذب عنصرهای کم‌مصرف و پرمصرف، کاهش سطح‌های فعال عنصرهای سمی و افزایش جمعیت میکروبی خاک اشاره کرد. همچنین ماده‌های هیومیکی به عنوان جمع‌کننده خوب عنصرهای سمی معرفی شده‌اند (۳۱). برخی بررسی‌های پیشین نشان می‌دهد که هیومیک‌اسید می‌تواند به‌عنوان یک تنظیم‌کننده رشد، جهت تنظیم سطح‌های هورمون، بهبود رشد گیاه و افزایش مقاومت به تنش‌ها استفاده شود (۱۳). هیومیک‌اسید اثرهای سودمندی روی خاک و گیاه دارد و با کلات کردن عنصرهای ضروری، سبب افزایش جذب آن‌ها می‌شود و باروری خاک و عملکرد گیاهان را افزایش می‌دهد (۲۱). در ارتباط با اثرهای مفید ترکیب‌های هیومیکی بر بهبود رشد گیاهان، گزارش شده است که غلظت‌های کم هیومیک‌اسید رشد گیاه را به‌صورت معنی‌داری افزایش می‌دهد (۱۸). مسوت و همکاران (۲۴) گزارش کردند که کاربرد هیومیک‌اسید به‌طور معنی‌داری جذب عنصرهای نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، گوگرد، منگنز و مس را در گیاه فلفل زیر تنش شوری افزایش داد. همچنین مقدار سدیم در ریشه و برگ فلفل زیر تنش شوری با کاربرد هیومیک‌اسید کاهش پیدا کرد. آن‌ها پیشنهاد دادند که مقادیر بالای هیومیک‌اسید، به دلیل افزایش جذب عنصرهای غذایی باعث افزایش رشد و تحمل به شوری می‌شود و کاربرد هیومیک‌اسید را برای کاهش اثرهای زیان‌بار تنش شوری



در گیاه فلفل پیشنهاد کردند. کاهش اثرهای زیان بار تنش شوری با کاربرد هیومیک اسید، در برخی گیاهان توسط برخی پژوهشگران گزارش شده است (۱۱، ۲۶).

### نتیجه گیری

از نتیجه های این پژوهش می توان چنین نتیجه گرفت که، شوری باعث کاهش ویژگی های رشدی گیاه توت فرنگی شد، ولی این تأثیر معنی دار نبود. کاربرد پلی آمین ها (پوترسین و اسپرمیدین ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر) و هیومیک اسید ۵ در هزار توانست تا حدودی اثرهای نامطلوب شوری را کاهش دهد و باعث بهبود ویژگی های رویشی و زایشی و مقدار جذب عنصرهای معدنی در گیاه توت فرنگی زیر تنش شوری شود. بنابراین کاربرد این دو ماده برای کاهش اثرهای تنش شوری در گیاه توت فرنگی پیشنهاد می شود.

### سپاسگزاری

این مقاله حاصل یک طرح پژوهشی (کد طرح: ۱۲۰۹۶۰۳۲۲۰۰۰۹) می باشد، و از محل بودجه طرح های پژوهشی معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه آزاد اسلامی واحد یاسوج تأمین اعتبار شده است، که بدین وسیله تشکر می شود.

### References

### منابع

۱. ابوطالبی، ع.، ع. تفضلی، ب. خلدبرین و ن. کریمیان. ۱۳۸۶. اثر شوری بر غلظت و پراکنش یون های پتاسیم، سدیم و کلر در پیوندک لیموشیرین روی پنج پایه مرکبات. مجله تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی، ۷۸-۶۹: ۱۱.
۲. حسینی فرهی، م. ر. امیری فهلیانی و ف. یوسفی. ۱۳۹۴. تأثیر هیومیک اسید و کلبرون بر ویژگی های رویشی و زایشی توت فرنگی در کشت بدون خاک. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی، ۲۵۰-۲۳۵: ۲۱.
۳. عشقی، س.، س. محرمی و ب. جمالی. ۱۳۹۵. اثر اسید سالیسیلیک بر رشد، عملکرد و کیفیت میوه توت فرنگی رقم پاروس در شرایط شوری. علوم و فنون کشت های گلخانه ای، ۱۷۳-۱۶۳: ۷.
۴. میرمحمدی میبیدی، س. ع. م.، و ب. قره یاضی. ۱۳۸۱. جنبه های فیزیولوژیکی و به نژادی تنش شوری گیاهان زراعی. انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان، ۲۷۴ ص.
۵. نوح پیشه، ز.، و خ. منوچهری کلانتری. ۱۳۹۰. اثرات کاربرد متقابل اسپرمیدین و تنش شوری در گیاه فلفل. مجله زیست شناسی ایران، ۸۵۷-۸۴۸: ۲۴.
۶. نیاکان م.، ش. رضاپور محجوب و م. قربانلی. ۱۳۹۴. اثر پوترسین بر رشد، فتوسنتز و ترکیبات آلکالوئیدی گیاه دارویی تاتوره (*Datura stramonium* L.) در پاسخ به تنش شوری زیر شرایط هیدروپونیک. مجله علوم و فنون کشت های گلخانه ای، ۱۲۳-۱۱۱: ۶.
7. Abdel Rahman, R., S.E. Gomaa, N. Abdelsalam, H. El-Din, M.F. El-Wakil, A.S. Khaled and H.M. Hassan. 2013. Effect of sodium chloride on tropane alkaloids accumulation and proline content in *Datura metel* and *D. stramonium* callus cultures. Int. J. Adv. Biol. Biomed. Res. 1:197-210.
8. Ameri, A. and A. Tehranifar. 2012. Effect of Humic acid on nutrient uptake and physiological characteristic *Fragaria ananassa* cv.: Camarosa. J. Biol. Environ. Sci. 6:77-79.

9. Amri, E., M. Mirzaei, M. Moradi and K. Zare. 2011. The effects of spermidine and putrescine polyamines on growth of pomegranate (*Punica granatum* L. cv 'Rabbab') in salinity circumstance. *Int. J. Plant Physiol. Biochem.* 3:43–49.
10. Anjum, M.A. 2011. Effect of exogenously applied spermidine on growth and physiology of citrus rootstock Troyer citrange under saline conditions. *Turk. J. Agr. For.* 35:43-53.
11. Bakry, B. A., M. H. Taha., Z. A. Abdelgawad, and M. M. S. Abdallah. 2014. The role of humic acid and proline on growth, chemical constituents and yield quantity and quality of three flax cultivars grown under saline soil conditions. *Agr. Sci.* 5:1566-1575.
12. Capell, T., L. Bassie and P. Christou. 2004. Modulation of the polyamine biosynthetic pathway in transgenic rice confers tolerance to drought stress. *Proc. of the National Academy of Sciences of the USA.* 101:9909-9914.
13. Cimrin, K.M., O. Türkmen, M. Turan and B. Tuncer. 2010. Phosphorus and humic acid application alleviate salinity stress of pepper seedlings. *Afr. J. Biotech.* 9:5845–5851.
14. Del Duca, S., V. Tidu, R. Bassi, C. Esposito and D. Serafani Fracassini. 1994. Identification of chlorophyll-a/b proteins as substrates of transglutaminase activity in isolated chloroplasts of *Helianthus tuberosus* L. *Planta*, 193:283-289.
15. Duan, J., J. Li, S. Guo and Y. Kang. 2008. Exogenous spermidine affects polyamine metabolism in salinity-stressed *Cucumis sativus* roots and enhances short-term salinity tolerance. *J. Plant Physiol.* 165:1620–1635.
16. Eshghi, S. and M. Garazhian. 2015. Improving growth, yield and fruit quality of strawberry by foliar and soil drench applications of humic acid. *Iran Agr. Res.* 34:14-20.
17. Fallahi, E., B. Fallahi and M.M. Seyedbagheri. 2006. Influence of humic substance and nitrogen on yield, fruit quality and leaf mineral elements of Early Spur Rome apple. *J. Plant Nut.* 29:1819-1833.
18. Hosseini Farahi, M., A. Aboutalebi, S. Eshghi, M. Dastyaran and F. Yosefi. 2013. Foliar application of humic acid on quantitative and qualitative characteristics of Aromas strawberry in soilless culture. *Agr. Comm.* 1:13-16.
19. Hummel, I., I. Coueé, A. El Amrani, J. Martin-Tanguy and F. Hennion. 2002. Involvement of polyamines in root development at low temperature in the subantarctic cruciferous species *Pringlea antiscorbutica*. *J. Exp. Bot.* 53:1463-1473.
20. Kaya, C., H. Kirnak, D. Higgs and K. Saltati. 2002. Supplementary calcium enhances plant growth and fruit yield in strawberry cultivars grown at high (NaCl) salinity. *Sci. Hort.* 26:807-820.

21. Liu, C. and R.J. Cooper. 2000. Humic substances influence creeping bentgrass growth. *Golf Course Manag.* 49-53 pp.
22. Martin-Tanguy, J. 2001. Metabolism and function of polyamines in plants. *Recent Development (new approaches). J. Plant Growth Regul.* 34:135-148.
23. Masciandaro, G., B. Ceccanti, V. Ronchi, S. Benedicto and L. Howard. 2002. Humic substances to reduce salts effect on germination and growth of plants. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 33:365-378.
24. Mesut, K.Ç., Ö. Türkmen, M. Turan and B. Tuncer. 2010. Phosphorus and humic acid application alleviate salinity stress of pepper seedling. *Afr. J. Biotech.* 9:5845-5851.
25. Ondrasek, G., D. Romic, M. Romic, B. Duralija and I. Mustac. 2006. Strawberry growth and yield in a saline environment. *Agr. Conspec. Sci.* 71:156-158.
26. Ouni, Y., T. Ghnaya, F. Montemurro, C. Abdelly and A. Lakhdar. 2014. The role of humic substances in mitigating the harmful effects of soil salinity and improve plant productivity. *Int. J. Plant Prod.* 8:353-374.
27. Ozkutlu, F., B. Torun and I. Cakmak. 2006. Effect of zinc humate on growth of soybean and wheat in zinc-deficient calcareous soil. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 37:2769-2778.
28. Parida, A.K. and A.B. Das. 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: A review. *Ecotoxicol. Environ. Safety* 60:324-349.
29. Quinet, M.L., A. Ndayiragije, I. Lefevre, B. Lambillotte, C.C. Dupont-Gillain and S. Lutts. 2010. Putrescine differently influences the effect of salt stress on polyamine metabolism and ethylene synthesis in rice cultivars differing in salt resistance. *J. Exp. Bot.* 61:2719-2733.
30. Rothe, G., A. Hachiya, Y. Yamada, T. Hashimoto and B. Drager. 2003. Alkaloids in plants and root cultures of *Atropa belladonna* over expressing putrescine N-methyltransferase. *J. Exp. Bot.* 54:2065-2070.
31. Sinha, B. and K. Bhattacharyya. 2011. Retention and release isotherm of arsenic in arsenic-humic/fulvic equilibrium study. *Biol. Fertil. Soils* 47:815-822.
32. Tester, M. and R. Davenport. 2003. Na<sup>+</sup> tolerance and Na<sup>+</sup> transport in higher plants. *Ann. Bot.* 91:503-527.
33. Trevisan, S., D. Pizzeghello, B. Ruperti, O. Francioso, A. Sassi, K. Palme, S. Quaggiotti and S. Nardi. 2009. Humic substances induce lateral root formation and expression of the early auxin-responsive IAA19 gene and DR5 synthetic element in *Arabidopsis*. *Biol. Plant.* 12:604-614.

34. Turkmen, O., A. Dursun, M. Turan and C. Erdinc. 2004. Calcium and humic acid affect seed germination, growth and nutrient content of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) seedlings under saline soil conditions. Acta Agr. Scand. Sec. B. Soil. Plant. Sci. 54:168-174.
35. Zhang, R.H., J. Li, S.R. Guo and T. Tezuka. 2009. Effects of exogenous putrescine on gas exchange characteristics and chlorophyll fluorescence of NaCl-stressed cucumber seedlings. Photosynth. Res. 100:155–162.

## Effect of Polyameins (PAs) and Humic Acid (HA) on Growth, Yield and Concentration of Mineral Elements in shoot and Root of Strawberry

M. Hosseini Farahi\*, M. Dastyaran and F. Yosefi<sup>1</sup>

Salinity stress is one of the most important destructive factors of plant growth and yield, which has very unpleasant effects on plant growth and production in agriculture. Strawberry is a salt-sensitive plant. The aim of this study was to use of polyamines and humic acid (HA) to reduce negative effect of salinity on growth, yield and absorption of minerals elements. For this purpose, a factorial excrement based on randomized block design was conducted in a hydroponic commercial greenhouse with media culture Cocopeat and perlite (equal ratio) in Yasooj suburb. The first factor was polyamines in 5 concentrations (Putrescine (Put) 0, 500 and 1000 mg l<sup>-1</sup> and Spermidine (Spd) 500 and 1000 mg l<sup>-1</sup>) and humid acid at 0 and 5 g l<sup>-1</sup> concentration. All plants were irrigated with 40 mM NaCl salinity during experiment. Results showed that salinity reduced the growth parameters of strawberry. Application of HA and PAs reduced the harmful effect of salinity stress, although in all traits improved the quantity characteristics. Use of PAs increased the Fe, Ca and K contents in shoot and root of strawberry plant under salinity stress. So use of PAs and HA rescued the absorption of Na in shoot and root of strawberry. In general, results showed the salinity stress caused reduce the growth parameters in strawberry but application of Put and Spd 500 mg l<sup>-1</sup> and HA 5 g l<sup>-1</sup> can reduced the salinity harmful effect and increased vegetative and reproductive traits and absorption of mineral elements under salinity stress.

**Keywords:** Na, Potassium (K), Putrescine, Salinity stress, Spermidine.

1. Assistant Professor, Department of Horticultural Science, Young Researchers and Elite Club, Yasooj Branch and Department of Agronomy, Yasooj Branch, Islamic Azad University, Yasooj, Iran.

\* Corresponding author, Email: (m.h.farahi@iauyasooj.ac.ir).