

بررسی کاربرد اسید سالیسیلیک و سلنیوم بر خصوصیات زراعی و رنگیزه های فتوسنتزی کدو تخم کاغذی در شرایط تنش خشکی

Investigating the application of salicylic acid and selenium on agronomic characteristics and photosynthetic pigments of pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) under drought stress conditions

عبدالحمید موسوی زاده فشیان^۱، محمدمهدی رحیمی^{۲*}، مهدی حسینی فرهی^۳

۱. دانشجوی دکتری، گروه آگروتکنولوژی، واحد یاسوج، دانشگاه آزاد اسلامی، یاسوج، ایران.
۲. استادیار، گروه آگروتکنولوژی، واحد یاسوج، دانشگاه آزاد اسلامی، یاسوج، ایران. (نگارنده مسئول)
۳. دانشیار، گروه علوم باغبانی، واحد یاسوج، دانشگاه آزاد اسلامی، یاسوج، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۷/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۴/۰۱ - شناسانه برنمود رقمی: 10.22092/aj.2025.363717.1659

چکیده

موسوی زاده فشیان، ع.، رحیمی، م.م.، حسینی فرهی، م.م. بررسی کاربرد اسید سالیسیلیک و سلنیوم بر خصوصیات زراعی و رنگیزه های فتوسنتزی کدو تخم کاغذی در شرایط تنش خشکی

نشریه پژوهش های کاربردی زراعی دوره ۳۶ - شماره ۴ - پایاند ۱۴۱ زمستان ۱۴۰۲ صفحه: ۷۳-۵۰

به منظور بررسی اثرات سالیسیلیک اسید و سلنیوم بر برخی خصوصیات کدو پوست کاغذی در شرایط تنش خشکی، پژوهشی دو ساله به صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارها شامل تنش خشکی (فاکتور اصلی)، در سه سطح آبیاری پس از مصرف ۲۵، ۵۵ و ۸۰ درصد رطوبت ظرفیت مزرعه خاک، اسید سالیسیلیک (فاکتور فرعی) در سه سطح صفر، ۰/۷ و ۱/۵ میلی مولار (و سلنیوم (فاکتور فرعی فرعی) در دو سطح ۰ و ۳ میلیگرم در لیتر) بود. نتایج بدست آمده از این پژوهش نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش ارتفاع بوته، عملکرد میوه و دانه، وزن هزاردانه، میزان کلروفیل و کارتنوئید برگ کدو تخم کاغذی گردید. محلول پاشی اسید سالیسیلیک و سلنیوم سبب افزایش معنی دار در تمامی صفات مورد آزمایش گردید. بیشترین مقدار عملکرد دانه معادل ۷۴۱ کیلوگرم در هکتار در تیمار آبیاری پس از مصرف ۲۵ درصد رطوبت ظرفیت مزرعه خاک به همراه محلول پاشی با سلنیوم ۳ میلیگرم در لیتر و اسید سالیسیلیک (۱/۵ میلی مولار) مشاهده گردید که نسبت به تیمار تنش خشکی شدید بدون محلول پاشی اسید سالیسیلیک و سلنیوم افزایش بیش از ۷۹ درصدی نشان داد. بیشترین تعداد دانه در میوه به تعداد ۳۴۳ عدد در تیمار آبیاری پس از مصرف ۵۵ درصد رطوبت خاک به همراه محلول پاشی با سلنیوم و اسید سالیسیلیک ۱/۵ میلی مولار مشاهده گردید که نسبت به تیمار تنش خشکی شدید بدون محلول پاشی اسید سالیسیلیک و سلنیوم افزایش بیش از ۹۰ درصدی نشان داد. همچنین یافته های پژوهش نشان داد که در تیمار تنش خشکی شدید، محلول پاشی تلفیقی اسید سالیسیلیک و سلنیوم به ترتیب سبب بهبود ۱۶، ۱۹، ۴۶ درصدی صفات عملکرد دانه، وزن هزاردانه و تعداد دانه در میوه گردید. براساس نتایج حاضر، کاربرد محلول پاشی سلنیوم در غلظت ۳ میلیگرم در لیتر و اسید سالیسیلیک ۱/۵ میلی مولار جهت بهبود عملکرد گیاه کدو تخم کاغذی در شرایط خشکی در شرایط آب و هوایی یاسوج قابل پیشنهاد میگردد. واژه های کلیدی: سلنات سدیم، عملکرد، کلروفیل، کاروتنوئید، وزن هزار دانه.

مقدمه

کدوی تخم کاغذی با نام علمی *Cucurbita pepo* از مهم‌ترین گیاهانی است که در درمان‌برخی از بیماری‌ها از جمله سرطان خوشخیم پروستات استفاده می‌شود (Hamissou et al., 2013). دانه این گیاه دارای ۴۲ تا ۵۴ درصد روغن بوده که دارای اسیدهای چرب پالمیتیک اسید، استئاریک اسید، اولئیک اسید و اسید لینولئیک کاروتنوئیدها، پروتوکلروفیل و ویتامین‌های A و E می‌باشد (Zeynali et al., 2019).

تنش خشکی به شرایطی اطلاق می‌گردد که میزان تعرق بیش از مقدار جذب آب باشد. محققان متوسط کاهش عملکرد سالانه را در اثر تنش خشکی در جهان ۱۷ درصد ذکر کرده‌اند که تا بیش از ۷۰ درصد در سال افزایش می‌یابد (Liu et al., 2015). خشکی از مهم‌ترین عوامل محیطی کاهش رشد و عملکرد بسیاری از گیاهان زراعی و دارویی، بخصوص در مناطق خشک و نیمه خشک دنیا است. تنش‌های محیطی باعث بروز دامنه وسیعی از واکنش‌ها در گیاهان، از تغییر بیان ژن و متابولیسم سلول تا تغییر در سرعت رشد و عملکرد محصولات می‌شوند و بیشتر از هر عامل محیطی دیگری رشد گیاهان را محدود می‌کند (Zafari et al., 2018).

آثار این تنش در گیاهان دارویی شامل کاهش قطعی عملکرد اقتصادی است که در بیشتر موارد همراه با افزایش کمیت و کیفیت مواد مؤثره است. لذا می‌توان با بهره‌برداری صحیح از منابع آب به همراه شیوه‌های صحیح به زراعی و بررسی آثار مواد تنظیم‌کننده رشد، بین عملکرد اقتصادی و افزایش کیفیت مواد مؤثره، تعادل ایجاد کرد و

تهدید تنش خشکی را به فرصتی برای افزایش متوازن تولید و کیفیت مواد مؤثره تبدیل کرد (Sarcheshmeh Poor et al., 2014).

با توجه به مشکلات زیست محیطی، اخیراً استفاده از انواع اسیدهای آلی برای بهبود کمی و کیفی محصولات زراعی و باغی رواج فراوان یافته است. مقادیر بسیار کم از اسیدهای آلی به دلیل وجود ترکیبات هورمونی، اثرات قابل ملاحظه‌ای در بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک و افزایش تولید و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی دارند (Kheirizadeh Arough et al., 2016).

اسید سالیسیلیک یا اسید اورتو هیدروکسی بنزوئیک، یک ترکیب فنلی گیاهی است که به عنوان تنظیم‌کننده هورمونی مورد توجه است و در راهبردهای دفاعی بر علیه تنش‌های زیستی و محیطی نیز نقش دارد. کاربرد خارجی سالیسیلات موجب افزایش مقاومت گیاهان نسبت به تنش خشکی و شوری می‌شود (Zafar et al., 2021). اسید سالیسیلیک نقش مهمی در جذب و انتقال یون‌ها و میزان فتوسنتز ایفا می‌کند که سنتز ترکیبات آنتی اکسیدان را طی تنش‌های محیطی تنظیم می‌کند. این امر در ایجاد تحمل در برابر تنش خشکی در گیاهان، مؤثر است (Abaspor & Rezaei, 2014).

سلیوم (Se) عنصری مفیدی برای گیاهان است، ولی ضروری بودن آن برای رشد و نمو گیاهان اثبات نشده است (Malik et al., 2011). در پژوهشی بیان شد کاربرد سلیوم در شرایط تنش خشکی، اثر مثبت و معنی‌داری بر تعداد دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد

جدول ۱- برخی مشخصات آب و هوایی یاسوج در فصل زراعی سال های ۱۳۹۹ تا ۱۴۰۱

Table 1. Some weather characteristics of Yasouj during the cropping season of 2019 to 2022

سال زراعی Cropping year	ماه های سال Months of the year	بارش ماهیانه (میلیمتر) Monthly rainfall (mm)	حداکثر رطوبت ماهیانه (درصد) Maximum monthly humidity (%)	حداکثر دمای ماهیانه (درجه سانتیگراد) Maximum monthly temperature (degrees Celsius)
2020-2021	اسفند	14.5	46	14.5
	March			
	فروردین	9.3	42	15.6
	April			
	اردیبهشت	2.2	34	17.3
	May			
	خرداد	0	30	29.4
	June			
	تیر	0	21	34.5
2021-2022	July	0	22	38.1
	مرداد	0	21	31.5
	August			
	شهریور	0	21	31.5
	September			
	اسفند	112.6	42	13.9
	March			
	فروردین	6.5	37	15.7
	April			
	اردیبهشت	1.9	46	18.8
	May			
	خرداد	0	28	31
	June			
	تیر	0	17	34.2
	July	0	18	39
	مرداد	0	18	39
	August			
	شهریور	0	20	32
	September			

پژوهش به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار به مدت ۲ سال در مزرعه ای واقع در یاسوج، با مختصات جغرافیایی ۵۱ درجه و ۳۲ دقیقه طول شرقی و ۳۰ درجه و ۴۲ دقیقه عرض شمالی و ارتفاع ۱۸۰۹ متر از سطح دریا انجام گرفت. برخی داده های هواشناسی منطقه برای دوسال زراعی ۱۳۹۹-۱۴۰۰ و ۱۴۰۱-۱۴۰۰ در جدول یک آمده است.

تیمارهای تحقیق شامل تنش خشکی (پس از استقرار گیاه و مرحله شش برگگی) در سه

روغندر گیاه کلزا داشت (Zahedi et al., 2009)

با توجه به نبود اطلاعات کافی در زمینه تأثیر اسید سالیسیلیک و سلیوم در تعدیل تنش خشکی در شرایط اقلیمی یاسوج، این پژوهش با هدف بررسی اثر اسید سالیسیلیک و سلیوم در شرایط تنش خشکی بر صفات زراعی و بیوشیمیایی گیاهکدو تخم کاغذی انجام گرفت.

مواد و روش ها

به منظور بررسی اثرات اسید سالیسیلیک و سلیوم در شرایط تنش خشکی بر خصوصیات زراعی و رنگیزه های فتوسنتزی گیاه کدو تخم کاغذی این

جدول ۲: نتایج تجزیه خاک در عمق ۰ تا ۳۰ سانتی متر

Table 2. Results of soil analysis at a depth of 0 to 30 cm

ردیف	مشخصات Specifications	مقادیر Values
1	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) Electrical conductivity (decisiemens /meter)	0.5
2	pH	7.5
3	درصد مواد خنثی شونده (T.N.V) The percentage of neutralizing substances	53
4	درصد رطوبت کل اشباع (SP) Saturated soil moisture percentage	38
5	کربن آلی (درصد) Organic carbon (percentage)	1.2
6	نیترژن کل (درصد) Total nitrogen (percentage)	0.07
7	فسفر قابل جذب (میلی گرم بر کیلوگرم) Absorbable phosphorus (mg/kg)	10
8	پتاسیم قابل جذب (میلی گرم بر کیلوگرم) Absorbable potassium (mg/kg)	188
9	درصد رس Clay percentage	28
11	درصد شن Sand percentage	32
12	بافت خاک Soil texture	Sandy-Clay

آزمایشی ۳ در ۸ متر، فاصله بین دو ردیف کاشت ۵۰ سانتی متر، فاصله بین دو کرت ۱۵۰ سانتی متر و فاصله بوته ها بر روی ردیف ۵۰ سانتی متر در نظر گرفته شد. بین کرت های اصلی برای حذف اثر حاشیه ای، ۲/۵ متر فاصله در نظر گرفته شد. سپس از عمق صفر تا ۳۰ سانتی متری خاک به طور تصادفی نمونه گیری و به منظور انجام آزمون خاک به آزمایشگاه ارسال شد. کوددهی و تغذیه گیاه بر اساس آزمون خاک و توصیه کودی انجام گردید. تیمارهای آبیاری از مرحله شش برگی اعمال شد. تیمار سالیسیلیک اسید در دو مرحله انجام گرفت مرحله اول محلول پاشی، ۴ هفته و مرحله دوم اسید سالیسیلیک ۵ هفته بعد از کاشت بذر در ساعات نخستین صبح پس از نایلون کشی کرت های مجاور برای عدم اختلاط تیمارها انجام شد و مقدار آن به اندازه ای بود که برگها کاملاً خیس شدند. محلول پاشی

سطح آبیاری پس از مصرف ۲۵ درصد رطوبت ظرفیت مزرعه خاک (شاهد)، آبیاری پس از مصرف ۵۵ درصد رطوبت خاک و آبیاری پس از مصرف ۸۵ درصد رطوبت ظرفیت مزرعه خاک به عنوان عامل اصلو اسید سالیسیلیک در سه سطح صفر، ۰/۷ و ۱/۵ میلی مولار به عنوان عامل فرعی و سلیوم در دو سطح ۰ و ۳ میلی گرم در لیتر از منبع سلنات سدیم به عنوان عامل فرعی فرعی بود. قبل از انجام آزمایش، از عمق صفر تا ۳۰ سانتی متری خاک به طور تصادفی نمونه برداری و جهت انجام آزمون خاک به آزمایشگاه ارسال گردید.

در هفته اول اردیبهشت، در زمینی که به صورت آیش بود، عملیات شخم انجام و توسط دو دیسک عمود بر هم، کلوخه ها خرد گردید. زمین مورد نظر توسط کارگر کرت بندی شد. کاشت بذور توسط دست انجام گرفت و ابعاد کرت های

طول موج های ۴۷۰، ۶۴۶ و ۶۶۳ نانومتر قرائت گردید. با استفاده از روابط زیر میزان کلروفیل a، b، کل و کاروتنوئید کل بر حسب میلی گرم در گرم وزن تر گیاه محاسبه گردید:

$$\text{Chl}_a (\text{mg g}^{-1}) = (12.25 \times A_{663}) - (2.79 \times A_{646})$$

$$\text{Chl}_b (\text{mg g}^{-1}) = (21.21 \times A_{646}) - (5 \times A_{663})$$

$$\text{Chl}_{\text{total}} (\text{mg g}^{-1}) = \text{Chl}_a + \text{Chl}_b$$

$$\text{Carotenoid} (\text{mg g}^{-1}) = ((1000 \times A_{470}) - (18 \times$$

$$\text{Chl}_a) - (8502 \times \text{Chl}_b)) / 198$$

برای انجام تجزیه واریانس داده ها از نرم افزار SAS و مقایسه میانگین ها بر اساس آزمون چند دامنه ایدانکن در سطح ۵ درصد انجام پذیرفت و نمودارها با نرم افزار اکسل رسم گردید.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

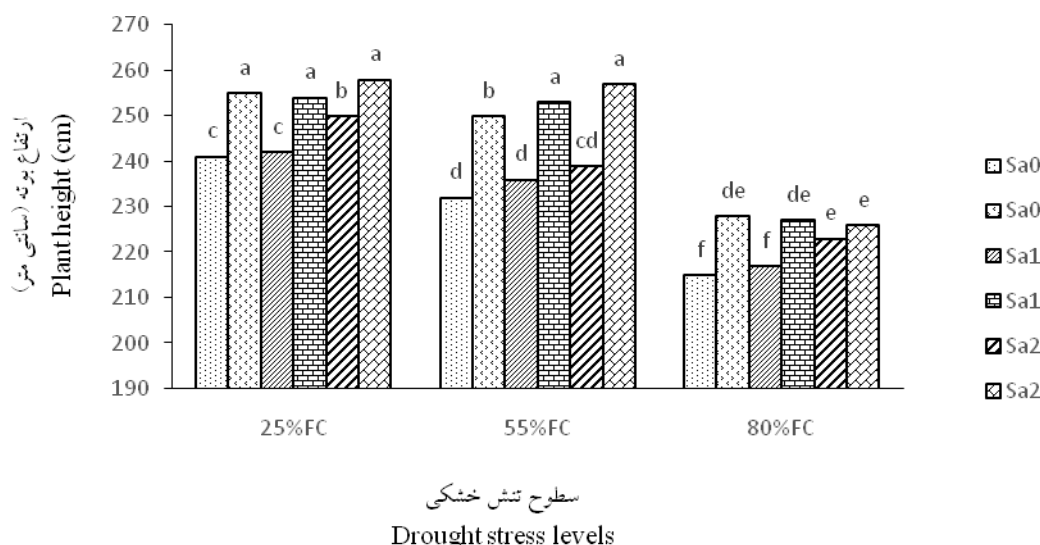
نتایج تجزیه واریانس مرکب داده ها نشان داد که اثر ساده سالیسیلیک اسید بر ارتفاع بوته معنی دار نبود و لیاثرات ساده و متقابل سایر تیمارهای تحقیق بر میزان ارتفاع بوته معنی دار بود (جدول ۳).

مقایسه میانگین داده ها نشان داد که اعمال تنش خشکی ملایم سبب کاهش معنی دار ارتفاع بوته شد. به طوری که در تیمار تنش خشکی شدید (آبیاری پس از مصرف ۸۰ درصد رطوبت ظرفیت مزرعه خاک) میزان ارتفاع بوته، ۱۰٪ نسبت به تیمار شاهد کاهش پیدا کرد (جدول ۴).

نتایج مقایسه میانگین داده ها نشان داد که اعمال تیمار اسید سالیسیلیک سبب افزایش ۲٪ ارتفاع بوته نسبت به تیمار شاهد شد که این افزایش معنی دار نبود (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین

سلنیوم (سلنات سدیم) یک هفته بعد از مرحله دوم محلول پاشی اسید سالیسیلیک انجام گرفت. لازم به ذکر است در طول آزمایش تمامی عوامل زراعی به صورت یکنواخت اعمال شده و از سیستم آبیاری قطره ای در کنترل و مدیریت بهتر آبیاری استفاده گردید. مبارزه با علف های هرز، در طول رشد رویشی برای پیشگیری از گسترش علف های هرز به صورت وجین دستی انجام گردید. به منظور تعیین دقیق زمان آبیاری، از دستگاه تعیین اندازه گیری رطوبت خاک (TDR) German, FM-Trime که درصد حجمی رطوبت خاک را در عمق مورد نظر (۴۰ سانتی متر) تعیین می کند، استفاده گردید. تمامی کرت ها تا مرحله ۴۰٪ رطوبت قابل استفاده خاک در وضعیت یکنواخت آبیاری قرار داشته و بعد از آن تیمارهای متفاوت آبیاری بر اساس نقشه کاشت اعمال شد. پس از حذف یک متر از ابتدا و انتهای هر کرت آزمایشی به عنوان اثر حاشیه ای، نمونه برداری از کرت ها صورت گرفت و از هر کرت ده بوته به طور تصادفی برداشت شد.

برای اندازه گیری کلروفیل و کاروتنوئید از روش (Lichtenthaler & Buschmann, 2001) استفاده شد. بدین منظور ۰/۱ گرم بافت برگ منجمد شده با ۰/۱ گرم اکسید منیزیم مخلوط شده و سپس در ۱۰ میلی لیتر استون ۸۰ درصد رقیق شده با آب همگن شد. سپس محلول حاصل به مدت ۱۰ دقیقه در ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ (Klenzentrifuge, Z206) ریخته و جذب عصاره رویی شناور با استفاده از اسپکتروفتومتر (Unico, UV-2100, USA) در



نمودار ۱- مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارهای آزمایش بر ارتفاع بوته کدوی تخم کاغذی

Fig1. The means comparison of the interaction effects of the experimental treatments on plant height of *Cucurbita pepo*

ستون های دارای حروف مشترک فاقد اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد هستند

Columns with common letters do not have significant differences at the 5% probability level.

پس از مصرف ۵۵ درصد رطوبت ظرفیت مزرعه خاکبه همراه محلول پاشی با سلنیوم و اسید سالیسیلیک ۱/۵ میلی مولار در یک گروه آماری قرار گرفته و اختلاف معنی داری با هم نداشتند. همچنین براساس نتایج به دست آمده محلول پاشی اسید سالیسیلیک و سلنیوم، اثرات ناشی از تنش خشکی بر روی ارتفاع بوته را بهبود بخشید.

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده ها نشان داد که تاثیر تیمارهای سال، تنش خشکی، اسید سالیسیلیک و سلنیوم و اثرات متقابل آنها بر میزان عملکرد دانه در سطح ۱ درصد معنی دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین داده ها نشان داد که اعمال تنش خشکی، سبب کاهش عملکرد دانه شد، به طوری که در تیمار تنش خشکی شدید (آبیاری پس از مصرف ۸۰ درصد رطوبت

داده ها نشان داد که اعمال تیمار سلنیوم سبب افزایش معنی دار ۷٪ ارتفاع بوته نسبت به تیمار شاهد شد (جدول ۴).

در آزمایشات سایر محققان بر روی سویا (Djanaguiaman *et al.*, 2004)، سیب زمینی (Yassen *et al.*, 2011)، کلزا (Zahedi *et al.*, 2009)، کاهو (Sally *et al.*, 2011) نیز محلول پاشی سلنیوم سبب افزایش ارتفاع بوته شد.

نتایج نشان داد که اثرات متقابل تیمارهای آزمایش بر صفت ارتفاع بوته در سطح ۵ درصد معنی دار بود به طوری که بیشترین میزان ارتفاع بوته ۲۵۸ سانتی متر متعلق به تیمار آبیاری پس از مصرف ۲۵ درصد رطوبت ظرفیت مزرعه خاکبه همراه محلول پاشی با سلنیوم ۳ میلی گرم در لیتر و ۱/۵ میلی گرم در لیتر و اسید سالیسیلیک ۱/۵ میلی مولار به دست آمد که با تیمار آبیاری

جدول ۲: نتایج تجزیه خاک در عمق ۰ تا ۳۰ سانتی متر

Table 2. Results of soil analysis at a depth of 0 to 30 cm

ردیف	مشخصات Specifications	مقادیر Values
1	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) Electrical conductivity (decisiemens /meter)	0.5
2	pH	7.5
3	درصد مواد خنثی شونده (T.N.V) The percentage of neutralizing substances	53
4	درصد رطوبت گل اشباع (SP) Saturated soil moisture percentage	38
5	کربن آلی (درصد) Organic carbon (percentage)	1.2
6	نیترژن کل (درصد) Total nitrogen (percentage)	0.07
7	فسفر قابل جذب (میلی گرم بر کیلوگرم) Absorbable phosphorus (mg/kg)	10
8	پتاسیم قابل جذب (میلی گرم بر کیلوگرم) Absorbable potassium (mg/kg)	188
9	درصد رس Clay percentage	28
11	درصد شن Sand percentage	32
12	بافت خاک Soil texture	Sandy-Clay

برگ، افزایش تولید و انتقال آسمیلات ها به دانه در افزایش عملکرد دانه نقش داشته است (Hajiboland & Keivanfar, 2011).

مقایسه میانگین داده های مربوط به اثرات متقابل تیمارها نشان داد که بیشترین میزان عملکرد دانه معادل ۷۴۱ کیلوگرم در هکتار متعلق به تیمار آبیاری پس از مصرف ۲۵ درصد رطوبت خاک به همراه محلول پاشی با سلنیوم و اسید سالیسیلیک (۱/۵ میلی مولار) بود. کمترین میزان عملکرد دانه نیز معادل ۴۱۲ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار برهم کنش آبیاری پس از مصرف ۸۰ درصد رطوبت خاک بدون محلول پاشی با سلنیوم و اسید سالیسیلیک بود (نمودار ۲).

عملکرد میوه

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده ها نشان داد که تاثیر تیمارهای سال، تنش خشکی، اسید

ظرفیت مزرعه خاک) عملکرد دانه بیش از ۳۶ درصد کاهش پیدا کرد (جدول ۴). لازم به ذکر است در تیمار تنش خشکی ملایم (تیمار آبیاری پس از مصرف ۵۵ درصد رطوبت ظرفیت مزرعه خاک) بیشترین عملکرد دانه ۶۳۰ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد که از تیمار شاهد بیشتر می باشد. جهان و همکاران نیز گزارش کردند که کدوی تخم کاغذی گیاهی مقصد محدود بوده و افزایش اندازه میوه دلیلی بر تولید دانه بیشتر نیست. در واقع آبیاری بیشتر موجب انتقال بیشتر ماده خشک و آسمیلات ها به سمت قسمت میانبر میوه گردید. به نظر می رسد با بهبود وضعیت آبی در بوته و افزایش سرعت فتوسنتز، در میوه های در حال رشد، میان بر به عنوان یک مقصد فیزیولوژیک قوی تر برای مواد فتوسنتزی باشد (Jahan et al., 2010). به نظر می رسد سلنیوم از طریق بهبود فتوسنتز و کاهش پیری

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب مربوط به صفات مورد مطالعه
Table 3. Combined analysis of variance for the studied traits

منابع تغییر Sources of variation	درجه آزادی df	ارتفاع پویه Plant height	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد میوه Fruit yield	تعداد دانه در میوه Number of seeds in the fruit	وزن هزار دانه Thousand- grain weight	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل کل Total chlorophyll	کاروتنوئید Carotenoid
سال Year	1	5.9 ^{ns}	2846.56 [*]	35692.23 [*]	67.4 [*]	55.2 ^{ns}	1.06 ^{ns}	0.19 ^{ns}	0.018 ^{ns}	0.15 ^{ns}
تکرار در سال R*Y	4	1.6	709.4	125.8	19.6	14.7	0.05	0.08	0.006	0.06
تنش‌های Strees	2	4.2 [*]	3268.4 ^{**}	42305.35 ^{**}	58.92 ^{**}	35.3 [*]	1.02 ^{**}	0.56 [*]	1.24 ^{**}	0.07 ^{**}
سال*تنش Y*S	2	2.6 [*]	5780.7 [*]	18622.05 ^{**}	14.09 [*]	44.17 [*]	2.06 ^{**}	0.09 ^{**}	1.007 ^{**}	0.16 [*]
سال*تنش*تکرار Y*S*R	6	1.5	3628.5	7562.6	8.34	4.38	0.07	0.01	0.03	0.09
خطا Error	12	13.6	634.9	529.8	11.2	5.6	0.37	0.003	0.02	0.001
اسید سالیسیلیک Salicylicacid	2	2.6 ^{ns}	4562.4 ^{**}	5228.6 ^{**}	23.3 ^{**}	8.19 ^{**}	1.3 ^{**}	0.11 [*]	0.02 ^{**}	0.08 ^{**}
سال*اسید سالیسیلیک Y*SA	2	1.8 ^{ns}	762.2 [*]	495.2 ^{**}	3.17 ^{**}	13.03 ^{**}	0.09 ^{**}	0.008 ^{**}	0.002 ^{**}	0.005 ^{**}
تنش*اسید سالیسیلیک S*SA	3	3.5 [*]	3658.9 ^{**}	1295.71 ^{**}	34.12 ^{**}	16.03 [*]	0.32 ^{**}	0.04 ^{**}	0.028 ^{**}	0.03 ^{**}
سال*تنش*اسید سالیسیلیک Y*S*SA	3	1.9 [*]	1525.6 ^{**}	560.39 ^{**}	16.8 ^{**}	7.05 ^{**}	0.09 ^{**}	0.003 ^{**}	0.002 ^{**}	0.006 ^{**}
سelenium Selenium	1	1.5 ^{**}	3806.2 ^{**}	3254.6 ^{**}	18.3 ^{**}	5.4 ^{**}	0.3 ^{**}	0.04 ^{**}	0.02 ^{**}	0.04 ^{**}
سال*سelenium Y*SE	1	0.2 ^{**}	642.2 ^{**}	879.92 ^{**}	4.73 ^{**}	2.06 ^{**}	0.06 ^{**}	0.064 ^{**}	0.07 ^{**}	0.052 ^{**}
تنش*سelenium S*SE	2	3.7 ^{**}	8560.8 ^{**}	8265.9 ^{**}	75.17 ^{**}	12.13 ^{**}	1.22 ^{**}	0.77 ^{**}	0.3 ^{**}	0.2 ^{**}
سال*سelenium*تنش Y*SE*S	2	1.1 ^{**}	1733.2 ^{**}	532.6 ^{**}	28.22 ^{**}	7.15 ^{**}	0.73 ^{**}	0.3 ^{**}	0.04 ^{**}	0.15 ^{**}
اسید سالیسیلیک*سelenium SA*SE	1	5.1 ^{**}	12442.7 ^{**}	1638.01 ^{**}	121.1 ^{**}	14.11 ^{**}	1.31 ^{**}	1.6 ^{**}	0.82 ^{**}	0.9 ^{**}

سالیسیلیک و سلیوم و اثرات متقابل آنها بر میزان عملکرد میوه معنی دار بود (جدول ۳).

نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارهای آزمایش نشان داد بیشترین میزان عملکرد میوه به میزان ۲۴۷۷ کیلوگرم در هکتار متعلق به تیمار آبیاری پس از مصرف ۲۵ درصد رطوبت خاک به همراه محلول پاشی با سلیوم و اسید سالیسیلیک (۱/۵ میلی مولار) بود که با تیمار آبیاری پس از مصرف ۲۵ درصد رطوبت خاک به همراه محلول پاشی اسید سالیسیلیک (۱/۵ میلی مولار)، بدون محلول پاشی سلیوم در یک گروه آماری قرار گرفته و اختلاف معنی داری بین آن ها مشاهده نشد. کمترین میزان عملکرد میوه معادل ۱۵۲۲ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار برهمکنش آبیاری پس از مصرف ۸۰ درصد رطوبت خاک بدون محلول پاشی با سلیوم و اسید سالیسیلیک بود، همچنین نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که محلول پاشی اسید سالیسیلیک (۱/۵ میلی مولار) و سلیوم در تنش خشکی شدید (آبیاری پس از مصرف ۸۰ درصد رطوبت خاک) سبب بهبود بیش از ۳۰ درصدی عملکرد میوه نسبت به تیمار شاهد شد (نمودار ۳).

تعداد دانه در میوه

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده ها نشان داد که اثر سال و همچنین اثرات ساده و متقابل تیمارهای تحقیق در سطح آماری ۱ درصد بر تعداد دانه در میوه معنی دار بود (جدول ۳). براساس نتایج به دست آمده از اثرات متقابل تیمارهای آزمایش بیشترین تعداد دانه در میوه به تعداد ۳۴۳ عدد متعلق به تیمار آبیاری پس از مصرف ۵۵ درصد

Significant at the 0.05 level; **significant at the 0.01 level; ns is not significant *

سال * اسید سالیسیلیک * سلیوم Y*SA*SE	1	2.6*	545.8**	780.7**	5.19**	8.08**	0.5**	0.2**	0.5**	0.37**
تنش * اسید سالیسیلیک * سلیوم S*SA*SE	2	7.3**	17854.1**	15622.75**	165.06**	20.19**	1.82**	0.88**	0.7**	0.95**
سال * تنش * اسید سالیسیلیک * سلیوم Y*S*SA*SE	2	3.7**	4658.8**	7203.5**	72.5**	6.14**	0.9**	0.6**	0.26**	0.33**
خطا Error	24	9	8.6	328.2	612.4	7.1	3.8	0.16	0.008	0.01
ضریب تغییرات CV		15.75	10.8	16.2	13.4	12.7	11.5	10.9	14.6	11.2

معنی داری در سطح ۱/۵ درصد معنی دار نیست

جدول ۴- نتایج مقایسه میانگین ساده صفات بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن

Table 4. The results of the comparison of the simple trait means using Duncan's multi-range test

تیمار Treatment	سطوح مختلف تیمار Different treatment levels	ارتفاع بوته (سانتی متر) Plant height (cm)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (kg/ha)	عملکرد میوه (کیلوگرم در هکتار) Fruit yield (kg/ha)	تعداد دانه در میوه No. seeds per fruit	وزن هزار دانه (گرم) 1000-seed weight (gr)	کلروفیل a (میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) Chlorophyll a (mg /grFW)	کلروفیل b (میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) Chlorophyll b (mg/gr FW)	کلروفیل کل (میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) Total chlorophyll (mg/ gr FW)	کاروتنوئید (میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) Carotenoid (mg/gr FW)
آبیاری پس از مصرف ۵۵ درصد رطوبت ظرفیت نزرعه خاک Irrigation after application of 25% moisture content of the soil field capacity FC 25%	آبیاری پس از مصرف ۵۵ درصد رطوبت ظرفیت نزرعه خاک Irrigation after application of 55% moisture content of the soil field capacity FC 55%	242 ^a	627 ^a	2255 ^a	235 ^a	168 ^a	3.5 ^a	2.1 ^a	5.6 ^b	4.1 ^a
		233 ^b	630 ^a	1948 ^b	240 ^a	157 ^a	2.7 ^b	1.6 ^b	4.3 ^b	3.3 ^b
		218 ^c	398 ^b	1594 ^c	172 ^c	108 ^b	2 ^c	0.9 ^c	2.9 ^c	2.8 ^c
تنه Streets	۸۰ درصد رطوبت ظرفیت									

بررسی

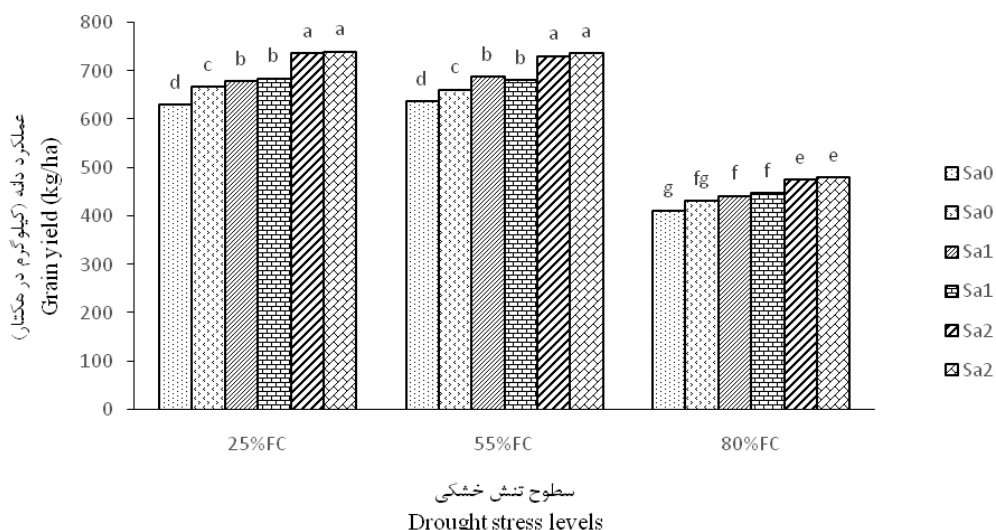
مزرعه خاکی

Irrigation after
application of 80%
moisture content of
the soil field
capacity
80%FC

اسید سالیسیلیک Salicylic acid	0	239 ^a	619 ^c	2226 ^c	221 ^c	167 ^b	3.4 ^c	1.9 ^b	5.3 ^c	4.2 ^c
	0.7 mM	244 ^a	670 ^b	2320 ^b	240 ^b	184 ^a	4.2 ^b	2.1 ^b	6.3 ^b	5.2 ^b
	1.5 mM	242 ^a	720 ^a	2415 ^a	258 ^a	190 ^a	4.8 ^a	2.4 ^a	7.2 ^a	6 ^a
سلنیوم Selenium	0 (No foliar spraying)	235 ^b	612 ^b	2236 ^a	228 ^b	163 ^b	3.5 ^b	2 ^b	5.5 ^b	4.4 ^b
	3 mg/l Spraying	251 ^a	647 ^a	2309 ^a	289 ^a	172 ^a	3.8 ^a	2.6 ^a	6.4 ^a	5.6 ^a

در هر ستون میانگین های دارای حروف مشترک تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد یا آزمون دانکن ندارد.

In each column, the means with common letters do not have a significant difference at the 5% probability level using Duncan's test

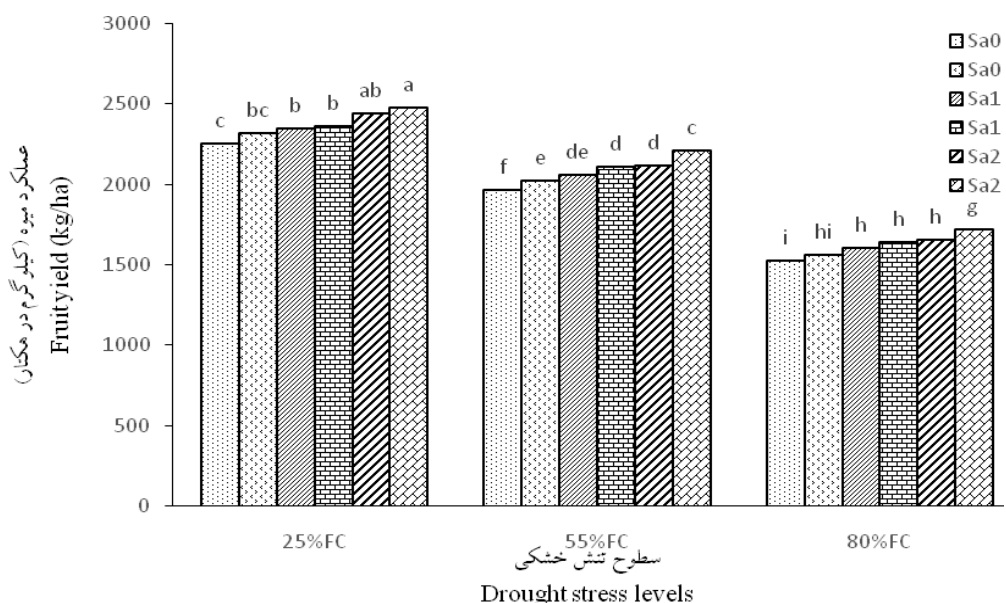


نمودار ۲- مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارهای آزمایش بر میزان عملکرد دانه کدوی تخم کاغذی

Fig 2. The means comparison of the interaction effects of the experimental treatments on the grain yield of *Cucurbita pepo*

ستون های دارای حروف مشترک فاقد اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد هستند

Columns with common letters do not have significant differences at the 5% probability level.

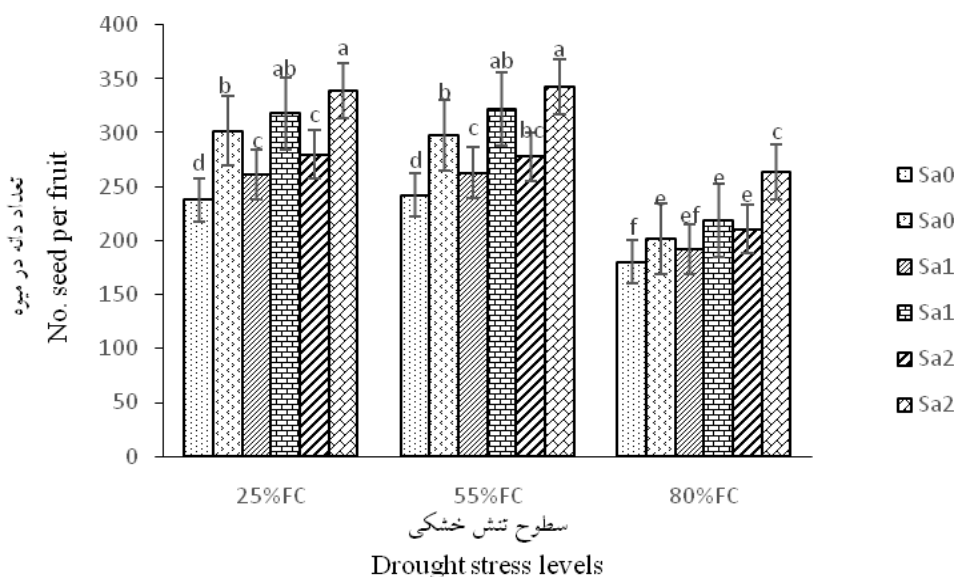


نمودار ۳- مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارهای آزمایش بر میزان عملکرد میوه کدوی تخم کاغذی

Fig 3. The means comparison of the interaction effects of the experimental treatments on fruit yield of *Cucurbita pepo*

ستون های دارای حروف مشترک فاقد اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد هستند

Columns with common letters do not have significant differences at the 5% probability level.



نمودار ۴-مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارهای آزمایش بر میزان تعداد دانه در میوه کدوی تخم کاغذی
Fig 4. The means comparison of the interaction effects of the treatments on the number of seeds per fruit of *Cucurbita pepo*

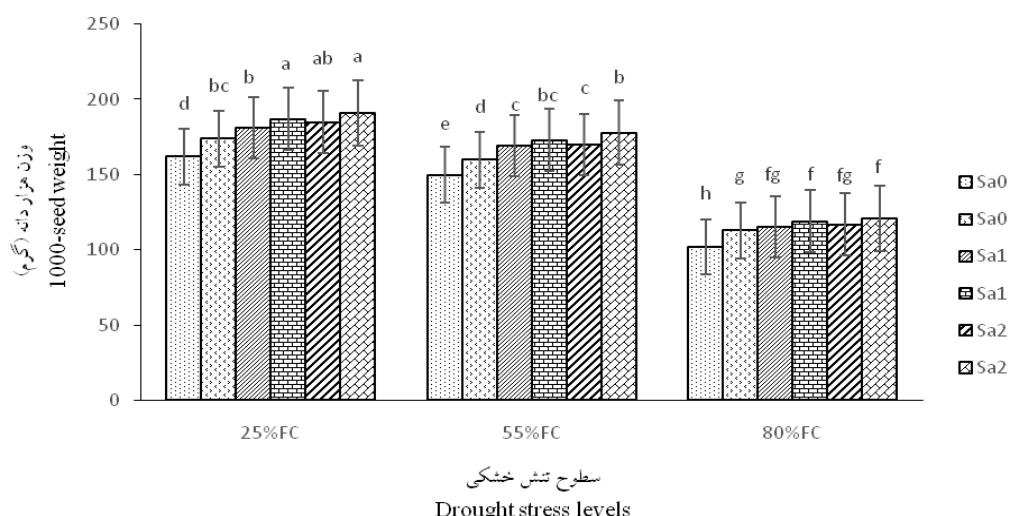
ستون های دارای حروف مشترک فاقد اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد هستند
Columns with common letters do not have significant differences at the 5% probability level.

فلفل نشان داد که رشد بیش از اندازه میوه از تشکیل دانه جلوگیری کرده و حتی تعداد دانه را کاهش می دهد. وجود این رابطه در گیاهان تیره کدو نیز تایید شده است (Wien, 2006). با توجه به نتایج به دست آمده کاهش تعداد دانه در تیمار شاهد نسبت به تیمار تنش خشکی ملایم نشان می دهد که در تیمار شاهد افزایش وزن میوه به دلیل افزایش وزن میان بر میوه می باشد. از سویی نیز با توجه به این که بین دو تیمار شاهد و تنش خشکی ملایم اختلاف معنی داری از نظر وزن هزار دانه دیده نمی شود در حالی که بین این دو تیمار آبی از نظر تعداد دانه در میوه اختلاف معنی داری دیده شد. به نظر می رسد که تعداد دانه در مقایسه با وزن هزار دانه، نقش پر رنگ تری را در افزایش عملکرد دانه این گیاه بازی می کند.

اظهار شده است در بسیاری از گیاهان زراعی

رطوبت ظرفیت مزرعه خاکبه همراه محلول پاشی با سلینیوم و اسید سالیسیلیک بود. کمترین تعداد دانه در میوه معادل ۱۸۰ عدد مربوط به تیمار برهم کنش آبیاری پس از مصرف ۸۰ درصد رطوبت ظرفیت مزرعه خاک بدون محلول پاشی با سلینیوم و اسید سالیسیلیک بود (نمودار ۴). در تحقیقی بیان شد اسید سالیسیلیک می تواند مانند یک تنظیم کننده رشد در شرایط تنش خشکی عمل کند و با بهبود فتوسنتز گیاه و افزایش رنگیزه های فتوسنتزی باعث تحریک رشد شد و تعداد دانه در غلاف را در گیاه نخود افزایش دهد (Vaisnad & Talebi, 2015). در تحقیقی دیگر مشاهده شد محلول پاشی سلینیوم سبب افزایش ۳۷ درصدی تعداد دانه در بوته در گیاه گندم رقم کویر و روشن شد (Dariaeie et al., 2015).

مطالعات برخی محققین بر روی کدو طبی و



نمودار ۵- مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارهای آزمایش بر وزن هزارانه کدوی تخم کاغذی

Fig 5. The means comparison of the interaction effects of the experimental treatments on the weight of 1000 seeds of *Cucurbita pepo*

ستون های دارای حروف مشترک فاقد اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد هستند

Columns with common letters do not have significant differences at the 5% probability level.

بود. کمترین میزان وزن هزار دانه معادل ۱۰۲ گرم، مربوط به تیمار برهم کنش آبیاری پس از مصرف ۸۰ درصد رطوبت خاک بدون محلول پاشی با سلنیوم و اسید سالیسیلیک بود (نمودار ۵).

اسید سالیسیلیک یک تنظیم کننده رشد با ماهیت فنی است و نقش مهمی در افزایش مقاومت گیاه به شرایط تنش از طریق سنتز ترکیبات مختلف آنتیاکسیدانی دارد (La et al., 2019). افزایش مقاومت به تنشهای مختلف در واکنش به محلول پاشی اسید سالیسیلیک در گونه های مختلف گیاهی گزارش شده است (Rai et al., 2018; Biyare et al., 2018). اسید سالیسیلیک از طریق جلوگیری از تخریب کلروپلاست و افزایش ظرفیت انتقال الکترون توسط فتوسیستم II میتواند باعث افزایش فتوسنتز شود. همچنین گزارش شده که افزایش فتوسنتز در اثر کاربرد اسید سالیسیلیک ناشی از تأثیر آن بر افزایش

وزن دانه ثبات بیشتری را در مقایسه با تعداد دانه نشان می دهد (Fageria et al., 2006). به نظر می رسد برای افزایش میزان عملکرد دانه در کدو کاغذی، تمرکز بر روی افزایش تعداد میوه در واحد سطح، به همراه افزایش بیشتر دانه در میوه اجزای مهم تری در افزایش عملکرد دانه در این گیاه باشند تا تولید میوه هایی با اندازه درشت تر همراه با دانه های سنگین تر.

وزن هزار دانه

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده ها نشان داد که اثرات ساده و متقابل تیمارهای تنش خشکی، اسید سالیسیلیک و سلنیوم بر وزن هزار دانه معنی دار بود (جدول ۳).

مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارها نشان داد بیشترین مقدار وزن هزار دانه معادل ۱۹۱ گرم، متعلق به تیمار آبیاری پس از مصرف ۲۵ درصد رطوبت خاک به همراه محلول پاشی با سلنیوم و اسید سالیسیلیک (۱/۵ میلی مولار)

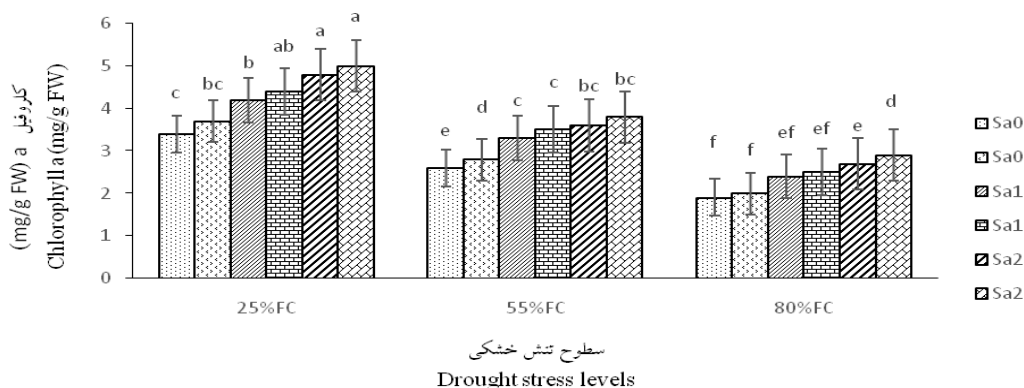


Fig 6. The means Comparison of the interaction effects of the experimental treatments on the amount of chlorophyll a of *Cucurbita pepo*

ستون های دارای حروف مشترک فاقد اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد هستند

Columns with common letters do not have significant differences at the 5% probability level.

اسید سالیسیلیک بود (نمودار ۶).

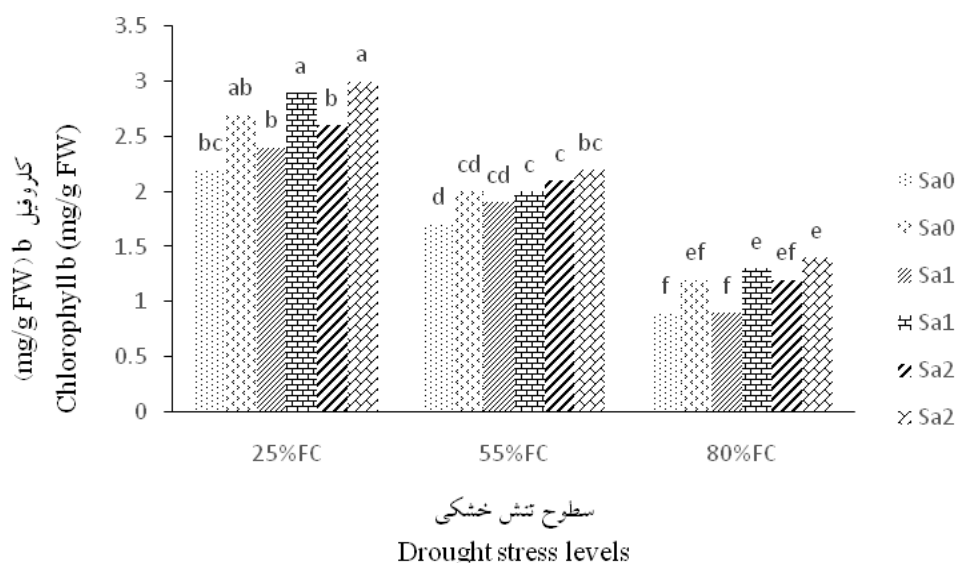
در پژوهشی کاهش غلظت کلروفیل به دلیل فعالیت آنزیم کلروفیلاز، پراکسیداز و ترکیبات فنلی گزارش گردید (Kalali et al., 2014). تشدید فعالیت کلروفیلاز به هنگام تنش های اسمزی از جمله خشکی سبب کاهش محتوای کلروفیل سلول گیاهی میشود. کلروفیل a حساستر از کلروفیل b است و بیشتر تحت تأثیر قرار می گیرد (Kamrava et al, 2017). جباری و همکاران کاهش کلروفیل a در اثر تنش کم آبی را در گیاه کلزا گزارش کردند (Jabbari et al., 2015).

سلنیوم دارای خاصیت آنتی اکسیدانی است و تحت شرایط تنش های محیطی، به ویژه تنش خشکی، می تواند زداینده اکسیژن فعال باشد. سلنیوم همچنین از کاهش سبزیگی تحت تنش خشکی جلوگیری کرده و می تواند موجب بهبود فتوسنتز در شرایط تنش شود (Feng & Shuxin, 2012). سلنیوم دارای قابلیت تنظیم

فعالیت آنزیم رویسکو باشد. از طرفی اسید سالیسیلیک اثر آبسزیک اسید را در بستن روزنه ها کاهش داده و در نتیجه سبب افزایش میزان فتوسنتز میگردد (Mallahi et al., 2018; Arif et al., 2020).

کلروفیل a

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده ها نشان داد که اثرات ساده و متقابل تیمارهای تحقیق در سطح آماری ۱ درصد، بر میزان کلروفیل a معنی دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارهای تحقیق در خصوص صفت کلروفیل a نشان داد بیشترین میزان کلروفیل a، معادل ۵ میلی گرم بر وزن تر متعلق به تیمار آبیاری پس از مصرف ۲۵ درصد رطوبت خاک به همراه محلول پاشی با سلنیوم و اسید سالیسیلیک (۱/۵ میلی مولار) بود. کمترین میزان کلروفیل a نیز معادل ۱/۹ میلی گرم بر وزن تر مربوط به تیمار برهمکنش آبیاری پس از مصرف ۸۰ درصد رطوبت خاک بدون محلول پاشی با سلنیوم و



نمودار ۷- مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارهای آزمایش بر میزان کلروفیل b کدوی تخم کاغذی
 Fig 7. The means comparison of the interaction effects of the experimental treatments on the amount of chlorophyll b of *Cucurbita pepo*

ستون های دارای حروف مشترک فاقد اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد هستند

Columns with common letters do not have significant differences at the 5% probability level.

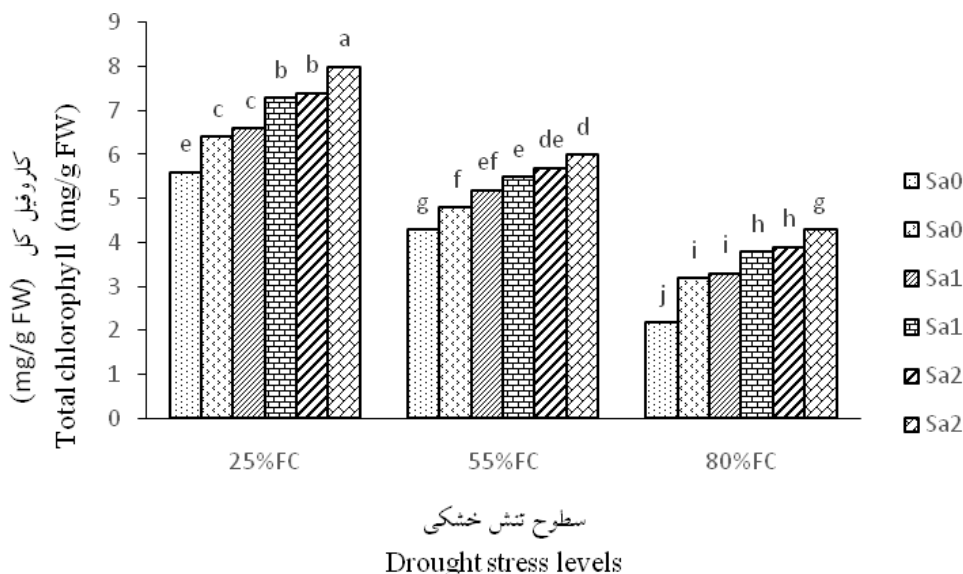
کلروفیل b

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده ها نشان داد که اثرات ساده و متقابل تیمارهای تحقیق در سطح آماری ۱ درصد، بر میزان کلروفیل b معنی دار بود (جدول ۳).

مقایسه میانگین داده های مربوط به اثرات متقابل تیمار های آزمایش بر صفت کلروفیل b نشان داد بیشترین میزان کلروفیل b به میزان ۳ میلی گرم بر وزن تر، متعلق به تیمار آبیاری پس از مصرف ۲۵ درصد رطوبت خاک به همراه محلول پاشی با سلنیوم و اسید سالیسیلیک (۱/۵ میلی مولار) بود. کمترین میزان کلروفیل a ۰/۹ میلی گرم بر وزن تر مربوط به تیمار برهمکنش آبیاری پس از مصرف ۸۰ درصد رطوبت خاک بدون محلول پاشی با سلنیوم و اسید سالیسیلیک بود (نمودار ۷).

وضعیت آب گیاه تحت شرایط تنش خشکی است و تأثیرات محافظتی سلنیوم در شرایط تنش از طریق افزایش ظرفیت جذب آب توسط سیستم ریشه به دست می آید (Kalali et al., 2014)

در پژوهش حاضر کلروفیل a ، کلروفیل b ، کلروفیل کل و محتوای کارتنوئید تحت تاثیر تیمار سلنیوم و اسید سالیسیلیک در شرایط تنش خشکی قرار گرفت که با تاثیر مثبت محلول پاشی سلنیوم و اسید سالیسیلیک تحت شرایط تنش خشکی بر مقدار کلروفیل a ، کلروفیل b ، کلروفیل کل و محتوای کارتنوئید افزایش معنی داری پیدا کرد که با نتایج انجام گرفته بر روی گیاه برنج (Yao et al., 2009) و هویج (Hawrylak, 2004) مطابقت داشت.



نمودار ۸- مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارهای آزمایش بر میزان کلروفیل کل کدوی تخم کاغذی
Fig 8. The means comparison of the interaction effects of the experimental treatments on the amount of total chlorophyll of *Cucurbita pepo*

ستون های دارای حروف مشترک فاقد اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد هستند

Columns with common letters do not have significant differences at the 5% probability level.

کاروتنوئید

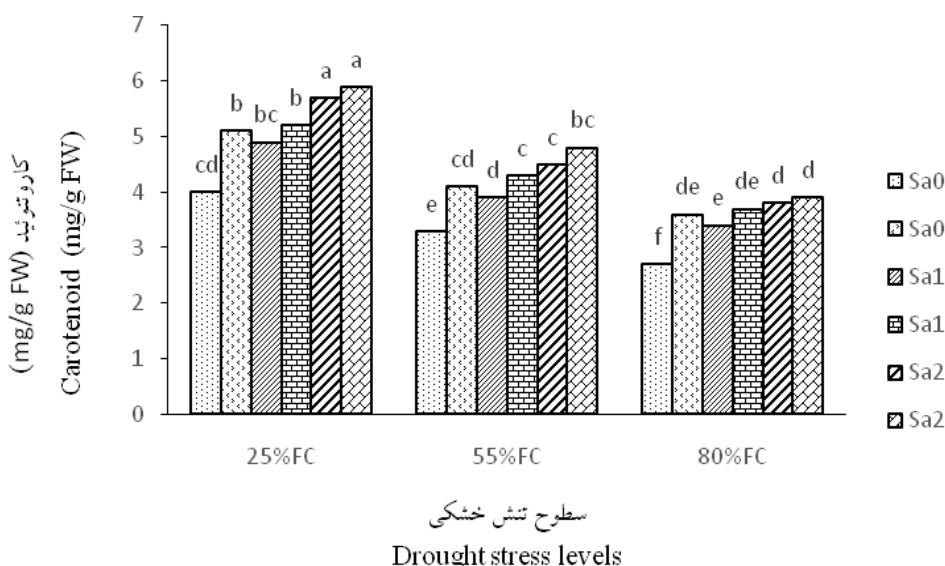
نتایج تجزیه واریانس مرکب داده ها نشان داد که اثرات ساده و متقابل تیمارهای تحقیق در سطح آماری ۱ درصد، بر میزان کاروتنوئید معنی دار بود (جدول ۳).

نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارها نشان داد بیشترین میزان کاروتنوئید به مقدار ۵/۹ میلی گرم بر وزن تر متعلق به تیمار آبیاری پس از مصرف ۲۵ درصد رطوبت خاک به همراه محلول پاشی با سلنیوم و اسید سالیسیلیک (۱/۵ میلی مولار) بود. کمترین میزان کاروتنوئید معادل ۲/۷ میلی گرم بر وزن تر مربوط به تیمار برهمکنش آبیاری پس از مصرف ۸۰ درصد رطوبت خاک بدون محلول پاشی با سلنیوم و اسید سالیسیلیک بود (نمودار ۹). نتایج پژوهشی نشان داد که تیمار با سالیسیلیک اسید محتوای

کلروفیل کل

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده ها نشان داد که اثرات ساده و متقابل تیمارهای تحقیق در سطح آماری ۱ درصد، بر میزان کلروفیل کل معنی دار بود (جدول ۳).

مقایسه میانگین داده های مربوط به اثرات متقابل تیمارهای تحقیق در خصوص صفت کلروفیل کل نشان داد بیشترین میزان کلروفیل کل معادل ۸ میلی گرم بر وزن تر متعلق به تیمار آبیاری پس از مصرف ۲۵ درصد رطوبت خاک به همراه محلول پاشی با سلنیوم و اسید سالیسیلیک (۱/۵ میلی مولار) بود. کمترین میزان کلروفیل کل نیز معادل ۲/۱۸ میلی گرم بر وزن تر مربوط به تیمار برهمکنش آبیاری پس از مصرف ۸۰ درصد رطوبت خاک بدون محلول پاشی با سلنیوم و اسید سالیسیلیک بود (نمودار ۸).



نمودار ۹-مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارهای آزمایش بر میزان کاروتنوئید کدوی تخم کاغذی
Fig 9. The means comparison of the interaction effects of the experimental treatments on carotenoids of *Cucurbita pepo*

ستون های دارای حروف مشترک فاقد اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد هستند

Columns with common letters do not have significant differences at the 5% probability level.

میوه همبستگی مثبت و معنی داری با صفات عملکرد دانه و عملکرد میوه از خود نشان داد. وزن هزاردانه همبستگی مثبت و معنی داری با صفات ارتفاع بوته، عملکرد میوه، عملکرد دانه، میزان کاروتنوئید، کلروفیل کل، کلروفیل a، کلروفیل b از خود نشان داد. کلروفیل a همبستگی مثبت و معنی داری با صفات ارتفاع بوته، عملکرد میوه، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، میزان کاروتنوئید، کلروفیل کل، کلروفیل b از خود نشان داد (جدول ۵). کلروفیل b همبستگی مثبت و معنی داری با صفات ارتفاع بوته، عملکرد میوه، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، میزان کاروتنوئید، کلروفیل کل، کلروفیل a از خود نشان داد. کلروفیل کل همبستگی مثبت و معنی داری با صفات ارتفاع بوته، عملکرد میوه، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، میزان کاروتنوئید، کلروفیل b،

کلروفیل و کاروتنوئیدها را در برگ ذرت افزایش داد (Khodary, 20۰۴).

ضریب همبستگی بین صفات

نتایج همبستگی بین صفات نشان داد که صفات ارتفاع بوته همبستگی مثبت و معنی داری با صفات عملکرد دانه، عملکرد میوه، وزن هزاردانه، کاروتنوئید، کلروفیل کل، کلروفیل a، کلروفیل b از خود نشان داد. عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی داری با صفات ارتفاع بوته، تعداد دانه در میوه، وزن هزاردانه، میزان کاروتنوئید، کلروفیل کل، کلروفیل a، کلروفیل b از خود نشان داد. همچنین عملکرد میوه همبستگی مثبت و معنی داری با صفات ارتفاع بوته، تعداد دانه در میوه، وزن هزاردانه، میزان کاروتنوئید، کلروفیل کل، کلروفیل a، کلروفیل b از خود نشان داد. تعداد دانه در

کلروفیل a از خود نشان داد. میزان کاروتنوئید همبستگی مثبت و معنی داری با صفات عملکرد میوه، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، کلروفیل b ، کلروفیل کل، کلروفیل a از خود نشان داد (جدول ۵).

نتیجه گیری

نتایج بدست آمده از این پژوهش نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش ارتفاع بوته، عملکرد میوه و دانه، وزن هزاردانه، میزان کلروفیل و کاروتنوئید برگ کدو تخم کاغذی گردید. محلول پاشی اسید سالیسیلیک و سلنیوم سبب افزایش معنی دار در تمامی صفات مورد آزمایش گردید. همچنین یافته های پژوهش نشان داد که در تیمار تنش خشکی شدید، محلول پاشی تلفیقی اسید سالیسیلیک و سلنیوم به ترتیب سبب بهبود ۱۶، ۱۹، ۴۶ درصدی صفات عملکرد دانه، وزن هزاردانه و تعداد دانه در میوه گردید. بر اساس نتایج حاضر، کاربرد محلول پاشی سلنیوم در غلظت ۳ میلی گرم در لیتر و اسید سالیسیلیک ۱/۵ میلی مولار جهت بهبود عملکرد گیاه کدو تخم کاغذی در شرایط ۵۵ درصد رطوبت ظرفیت مزرعه خاک در شرایط آب و هوایی یاسوج پیشنهاد می گردد.

Table 5. Correlation coefficients between traits

	تعداد دانه در					
	ارتفاع بوته Plant height	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد میوه Fruit yield	وزن هزار دانه 1000-seed weight	میوه The number of seeds per fruit	کلروفیل A Chlorophyll a
ارتفاع بوته Plant height	1					
عملکرد دانه Grain yield	0.351 [*]	1				
عملکرد میوه Fruit yield	0.385 ^o	0.32 ^{ns}	1			
تعداد دانه در میوه The number of seeds per fruit	309 ^{ns}	0.578 ^{**}	0.423 [*]	1		
وزن هزار دانه 1000-seed weight	0.342 [*]	0.368 [*]	0.37 [*]	0.324 ^{ns}	1	
کلروفیل a Chlorophyll a	0.37 [*]	0.56 ^{**}	0.366 [*]	0.33 ^{ns}	0.472 ^{**}	1
کلروفیل b Chlorophyll b	0.238 [*]	0.49 ^{**}	0.235 [*]	0.326 ^{ns}	0.396 [*]	0.632 ^{**}
کلروفیل کل Total chlorophyll	0.356 [*]	0.527 ^{**}	0.383 [*]	0.315 ^{ns}	0.44 ^{**}	0.65 ^{**}
کاروتنئید Carotenoid	0.317 ^{ns}	0.264 [*]	0.26 [*]	0.307 ^{ns}	0.384 [*]	0.527 ^{**}
						0.58 ^{**}
						0.624 ^{**}
						1

بررسی ...

References

- Abaspor, H., and Rezaei, H. 2014. Effects of salicylic acid and jasmonic acid on hill reaction and photosynthetic pigmen (*Dracocephalum moldavica* L.) in different levels of drought stress. *International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research*, 2: 2850-2859.
- Arif, Y., Sami, F., Siddiqui, H., Bajguz, A., and Hayat, S. 2020. Salicylic acid in relation to other phytohormones in plant: A study towards physiology and signal transduction under challenging environment. *Environmental and Experimental Botany*, 175: 104040.
- Biyare, V., Shekari, F., Seifzadeh, S., Zakerin, H., and Hadidi, E. 2020. Effect of foliar application of salicylic acid on yield and yield components of pumpkin under different water deficiencies. *Journal of Crop Ecophysiology*, 14: 173-192. (in Persian with English Summary).
- Daryaei, F., Keramat, B., and Arvin, M. J. 2015. Study the effects of Se and Cd on some parameters morphological and physiological in cultivars of wheat plant. *Plant Process and Function*, 3(10),101-114. URL: <http://jispp.iut.ac.ir/article-1-164-en.html> (in Persian with English Summary).
- Djanaguiraman, M., Devi, D.D., Shanker, A.K., Sheeba J.A., and Bangarusamy, U. 2004. Impact of selenium spray on monocarpic senescence of soybean (*Glycine Max* L.). *Food, Agriculture and Environment*, 2(2), 44-47.
- Fageria, N.K., Baligar, V.C., and Clark, R. 2006. Physiology of crop production. Translated by: Shekari, F., Shekari, F., and Esfandiari, E. University of Margheh Press. 422 Page.
- Feng, R., Wei, C., and Shuxin, T. 2012. The roles of selenium in protecting plant against abiotic stresses. *Environmental and Experimental Botany*, 98: 185-192.
- Hajiboland, R., and Keivanfar, N. 2011. Selenium supplementation stimulates vegetative and reproductive growth in canola (*Brassica napus* L.) plants, *Acta Agriculture Slovenia*, 99(1), 13-19.
- Hajiboland, R. 2012. Effects of micronutrient deficiencies on plants stress

- responses. In: A Parvaiz, M.N.V. Prasad, (Eds.) Abiotic stress responses in plants: metabolism, productivity and sustainability. Springer Verlag. India, PP 282–326.
- Hamissou, M., Smith, A.C., Carter, R.E., and Triplett, J.K. 2013. Antioxidative properties of bitter gourd (*Momordica charantia*) and zucchini (*Cucurbita pepo*). *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 25: 641-647.
- Hawrylak, B., and Szymanska, M., 2004. Selenium as a sulphhydrylic group inductor in plants. *Cellular and Molecular Biology Letters*, 9: 329-336.
- Jabbari, H., Akbari, G.A., Khosh Kholgh Sima, N.A., Shiranirad, A.H., Alahdadi, I., and Tajodini, F. 2015. Study of agronomical, physiological and qualitative characteristics of canola (*Brassica napus*) under water stress. *Environmental Stresses in Crop Sciences*. 8(1), 35-49.
- Jahan, M., Koocheki, A., Nassiri, M., and Dehghanipoor, F. 2010. The effects of different manure levels and two branch management methods on organic production of *Cucurbita pepo* L. *Iranian Journal of Field Crop Research*, 5: 281- 289. (in Persian with English Summary).
- Kalali, T., Lahoti, M., and Mahmoudzadeh, H. 2014. Effect of salicylic acid on morphological and physiological traits of soybean under drought stress conditions. *Journal of Plant Physiology*, 7(25), 75-88.
- Kamrava, S., Babaeian Jolodar, N., and Bagheri, N. 2017. Evaluation of drought stress on chlorophyll and proline traits in soybean genotypes. *Journal of Crop Breeding*, 9(23), 95-104.
- Kheirizadeh Arough, Y., Seyed Sharifi, R., Sedghi, M., and Barmaki, M. 2016. Effect of zinc and bio fertilizers on antioxidant enzymes activity, chlorophyll content, soluble sugars and proline in triticale under salinity condition. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 44 (1), 116-124.

- Khodary, S.E. 2004. Effect of salicylic acid on growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt stressed maize plants. *International Journal of Agriculture and Biology*, 6: 5-8.
- La, V.H., Lee, B.R., Islam, M.T., Park, S.H., Jung, H.I., Bae, D.W., and Kim, T.H. 2019. Characterization of salicylic acid- mediated modulation of the drought stress responses: Reactive oxygen species, proline, and redox state in *Brassica napus*. *Environmental and Experimental Botany*, 157: 1-10.
- Lichtenthaler, H.K., and Buschmann, C. 2001. Chlorophylls and carotenoids: measurement and characterization by UV-VIS spectroscopy. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry* 1:F4.3.1-F4.3.8.
- Liu, T., Sheng, M., Wang, C.Y., Chen, H., Li, Z., and Tang, M., 2015. Impact of arbuscular mycorrhizal fungi on the growth, water status, and photosynthesis of hybrid poplar under drought stress and recovery. *Photosynthetica*, 53(2), 250-258.
- Malik, J.A., Kumar, S., Thakur, P., Sharma, S., Kaur, N., Kaur, R., Pathania, D., Bhandhari, K., Kaushal, N., Singh, K., Srivastava, A., and Nayyar, H. 2011. Promotion of growth in mungbean (*Phaseolus aureus* Roxb.) by selenium is associated with stimulation of carbohydrate metabolism. *Biological Trace Element Research*, 143(1), 530-539.
- Mallahi, T., Saharkhiz, M.J., and Javanmardi, J. 2018. Salicylic acid changes morpho-physiological attributes of feverfew (*Tanacetum parthenium* L.) under salinity stress. *Acta Ecologica Sinica*, <https://doi.org/10.1016/j.chnaes.2018.02.003>.
- Rai, K.K., Rai, N., and Rai, S.P. 2018. Salicylic acid and nitric oxide alleviate high temperature induced oxidative damage in *Lablab purpureus* L plants by regulating bio-physical processes and DNA methylation. *Plant Physiology and Biochemistry*, 128: 72-88.
- Sally, A.M., and Sorial M.E. 2012. Some antioxidants application in relation to lettuce growth, chemical constituents and yield. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 5(6), 127-135.

- Sarcheshmeh Poor M., Savaghebi, G.R., Siadat, H., and Alikhani, H.A. 2014. The effect of plant growth rhizobacteria on improvement of growth and nutrition of pistachio seedlings under drought stress. *Iranian Journal of Soil Research*, 27(1), 107-119. (in Persian with English Summary).
- Vaisnad, S., and Talebi, R. 2015. Salicylic acid-enhanced morphological and physiological responses in chickpea (*Cicer arietinum*) under water deficit stress. *Environmental and Experimental Biology*, 13:109-115.
- Wien, H.C. 2006. The physiology of vegetables. Translated by: Shekari, F., Massiha, S., and Esmailpoor, B. Zanzan University Press.
- Yao, X., Chu, J., and Ba, C.J. 2009. Effects of selenium on wheat seedlings under drought stress. *Biological Trace Element Research*, 130(3), 283-290.
- Yassen, A., Safia, A., Adam, M., and Zaghloul, S.M. 2011. Impact of nitrogen fertilizer and foliar spray of selenium on growth, yield and chemical constituents of potato plants. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 5(11), 1296-1303, 2011.
- Zafar, Z., Rasheed, F., Atif, R.M., Maqsood, M., and Gailing, O. 2021. Salicylic acid-induced morpho-physiological and biochemical changes triggered water deficit tolerance in *Syzygium cumini* L. saplings. *Forests*, 12, 491.
- Zafari, M., Ebadi, A., and Jahanbakhshgode Kahriz, S. 2018. Combined effect on fungi and bacteria metabolites on increased osmolytes of compatibility of alfalfa in the water deficit stress. *Journal of Plant Research* (Iranian Journal of Biology), 31(1), 194-205. (in Persian with English Summary).
- Zahedi, H., Noormohammadi, G., Shirani, H., Rad, A.H., Habibi, D., and Mashadi Akbar Boojari, M. 2009. The effect of zeolit and foliar application of selenium on growth, yield and yield components of three canola cultivars under drought stress. *World Applied Sciences Journal*, 7(2), 255-262.
- Zeynali, M., Maleki, B., Zanjani, P., and Shekari, F. 2019. Effects of field capacity based-irrigation levels on physiological and agronomic characteristics of medicinal pumpkin (*Cucurbita pepo* L.). *Applied Research in Field Crops*, 31: 1- 20.

Investigating the application of salicylic acid and selenium on agronomic characteristics and photosynthetic pigments of pumpkin(*Cucurbita pepo* L.) under drought stress conditions

Abdulhamid Mousavizadeh Fashian¹, Mohammad Mehdi Rahimi^{*2}
and Mehdi Hosseinifarahi³

1. PhD Student, Department of Agrotechnology, Yas.C., Islamic Azad University, Yasuj, Iran.
2. Assistant Professor, Department of Agrotechnology, Yas.C., Islamic Azad University, Yasuj, Iran.
(Corresponding author)
3. Associate Professor, Department of Horticultural Science, Yas. C., Islamic Azad University, Yasuj, Iran.

Received: October 2023 Accepted: June 2025- DOI: 10.22092/aj.2025.363717.1659

Extended Abstract

Mousavizadeh Fashian, A., Rahimi, M. M., Hosseinifarahi, M., . Investigating the application of salicylic acid and selenium on agronomic characteristics and photosynthetic pigments of pumpkin(*Cucurbita pepo* L.) under drought stress conditions
Applied Research in Field Crops Vol 36, No. 4, 2024, 10-12: 50-73(in Persian)

Introduction

Pumpkin (*Cucurbita pepo*) is among the most important plants used in the treatment of some diseases, including benign prostate cancer. Its seed contains 42-54% oil, rich in fatty acids such as palmitic acid, stearic acid, oleic acid and linoleic acid, as well as carotenoids, protochlorophyll, and vitamins A and E (Zeynali *et al.*, 2019). Drought is one of the most significant environmental factors that reduce the growth and yield of many agricultural and medicinal plants, particularly in arid and semi-arid regions. Environmental stresses trigger a wide range of reactions in plants, from alterations in gene expression and cell metabolism to changes in the growth rates and crop yields, making them the primary limiting factor for plant growth. Salicylic acid is a phenolic compound that functions as a plant hormone regulator and plays a key role in defense mechanisms against biotic and abiotic stresses. Selenium, while considered beneficial for plants, has not been conclusively proven as an essential element for plant growth and development

Email address of the corresponding author: mm.rahimi@iau.ac.ir

(Malik *et al.*, 2011). Research has shown that the selenium application under drought stress conditions significantly improved the number of seeds, seed yield, biological yield and oil yield in rapeseed (Zahedi *et al.*, 2009). Due to the limited information on the role of salicylic acid and selenium in mitigating drought stress under the climatic conditions of Yasuj, this study was aimed to investigate their effects on the agronomic and biochemical traits of paper pumpkin.

Materials & Methods

In order to investigate the effects of salicylic acid and selenium on some vegetative traits of pumpkin under drought stress conditions, a two-year split factorial study was conducted using a randomized complete block design with three replications. The treatments included drought stress as the main factor at three irrigation levels corresponding to 25%, 55% and 80% of the soil's field capacity (FC). Salicylic acid was considered a sub-factor at three levels of 0, 0.7 and 1.5 mM and selenium was included as a sub-sub-factor at two levels of 0 and 3 mg/L.

Results & Discussion

The results of this study showed that drought stress decreased plant height, fruit and seed yield, 1000-seed weight, chlorophyll and carotenoid content of pumpkin leaves. However, foliar spraying of salicylic acid and selenium significantly enhanced all evaluated traits. The highest seed yield, recorded at 741 kg/ha, was observed under irrigation treatment at 25% of the soil's field capacity combined with foliar spraying of selenium (3 mg/liter) and salicylic acid (1.5 mM). This represented an increase of more than 79% compared to the severe drought stress condition without foliar spraying of salicylic acid and selenium. The highest number of seeds per fruit was 343, which was obtained under irrigation treatment at 55% soil moisture with foliar spraying of selenium and salicylic acid (1.5 mM), showing an improvement of over 90% compared to the severe drought condition without foliar spraying. Also, this study revealed that under severe drought stress, combined foliar spraying of salicylic acid and selenium resulted in improvements of 16%, 19%, and 46% in seed yield traits, 1000-seed weight, and number of seeds

per fruit, respectively.

Conclusion

The results obtained from this research showed that drought stress decreased plant height, fruit and seed yield, 1000-seed weight, chlorophyll and carotenoid content of pumpkin leaves. However, foliar spraying of salicylic acid and selenium led to a significant increase in all evaluated traits. Additionally, under severe drought stress conditions, combined foliar spraying of salicylic acid and selenium resulted in improvements of 16%, 19%, and 46% in seed yield traits, 1000-seed weight and number of seeds per fruit, respectively. Based on the present results, the use of selenium foliar spraying at a concentration of 3 mg/l and salicylic acid at 1.5 mM can be suggested to improve the performance of paper pumpkin plants under dry conditions in Yasuj's climatic environment.

Keywords: Carotenoid, Chlorophyll, Sodium Selenite, Thousand Seed Weight, Yield.

References

- Malik, J.A., Kumar, S., Thakur, P., Sharma, S., Kaur, N., Kaur, R., Pathania, D., Bhandhari, K., Kaushal, N., Singh, K., Srivastava, A., and Nayyar, H. 2011. Promotion of growth in mungbean (*Phaseolus aureus* Roxb.) by selenium is associated with stimulation of carbohydrate metabolism. *Biological Trace Element Research*, 143(1), 530-539.
- Zahedi, H., Noormohammadi, G., Shirani, H., Rad, A.H., Habibi, D., and Mashadi Akbar Boojar, M. 2009. The effect of zeolit and foliar application of selenium on growth, yield and yield components of three canola cultivars under drought stress. *World Appleid Sciences Journal*, 7(2), 255-262.
- Zeynali, M., Maleki, B., Zanjani, P., and Shekari, F. 2019. Effects of field capacity based-irrigation levels on physiological and agronomic characteristics of medicinal pumpkin (*Cucurbita pepo* L.). *Applied Research in Field Crops*, 31: 1- 20.