تحقیقات علوم زراعی در مناطق خشک/ جلد پنجم، شماره دوم، پاییز ۱۴۰۲، ص ۴۲۹-۴۴۶

مقاله پژوهشی

مطالعه تحمل فیزیولوژیکی چغندرقند به تنش خشکی با مصرف اسید سالیسیلیک

عباس ابهری[1*]، مجید سید آبادی[2]، منصوره کرمانی[1]

۱- گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

* مسئول مکاتبه: abbasabhari@pnu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۵/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱ /۰۹/۱۳ DOI: 10.22034/CSRAR.2023.356848.1268

چکیده

به منظور تأثیر مصرف اسید سالیسیلیک بر افزایش تحمل فیزیولوژیکی چغندرقند به تنش خشکی، آزمایشی به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل و در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در شهرستان جوین انجام شد. تیمارها شامل آبیاری کامل و تنش خشکی (۵۰ درصد آبیاری کامل)، و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک در سه سطح صفر، ۲/۵ و پنج میلی‌مولار روی رقم‌های ۰۳۴(شکوفا) و ۰۳۱(آریا) بود. نتایج نشان داد که مصرف اسید سالیسیلیک عملکرد ریشه و عملکرد قند ناخالص را افزایش و نیتروژن، سدیم و پتاسیم مضر (در شرایط تنش) را کاهش داد. اسید سالیسیلیک به عنوان یک ماده ضد تنش با تأثیر مثبت بر افزایش محتوای نسبی آب برگ و اسید آمینه پرولین و هم‌چنین کاهش درصد نشت الکترولیت برگ (در شرایط آبیاری کامل)، میزان عملکرد ریشه و عملکرد قند ناخالص (عیار) را در هر دو شرایط تنش خشکی و آبیاری کامل افزایش داد. عملکرد ریشه در شرایط آبیاری کامل با مصرف ۲/۵ و پنج میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در رقم ۰۳۴ از ۲۰/۷ (در شرایط عدم مصرف اسید سالیسیلیک) به ترتیب به ۲۲/۵ و ۲۷/۶ کیلو گرم بر متر مربع رسید. رقم ۰۳۱ در شرایط تنش خشکی و مصرف پنج میلی‌مولار اسید سالیسیلیک بیشترین عملکرد ریشه را تولید کرد در صورتی‌که رقم ۰۳۴ در شرایط آبیاری کامل و مصرف پنج میلی‌مولار اسید سالیسیلیک بیشترین عملکرد ریشه را تولید کرد.

واژه‌های کلیدی: عملکرد ریشه، عیار قند، نیتروژن، نشت الکترولیت

مقدمه

یکی از محصولات زراعی عمده و راهبردی چغندرقند است که سهم زیادی در تولید شکر جهانی دارد (Draycott, 2008). نیاز کشور به تولید شکر و تأمین ۷۰ درصد شکر از چغندرقند داخل کشور، اهمیت این محصول را به خوبی نشان می‌دهد. این محصول علاوه بر تولید قند و شکر، از طریق تأمین خوراک دام بخشی از نیازهای مردم را تأمین می‌کند. علاوه بر این از ملاس نیز که از فرآورده‌های جانبی چغندرقند هست در صنعت تولید الکل و داروسازی استفاده می‌شود (Sadrabadi Haghighi *et al.*, 2011). تجمع قند در چغندرقند تحت تأثیر عوامل محیطی صورت می‌گیرد. حرارت، نور، طول روز و رطوبت خاک تا حد زیادی تعیین‌کننده نحوه رشد و ذخیره قند در ریشه چغندرقند می‌باشد (Draycott, 2003).

اسید سالیسیلیک یک تنظیم‌کننده درونی رشد گیاه است که بر واکنش‌های متابولیکی و فیزیولوژیکی گسترده‌ای در رشد و توسعه گیاه تأثیر گذار است (Hayat *et al.*, 2010). نقش اسید سالسیلیک در ارتباط با سازوکارهای دفاعی در برابر عوامل تنش‌زای زیستی و غیر زیستی به خوبی مشخص شده است (Hayat, 2005). اسید سالیسیلیک یکی از مولکول‌های سیگنال‌دهنده مهم است که باعث عکس‌العمل گیاه در برابر تنش‌های محیطی می‌شود. این ماده همانند یک آنتی‌اکسیدانت غیر آنزیمی نقش مهمی را در تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیکی در گیاه ایفا می‌کند (Arfan *et al.*, 2007). این ترکیب شبه‌هورمونی یک ترکیب فنلی است که در گیاهان بوسیله سلول‌های ریشه تولید می‌شود و در مقادیر کم (میلی‌گرم بر گرم وزن تر یا کمتر) وجود دارد (Raskin, 1992). در تحقیقی پیش‌تیمار بذر لوبیا چشم بلبلی با اسید سالیسیلیک، میزان کلروفیل را افزایش داد و مشخص شد که گیاهان حاصل از بذرهای پیش‌تیمار شده با اسید سالیسیلیک از طریق افزایش محتوای نسبی آب، شدت تعرق، هدایت روزنه‌ای و شاخص کلروفیل برگ گیاه، توانستند سرعت فتوسنتز را در شرایط عادی و تنش بهبود بخشند (Pak Mehr *et al.*, 2015). یکی از پارامترهای فیزیولوژیکی پاسخ‌دهنده به کم‌آبی محتوای نسبی آب برگ است. مطابق با نتایج حاصل از یک تحقیق با افزایش

شدت کم‌آبی در ریحان محتوای رطوبت نسبی برگ کاسته شد و محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک سبب افزایش محتوای نسبی آب برگ شد (Zargerian *et al.*, 2016).

تمام تیمارهای محلول‌پاشی مواد ضد تنش اعم از اسید سالیسیلیک، تیوفول و گلیسین در غلظت‌های مختلف باعث افزایش در میزان صفات کیفی چغندرقند اعم از عملکرد ریشه، عیار قند و عملکرد شکر سفید شد (Kheirkhah *et al.*, 2016). افزایش قندهای محلول و نامحلول و کاهش آنزیم‌های اکسیدازی توسط اسید سالیسیلیک در مواجهه با تنش نشان‌دهنده تأثیر این ماده در آسیب‌های اکسایی می‌باشد (Ranjbar *et al.*, 2010). کاهش خسارت غشاء در اثر مصرف اسید سالیسیلیک با تولید آنتی‌اکسیدان در ارتباط می‌باشد و از این طریق اسید سالیسیلیک باعث افزایش پایداری غشاء در برابر تنش‌های اکسایشی می‌گردد (Ghoulam *et al.*, 2001).

تنش خشکی یکی از عوامل اصلی کاهش کمی و کیفی در گیاهان است. بر اساس نتایج یک تحقیق، تنش خشکی در دوره پرشدن دانه گندم تأثیر منفی بارزی بر عملکرد و اجزای آن و هم‌چنین محتوای نسبی آب برگ پرچم گذاشت و در مقابل، افزایش نشت یونی را باعث شد (Naghizadeh and Gholami Toran Poshti, 2015). افزایش در نشت الکترولیت در شرایط تنش خشکی در بسیاری از گونه‌های گیاهی گزارش شده است (Borsani *et al.*, 2001; Ghoulam *et al.*, 2001). در تحقیقی مشاهده شده است که تیمار سالسیلیک اسید، آنزیم‌های هیدرولیز کننده پلی ساکارید را مهار کرده و تشکیل پلی ساکاریدها از قندهای محلول را سرعت می‌بخشند. با این فرض، اسید سالسیلیک میزان قندهای غیرمحلول را نسبت به قندهای محلول افزایش می‌دهد (Borsanio and Botella, 2001). با اعمال تیمار تنش رطوبتی، کارایی مصرف آب گندم بر حسب عملکرد دانه کاهش یافت (Ezzat Ahmadi *et al.*, 2010). به طور کلی، افزایش کمبود آب در شرایط زراعی سبب افزایش راندمان مصرف آب می‌شود و در شرایط کمبود آب، گیاه در مقایسه با شرایط رطوبتی مطلوب، نسبت به میزان آب مصرف‌شده محصول بیشتری تولید می‌کند (Shabiri *et al.*, 2006). مقایسه دو راهبرد کم آبیاری و آبیاری کامل روی رقم‌های سویا نشان داده است که اگر تولید کننده از روش کم آبیاری استفاده کند، در مصرف آب صرفه جویی شده و با افزایش سطح زیر کشت، تولید کل افزایش می‌یابد (Kiani, 2010).

تنش خشکی بر فعالیت‌های فیزیولوژیکی گیاه تأثیر گذاشته و از رشد و تقسیم سلولی ممانعت می‌کند و سبب کاهش عملکرد به صورت کمی و کیفی در گیاهان می‌شود. تنش خشکی از طریق افزایش نشت الکترولیت از غشاءهای سلولی، کاهش محتوای نسبی آب برگ و افزایش نیتروژن مضر باعث کاهش استحصال قند و عملکرد قند در واحد سطح می‌شود. مواد ضد تنش با تأثیر مثبت بر افزایش محتوای نسبی آب برگ و پرولین و هم‌چنین کاهش درصد نشت الکترولیت مواد از سلول‌ها باعث تعدیل تنش و افزایش عملکرد در گیاهان می‌شوند؛ لذا هدف از انجام این تحقیق بررسی امکان تعدیل اثرات منفی تنش خشکی در ارقام چغندرقند تحت تأثیر محلول‌پاشی اسید سالیسلیک در دورهای مختلف آبیاری بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵، در مزرعه شخصی در شهرستان جوین، روستای خرم آباد با طول جغرافیایی ۵۷ درجه و ۲۵ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۴۲ دقیقه شمالی و ارتفاع متوسط ۱۱۰۰ متر از سطح دریا اجرا شد.

آزمایش به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل و در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتورهای مورد بررسی شامل تیمار آبیاری در دو سطح آبیاری کامل (هر هشت روز یک‌بار ۱۳۰ لیتر در متر مربع) و تنش (۵۰٪ آبیاری کامل) و تیمار اسید سالیسلیک در سه سطح صفر (عدم محلول‌پاشی)، محلول‌پاشی با غلظت‌های ۲/۵ و پنج میلی‌مولار در لیتر در مراحل رشدی ۱۶-۱۴ برگی در کرت‌های مورد نظر انجام شد (Abhari *et al.*, 2019). در این مرحله هم قابلیت جذب بالاست و هم شروع ذخیره‌سازی مواد در ریشه هست بنابراین تیمارها در این مرحله اجرا شد (Khajepoor, 2004).

هر کرت شامل شش ردیف کاشت به طول سه متر، با فاصله بین ردیف ۵۰ و فاصله روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر بود. رقم‌های چغندر مورد استفاده در این تحقیق، رقم‌های ۰۳۴ (شکوفا) و ۰۳۱ (آریا) بودند. در پاییز، جهت تهیهٔ بستر کاشت، نسبت به شخم عمیق با گاو آهن برگردان‌دار زمین اقدام شد. در بهار سال

بعد، عملیات نهایی آماده‌سازی زمین که شامل شخم سبک با چیزل، دیسک و تسطیح بود، انجام شد.

قبل از اجرای آزمایش، از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک مزرعه نمونه‌برداری به عمل آمد و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک تعیین گردید. براساس نتایج تجزیه خاک، مقدار توصیه شده فسفر به صورت کود سوپر فسفات تریپل (۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) و پتاسیم به صورت کود سولفات پتاسیم (۱۵۰ کیلوگرم درهکتار) به خاک اضافه و با آن مخلوط شد. نیتروژن توصیه شده نیز به صورت کود اوره (۲۵۰ کیلوگرم در هکتار) و در سه مرحله، یک‌سوم هم‌زمان با کاشت و دو سوم باقی‌مانده به صورت سرک در طی دوره رشد (در مرحله هشت و ۱۶ برگی) محصول مورد استفاده قرار گرفت.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری محل انجام آزمایش

Table 1- Physical and chemical characteristics of the soil at a depth of 0-30 cm at the test location

فسفر قابل جذب P(ppm)	پتاسیم قابل جذب K(ppm)	نیتروژن N (%)	کربن آلی Organic carbon(%)	بافت Texture	هدایت الکتریکی Electrical conductivity(dS/m)	PH
3.2	236	0.85	0.407	لوم –رسی-سیلتی loam-clay-silty	2.6	8.3

برای اندازه‌گیری محتوای آب نسبی از روش اسمارت و بینگهام (Smart and Bingham, 1974) و برای تعیین درصد نشت الکترولیت، از روش والنتوویک و همکاران (Valentovic *et al.*, 2006) استفاده شد. در هنگام رسیدگی و زمان برداشت محصول چغندرقند در منطقه پس از حذف اثر حاشیه‌ای، یک متر مربع از محصول هر کرت به صورت کاملاً تصادفی برداشت و پس از جدا کردن طوقه و لندام هوائی، نسبت به محاسبه عملکرد ریشه بر حسب کیلوگرم اقدام شد.

جهت بررسی خصوصیات کیفی ریشه، نمونه‌های ریشه ابتدا به طور کامل شسته شده و پس از توزین، از آن‌ها خمیر تهیه و در ظروف مخصوص تحت شرایط انجماد نگهداری شد. برای تجزیه کیفی هر نمونه خمیر، آن را در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده و پس از خارج شدن از حالت انجماد، از هر نمونه، ۲۶ گرم خمیر با ۱۷۷ میلی‌لیتر سواستات سرب در همزن ریخته و به مدت زمان سه دقیقه مخلوط گردید. پس از انتقال مخلوط به قیف صافی، شربت زلالی حاصل گردید که برای اندازه‌گیری خصوصیات کیفی مورد استفاده قرار گرفت.

در شربت حاصله، درصد قند به روش پلاریمتری و توسط دستگاه ساکاریمتر (مدل 361 CL Elico)، سدیم و پتاسیم به روش فیلم فتومتری (مدل PFP7) و نیتروژن مضره به روش عدد آبی و با استفاده از دستگاه بتالایزر اندازه‌گیری شد (Saeed Abadi *et al.*, 2021). با توجه به غلظت ناخالصی‌های پتاسیم (K)، سدیم (Na) و نیتروژن مضره (N)، ضریب قلیائیت یا آلکالیته (ALK) برای هر نمونه بر مبنای رابطه ۱ محاسبه گردید (Gooding *et al.*, 2003).

$$AlK = (K+Na)/N \quad (۱)$$

با توجه به غلظت ناخالصی‌های موجود، مقدار شکر سفید (قند قابل استحصال یا درصد قند خالص) بر حسب گرم شکر در ۱۰۰ گرم چغندرقند و درصد قند ملاس بر حسب گرم در ۱۰۰ گرم چغندرقند و عملکرد شکر سفید (عملکرد قند) بر حسب تن در هکتار بر مبنای روابط ۲، ۳ و ۴ محاسبه شد.

درصد قند خالص (قند قابل استحصال) = درصد قند ناخالص - (درصد قند ملاس - ۰/۶) (۲)

ضایعات شکر کارخانه قند، معادل ۰/۶ در نظر گرفته شد. مقدار قند ملاس، بر اساس مقدار پتاسیم، سدیم و نیتروژن مضره بر اساس فرمول تجربی زیر برآورد شد (Draycott, 2008).

$$\text{قند ملاس} = 0.12\,(k + Na) + 0.24\,N + 0.48 \quad (۳)$$

$$\text{عملکرد ریشه} \times \text{درصد قند خالص} = \text{عملکرد قند (شکر سفید)} \quad (۴)$$

آنالیز داده‌ها با نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۱ و مقایسه

میانگین‌ها به روش LSD (حداقل اختلاف معنی‌دار) در سطح آماری ۵٪ صورت گرفت.

نتایج و بحث

جدول تجزیه واریانس نشان داد که برای صفات درصد نیتروژن، سدیم، پتاسیم، عملکرد ریشه، قند ناخالص، عملکرد قند، محتوای نسبی آب برگ، پرولین و نشت الکترولیت اثرات آبیاری، رقم، اسید سالیسیلیک و اثرات متقابل آبیاری در رقم، آبیاری در اسید سالسیلیک، رقم در اسید سالیسیلیک و آبیاری در رقم در اسید سالیسیلیک در سطح یک درصد معنی‌دار شد؛ بنابراین با توجه به معنی‌دار شدن اثرات متقابل برش‌دهی صورت گرفت و رقم‌ها در مقادیر اسید سالیسیلیک در هر یک از شرایط آبیاری کامل و پنجاه درصد آبیاری (تنش خشکی) کامل بصورت جداگانه مقایسه میانگین شد (جدول ۲).

درصد نیتروژن

نتایج تجزیه واریانس برای درصد نیتروژن نشان داد که اثرات آبیاری، رقم، اسید سالیسیلیک و اثرات متقابل آبیاری در رقم، آبیاری در اسید سالسیلیک، رقم در اسید سالیسیلیک و آبیاری در رقم در اسید سالیسیلیک در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). شرایط آبیاری باعث کاهش مقدار نیتروژن مضر شد (جدول ۵). مقدار نیتروژن مضر در شرایط تنش با مصرف اسید سالیسیلیک کاهش یافت ولی در شرایط آبیاری کامل با مصرف ۲/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک افزایش یافت (جدول‌های ۶ و ۷). در شرایط تنش خشکی مقدار نیتروژن مضر در رقم ۰۳۱ با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک کاهش یافت ولی در رقم ۰۳۴ با مصرف ۲/۵ میلی‌مول بر لیتر کاهش یافت ولی با مصرف پنج میلی‌مول بر لیتر مقدار نیتروژن مضر را افزایش داد (شکل‌های ۱ و ۲).

در شرایط تنش خشکی و عدم مصرف اسید سالیسیلیک رقم ۰۳۴ با ۳/۲۶ درصد کمترین نیتروژن را داشت. در شرایط مصرف ۲/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و شرایط تنش خشکی رقم ۰۳۴ با ۲/۳ کمترین درصد نیتروژن را داشت. کمترین مقدار نیتروژن در شرایط تنش خشکی و مصرف ۵ میلی‌مولار مربوط به رقم ۰۳۱ با ۲/۵ درصد نیتروژن بود (جدول ۳). در شرایط آبیاری کامل، مصرف ۲/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک باعث افزایش ۱/۷۶ درصدی نیتروژن در رقم ۰۳۱و مصرف پنج میلی‌مولار اسید سالیسیلیک باعث افزایش ۰/۷۶ درصدی نیتروژن در رقم ۰۳۴ شد.

در مطالعه‌ای تأثیر مواد ضد تنش (اسید سالیسیلیک، تیوفول و گلیسین) بر عملکرد چغندرقند در شرایط تنش خشکی بعد از سبز شدن بررسی شد و نشان داد این مواد باعث کاهش نیتروژن مضر شد (Kheirkhah *et al.*, 2016). به نظر می‌رسد مواد ضد تنش به افزایش تبدیل شدن نیتروژن آزاد به اسید آمینه و پروتئن کمک می‌کنند. بدین ترتیب فشار اسمزی گیاه منفی‌تر شده و آب بیشتری توسط گیاه جذب می‌شود که این امر منجر به افزایش تحمل گیاه در برابر خشکی و هم‌چنین کاهش نیتروژن مضر در انتهای رشد می‌شود (Borsanio and Botella, 2001).

درصد سدیم

نتایج تجزیه واریانس برای درصد سدیم نشان داد که اثرات آبیاری، رقم، اسید سالیسیلیک و اثرات متقابل آبیاری در رقم، آبیاری در اسید سالسیلیک، رقم در اسید سالیسیلیک و آبیاری در رقم در اسید سالیسیلیک در سطح یک درصد معنی‌دار شد. (جدول ۲). درصد سدیم در شرایط آبیاری با تنش تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۵). درصد سدیم در شرایط تنش با مصرف اسید سالیسیلیک ابتدا کاهش و سپس افزایش یافت، ولی در شرایط آبیاری کامل با مصرف اسید سالیسیلیک روند کاهشی داشت (جدول‌های ۶ و ۷). در شرایط تنش خشکی با افزایش مصرف مقادیر اسید سالیسیلیک درصد سدیم در رقم ۰۳۱ کاهش یافت ولی در رقم ۰۳۴ افزایش یافت. در پژوهشی آمده است که سدیم یکی از املاح معدنی محلول در ریشه چغندرقند است که از طریق ممانعت از بلوری شدن ساکارز در فرایند استخراج قند ایجاد اختلال کرده و با افزایش درصد قند ملاس باعث افزایش ضایعات قندی و کاهش درصد قند قابل استحصال شد (Bayat, 1995).

درصد پتاسیم

نتایج تجزیه واریانس برای درصد پتاسیم نشان داد که اثرات آبیاری، رقم، اسید سالیسیلیک و اثرات متقابل آبیاری در رقم، آبیاری در اسید سالسیلیک، رقم در اسید سالیسیلیک و آبیاری

در رقم در اسید سالیسیلیک در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). درصد پتاسیم در شرایط آبیاری با تنش تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۵). پتاسیم در شرایط تنش با مصرف اسید سالیسیلیک کاهش یافت ولی در شرایط آبیاری کامل با مصرف ۲/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک افزایش یافت (جدول‌های ۶ و ۷). در شرایط تنش خشکی با افزایش مصرف مقادیر اسید سالیسیلیک (صفر، ۲/۵ و پنج میلی‌مولار بر لیتر) درصد پتاسیم در هر دو رقم ۰۳۱ و ۰۳۴ کاهش یافت، ولی در شرایط آبیاری کامل از روند خاصی پیروی نکرد (جدول‌های ۳ و ۴ و شکل ۱). پتاسیم نقش مهمی در تنظیم پتانسیل سلول‌های گیاهی دارد که نقش تعیین‌کننده‌ای در جذب آب ایفا می‌کند و هم‌چنین فعال‌کننده بسیاری از آنزیم‌های دخیل در فتوسنتز و تنفس می‌باشد. با این وجود زیادی آن استحصال قند را با مشکل مواجه می‌کند (Yadollahi *et al.*, 2021).

عملکرد ریشه

نتایج تجزیه واریانس عملکرد ریشه نشان داد که اثرات آبیاری، رقم، اسید سالیسیلیک و اثرات متقابل آبیاری در رقم، آبیاری در اسید سالسیلیک، رقم در اسید سالیسیلیک و آبیاری در رقم در اسید سالیسیلیک در سطح یک درصد معنی‌دار شد. بنابراین با توجه به معنی‌دار شدن اثرات متقابل برش‌دهی صورت گرفت و رقم‌ها در مقادیر اسید سالیسیلیک در هر یک از شرایط آبیاری کامل و پنجاه درصد آبیاری (تنش خشکی) کامل به‌صورت جداگانه مقایسه میانگین محاسبه شد (جدول ۲).

تنش خشکی عملکرد را کاهش داد ولی مصرف اسید سالیسیلیک باعث افزایش عملکرد تیمارها در شرایط تنش به نسبت تیمار شاهد شد. رقم ۰۳۱ با مصرف ۵ میلی‌مولار اسید سالیسیک بیشترین مقدار عملکرد ریشه (۱۶/۵۹ کیلوگرم بر متر مربع) را تولید کرد. در شرایط آبیاری کامل هم با افزایش مقادیر اسید سالیسیلیک عملکرد افزایش یافت (جدول‌های ۵، ۶ و ۷).

طبق نتایج مقایسه میانگین برای صفت عملکرد ریشه در شرایط تنش خشکی و عدم مصرف اسید سالیسیلیک رقم ۰۳۱ با ۱۵/۶ کیلوگرم بر متر مربع بیشترین مقدار و رقم ۰۳۴ با ۹/۶ کیلوگرم بر متر مربع کمترین مقدار را دارا بود. در شرایط تنش و مصرف ۲/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک رقم ۰۳۱ با ۱۶/۵ کیلوگرم بر متر مربع بیشترین مقدار عملکرد ریشه را داشت و در شرایط تنش خشکی و مصرف ۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک رقم ۰۳۱ با ۱۶/۵ کیلوگرم بر متر مربع بیشترین مقدار عملکرد ریشه را دارا بود (جدول ۳). آبیاری کامل و عدم مصرف اسید سالیسیلیک باعث شد رقم ۰۳۱ با ۱۶/۷۵ کیلو گرم بر متر مربع کمترین عملکرد ریشه را تولید کند و در شرایط مصرف ۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و آبیاری کامل رقم ۰۳۴ با ۲۷/۳ کیلو گرم بر متر مربع دارای بیشترین مقدار عملکرد ریشه بود. در مجموع نتایج نشان داد که در شرایط خشکی و محلول‌پاشی غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک، به لحاظ عملکرد رقم ۰۳۱ بهتر از ۰۳۴ بود این در صورتی بود که در شرایط آبیاری کامل رقم ۰۳۴ بیشترین عملکرد را تولید کرد.

افزایش عملکرد با مصرف اسید سالیسیلیک توسط محققان گزارش شده است (Vahabi *et al.*, 2017; Yun-Xia *et al.*, 2010). در تحقیقی با مصرف اسید سالیسیلیک در شرایط دیم، عملکرد رقم‌های گندم نسبت به شاهد ۱۰ درصد افزایش یافت (Sajedi and Gholinezhad, 2012). هم‌چنین در گزارشی در مورد سورگوم بیان شد که در شرایط تنش خشکی مصرف اسید سالیسیلیک باعث افزایش رشد ریشه و ارتفاع گیاه شد (Draycott and Christenson, 2003). محلول‌پاشی چغندرقند با مولد ضد تنش سیلیکون و پرولین توانست کاهش عملکرد در نتیجه تنش خشکی را از طریق افزایش محتوای نسبی آب برگ، کاهش نشت الکترولیت و افزایش پرولین برگ جبران نماید (Muneera *et al.*, 2021). نتایج به دست آمده از آزمایشی نشان داد تمام تیمارهای محلول‌پاشی مواد ضد تنش اعم از اسید سالیسیلیک، تیوفول و گلیسین در غلظت‌های مختلف باعث افزایش در میزان صفات کیفی چغندرقند اعم از عملکرد ریشه، عیار قند و عملکرد شکر سفید شد (Kheirkhah *et al.*, 2016). اسید سالیسیلیک موجب تعدیل تنش خشکی از طریق کاهش نشت یونی، افزایش غلظت پرولین، افزایش شاخص کلروفیل و در نتیجه بهبود عملکرد دانه گندم در شرایط قطع آبیاری گردید (Abhari *et al.*, 2019).

در این مطالعه هم تنش خشکی باعث کاهش عملکرد شد و این کاهش عملکرد هم به لحاظ کیفی و هم به لحاظ کمی بود. تنش خشکی از طریق افزایش نشت الکترولیت از غشای سلولی، کاهش محتوای نسبی آب برگ و افزایش نیتروژن مضر باعث

کاهش عملکرد قند و عملکرد ریشه در چغندرقند شد. با این وجود مصرف مقادیر اسید سالیسیلیک توانست بخشی از این کاهش عملکرد را از طریق افزایش پرولین (در رقم ۰۳۴) و منفی شدن پتانسیل اسمزی، افزایش محتوای نسبی آب برگ و کاهش نیتروژن مضر جبران نماید و باعث افزایش عملکرد قند و عملکرد ریشه در چغندرقند شد (جدول ۵).

درصد قند ناخالص (عیار)

نتایج تجزیه واریانس درصد قند ناخالص نشان داد که اثرات رقم، اسید سالیسیلیک و اثرات متقابل آبیاری در رقم، آبیاری در اسید سالسیلیک، رقم در اسید سالیسیلیک و آبیاری در رقم در اسید سالیسیلیک در سطح یک درصد معنی‌دار شد. (جدول ۲). رقم ۰۳۱ با مصرف ۲/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در شرایط آبیاری کامل بیشترین درصد قند ناخالص را تولید کرد. نتایج مقایسه میانگین درصد قند ناخالص نشان داد که بین تنش و آبیاری کامل تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۵). در شرایط تنش درصد قند ناخالص روند افزایشی داشت، ولی در شرایط آبیاری کامل درصد قند ناخالص کاهش یافت که با مصرف پنج به نسبت ۲/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک افزایش یافت (جدول‌های ۶ و ۷).

در آزمایشی تمام تیمارهای محلول‌پاشی مواد ضد تنش اعم از اسید سالیسیلیک، تیوفول و گلیسین در غلظت‌های مختلف باعث افزایش عیار قند و عملکرد شکر سفید در چغندرقند شد (Kheirkhah *et al*., 2016). در مطالعه حاضر هم در شرایط تنش و مصرف ۲/۵ میلی‌مولار سالسیلیک اسید عیار قند در رقم ۰۳۴ با ۲۰/۵۱ درصد بیشترین مقدار را دارا بود. در هر دو شرایط تنش و آبیاری کامل مصرف مقادیر مختلف اسید سالسیلیک درصد قند ناخالص را افزایش داد و این افزایش در محدوده صفر تا پنج میلی‌مولار اسید سالیسیلیک به‌صورت خطی بود (جدول‌های ۳ و ۴ و شکل‌های ۳ و ۴).

محتوای نسبی آب برگ

نتایج تجزیه واریانس محتوای نسبی آب برگ نشان داد که اثرات آبیاری، رقم، اسید سالیسیلیک و اثرات متقابل آبیاری در رقم، آبیاری در اسید سالسیلیک، رقم در اسید سالیسیلیک و آبیاری در رقم در اسید سالیسیلیک در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که محتوای نسبی آب برگ در شرایط آبیاری کامل نسبت به شرایط تنش افزایش یافت (جدول ۵). در شرایط آبیاری کامل محتوای نسبی آب برگ با مصرف ۲/۵ و پنج میلی‌مولار اسید سالیسیلیک نسبت به شاهد افزایش داشت (جدول‌های ۶ و ۷). در شرایط تنش خشکی نیز مصرف ۲/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک باعث افزایش محتوای نسبی آب برگ شد (جدول ۶). درصد محتوای نسبی آب برگ در رقم ۰۳۴ در شرایط تنش خشکی و مصرف ۲/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک افزایش یافت، ولی در شرایط آبیاری کامل از روند خاصی پیروی نکرد (جدول ۳).

گزارش شده که پیش‌تیمار بذر لوبیا چشم بلبلی با اسید سالیسیلیک باعث افزایش محتوای نسبی آب برگ گیاه در شرایط تنش خشکی در مقایسه با شرایط بدون تنش گردید (Pak Mehr *et al*., 2015). در گزارشی در مورد سورگوم آمده است که در شرایط تنش خشکی، رشد بخش هوایی و ریشه گیاه تحت تأثیر اسید سالیسیلیک افزایش قابل ملاحظه‌ای را نشان داده است (Draycott and Christenson, 2003). این امر می‌تواند باعث افزایش توان جذب آب توسط ریشه و در نتیجه افزایش محتوای نسبی آب گیاهان شود (Pak Mehr *et al*., 2015).

پرولین

نتایج تجزیه واریانس پرولین نشان داد که اثرات آبیاری، رقم، اسید سالیسیلیک و اثرات متقابل آبیاری در رقم، آبیاری در اسید سالسیلیک، رقم در اسید سالیسیلیک و آبیاری در رقم در اسید سالیسیلیک در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). شرایط آبیاری کامل میزان پرولین (میلی‌مول بر کیلوگرم وزن برگ) را به نسبت شرایط تنش افزایش داد. مصرف اسید سالیسیلیک با غلظت پنج میلی‌مولار باعث افزایش میزان پرولین شد (جدول‌های ۶ و ۷).

در هر دو شرایط تنش خشکی و آبیاری کامل، میزان پرولین (میلی‌مول بر کیلوگرم وزن برگ) در رقم ۰۳۴ با افزایش مقادیر اسید سالیسیلیک افزایش یافت ولی در رقم ۰۳۱ از روند خاصی پیروی نکرد (جدول‌های ۳ و ۴ و شکل ۵). در مطالعه‌ای روی چغندرقند محلول‌پاشی با مواد ضد تنش باعث افزایش پرولین برگ شد و توانست کاهش عملکرد در نتیجه تنش

خشکی را جبران نماید (Muneera *et al*., 2021).

درصد نشت الکترولیت

نتایج تجزیه واریانس درصد نشت الکترولیت نشان داد که اثرات آبیاری، رقم، اسید سالیسیلیک و اثرات متقابل آبیاری در رقم، آبیاری در اسید سالسیلیک، رقم در اسید سالیسیلیک و آبیاری در رقم در اسید سالیسیلیک در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). درصد نشت الکترولیت در شرایط تنش خشکی ۱۰۹/۵ درصد بیشتر از شرایط آبیاری کامل بود. با افزایش مصرف اسید سالیسیلیک درصد نشت الکترولیت کاهش یافت (جدول‌های ۶ و ۷). با مصرف مقادیر مختلف اسید سالیسیلیک درصد نشت الکترولیت در شرایط تنش خشکی و آبیاری کامل برای هر دو رقم کاهش یافت که البته مقادیر نشت الکترولیت در رقم ۰۳۴ کمتر از رقم ۰۳۱ بود. هم‌چنین شیب کاهش با مصرف ۲/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک بیشتر از غلظت پنج میلی‌مولار بود (جدول‌های ۳ و ۴ و شکل‌های ۶ و ۷). در مطالعه‌ای روی چغندرقند مشخص شد که مصرف مواد ضد تنش توانست با کاهش نشت الکترولیت برگ، کاهش عملکرد حاصل از تنش خشکی را جبران کند (Muneera *et al*., 2021).

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده

Table 2- Variance analysis of the measured traits

منابع تغیرات SOV	درجه آزادی Df	میانگین مربعات Mean square				
		نیتروژن Nitrogen	سدیم Sodium	پتاسیم Potassium	عملکرد Yield	قند ناخالص Impure sugar
تکرار Replication	2	0.006^{ns}	0.24^{ns}	0.02^{ns}	0.05^{ns}	0.31^{ns}
آبیاری Irrigation	1	0.61**	11.3**	0.07**	519.07**	0.005^{ns}
خطا(Ea) Error a	2	0.001^{ns}	0.006^{ns}	0.002^{ns}	0.01^{ns}	0.001^{ns}
رقم Cultivar	1	3.1**	7.09**	3.69**	15.06**	0.37**
آبیاری*رقم Irrigation*Cultivar	5	10.7**	9.7**	2.32**	51.7**	19.5**
خطا(Eb) Error b	4	0.002^{ns}	0.13^{ns}	0.016^{ns}	0.008^{ns}	0.009^{ns}
اسید سالیسیلیک Salicylic acid	2	3.2**	2.5**	0.79**	53.7**	9.54**
آبیاری*اسید سالیسیلیک Salicylic acid*Irrigation	2	4.1**	5.1**	7.14**	2.62**	9**
رقم*اسید سالیسیلیک Salicylic acid*Cultivar	2	1.73**	1.9**	1.64**	9.7**	2.9**
آبیاری*رقم*اسید سالیسیلیک Irrigation*Cultivar*Salicylic acid	2	1.32**	1.3**	1.25**	16.06**	2.74**
خطا(Ec) Error c	16	0.004^{ns}	0.13^{ns}	0.022^{ns}	0.004^{ns}	0.001^{ns}
CV	-	8.3	11.7	2.33	16.2	11.1

*و ** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ و ۰/۰۱ و غیر معنی‌دار می‌باشد.

*.and ** and Ns are significant at the level of 0.05 and 0.01 and non-significant, respectively.

ادامه جدول ۲- تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده

Continued table 2- Variance analysis of the measured traits

منابع تغیرات SOV	درجه آزادی Df	میانگین مربعات Mean square			
		عملکرد قند ناخالص Impure sugar yield	محتوای نسبی برگ Relative leaf content	پرولین Proline	نشت الکترولیت Electrolyte leakage
تکرار Replication	2	0.3^{ns}	0.03^{ns}	0.04^{ns}	0.009^{ns}
آبیاری Irrigation	1	511**	18426**	286838.9**	6822.05**
خطا(Ea) Error a	2	0.01^{ns}	0.01^{ns}	0.004^{ns}	0.05^{ns}
رقم Cultivar	1	14.1**	82.04**	6962.3**	20203.3**
آبیاری*رقم Irrigation*Cultivar	5	44.4**	132.4**	5911.09**	8084.16**
خطا(Eb) Error b	4	0.15^{ns}	0.053^{ns}	0.026^{ns}	0.021^{ns}
اسید سالیسیلیک Salicylic acid	2	47.58**	78.5**	8609.5**	1685.7**
آبیاری*اسید سالیسیلیک Salicylic acid*Irrigation	2	3.1**	23.7**	6151.5**	7656.6**
رقم*اسید سالیسیلیک Salicylic acid*Cultivar	2	10.54**	117.3**	684.8**	13223.4**
آبیاری*رقم*اسید سالیسیلیک Irrigation*Cultivar*Salicylic acid	2	15.61**	106.7**	3098.89**	3519.2**
خطا(Ec) Error c	16	0.035^{ns}	0.028^{ns}	0.041^{ns}	0.038^{ns}
CV	-	4.7	12.8	10.4	14.7

*و ** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ و ۰/۰۱ و غیر معنی‌دار می‌باشد.

*.and ** and Ns are significant at the level of 0.05 and 0.01 and non-significant, respectively.

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات برای هر رقم در هر سطح از اسید سالیسیلیک در شرایط تنش خشکی (۵۰ درصد آبیاری کامل)

Table 3- Comparison of average traits for each cultivar at each level of salicylic acid under drought stress conditions (50% full irrigation)

اسید سالیسیلیک Salicylic acid (mM)	رقم Cultivar	نیتروژن Nitrogen (%)	سدیم Sodium (%)	پتاسیم Potassium (%)	عملکرد Yield (kg/m2)	قند ناخالص Impure sugar (%)	عملکرد قند ناخالص Impure sugar yield (kg/m2)	محتوای نسبی برگ Relative leaf content (%)	پرولین Proline (mmol/kg leaf weight)	نشت الکترولیت Electrolyte leakage (%)
0	031	4.70a	4.41a	6.3a	15.6c	19.9c	3.10c	39.96a	172.76a	149.2a
	034	3.26b	2.72b	5.86b	9.62e	19.01d	2.11e	28.46e	106.86f	122.1c
2.5	031	3.03c	3.43a	5.57d	16.5b	19.9c	3.26b	35.7c	161.6b	129.4b
	034	2.36e	3.2ab	5.61c	12.32d	20.51b	2.52d	36.8b	134.7d	68d
5	031	2.5d	3.2ab	4.97f	16.59a	20.91a	3.47a	30.25d	122.6e	122.6c
	034	3.17b	4.14a	5.5e	16.51b	20.96a	3.46a	27.2f	147.21c	65.76e
	LSD	0.11	1.3	0.93	0.13	0.25	0.04	0.27	3.25	2.93

اعداد دارای حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

Numbers with common letters in each column do not have significant differences

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات برای هر رقم در هر سطح از اسید سالیسیلیک در شرایط آبیاری کامل

Table 4- Comparison of average traits for each cultivar at each level of salicylic acid under full irrigation conditions

اسید سالیسیلیک Salicylic acid (mM)	رقم Cultivar	نیتروژن Nitrogen (%)	سدیم Sodium (%)	پتاسیم Potassium (%)	عملکرد Yield (kg/m2)	قند ناخالص Impure sugar (%)	عملکرد قند ناخالص Impure sugar yield(kg/m2)	محتوای نسبی برگ Relative leaf content (%)	پرولین Proline (mmol/kg)	نشت الکترولیت Electrolyte leakage(%)
0	031	3.29e	1.64b	3.97e	16.76c	22.76a	3.81e	58.2b	312.6a	206.4a
	034	3.96d	3.8a	5.11c	20.74c	19.25d	3.99d	70.4a	253.7d	91.5c
2.5	031	5.05a	1.48b	5.96b	18.3d	20.45c	3.74f	58.1b	283.2b	98.1b
	034	4.18c	3.4a	7.34a	22.54b	18.1f	4.09c	57.55b	267.5c	57.5d
5	031	3.98d	1.25b	4.34d	18.4d	22.4b	4.14b	55.36c	178.1e	56.1d
	034	4.7b	3. 2a	5.98b	27.3a	18.27e	5.05a	57.5b	272.07c	52.53e
	LSD	0.11	1.01	0.43	0.19	0.12	0.04	0.28	5.51	4.2.21

اعداد دارای حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

Numbers with common letters in each column do not have significant differences

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات در شرایط تنش خشکی (۵۰ درصد آبیاری کامل) با آبیاری کامل برای میانگین رقم‌ها

Table 5- Comparison of the average traits in drought stress conditions (50% of full irrigation) with full irrigation for the average cultivars

تیمار آبیاری Irrigation treatment	نیتروژن Nitrogen (%)	سدیم Sodium (%)	پتاسیم Potassium (%)	عملکرد Yield (kg/m2)	قند ناخالص Impure sugar (%)	عملکرد قند ناخالص Impure sugar yield(kg/m2)	محتوای نسبی برگ Relative leaf content (%)	پرولین Proline (mmol/kg)	نشت الکترولیت Electrolyte leakage(%)
تنش خشکی (۵۰ درصد آبیاری کامل) Drought Stress (50% of full irrigation)	3.41a	3.51a	5.49a	14.6b	20.2a	3.11b	33b	140.5b	109.5a
آبیاری کامل Full Irrigation	2.93b	3.41a	5.45a	20.65a	20.1a	4.13a	59.5a	260a	93.68b
Lsd	0.7	0.32	0.28	0.93	0.12	0.11	1.2	20.1	5.3

اعداد دارای حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

Numbers with common letters in each column do not have significant differences

جدول ۶- مقایسه میانگین صفات در هر سطح از اسید سالیسیلیک در شرایط تنش خشکی (۵۰ درصد آبیاری کامل) برای میانگین رقم‌ها

Table 6- Comparison of average traits at each level of salicylic acid under drought stress conditions (50% of full irrigation) for average cultivars

اسید سالیسیلیک Salicylic acid (mM)	نیتروژن Nitrogen (%)	سدیم Sodium (%)	پتاسیم Potassium (%)	عملکرد Yield (kg/m2)	قند ناخالص Impure sugar (%)	عملکرد قند ناخالص Impure sugar yield(kg/m2)	محتوای نسبی برگ Relative leaf content (%)	پرولین Proline (mmol/kg)	نشت الکترولیت Electrolyte leakage(%)
0	3.98a	3.56b	6.08a	12.61c	19.455c	2.6c	34.21b	139.81b	135.65a
2.5	3.19b	3.31c	5.59b	14.41b	20.205a	2.89b	36.25a	148.15a	98.7b
5	2.83c	3.67a	5.23c	16.55a	20.935a	3.46a	28.72c	134.90c	93.85c
LSD	0.11	0.09	0.07	0.18	0.45	0.10	1.1	2.5	1.12

اعداد دارای حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

Numbers with common letters in each column do not have significant differences

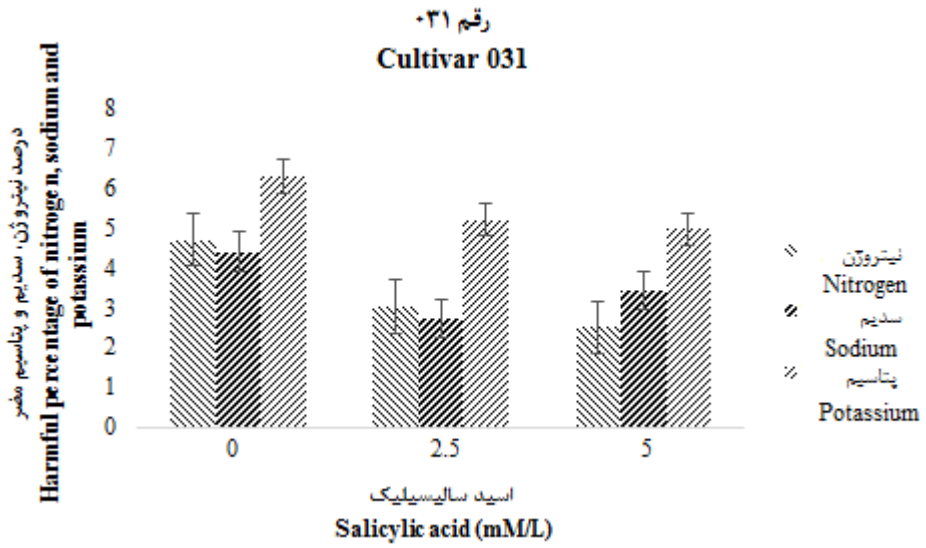
جدول ۷- مقایسه میانگین صفات در هر سطح از اسید سالیسیلیک در شرایط آبیاری کامل برای میانگین رقم‌ها

Table 7- Comparison of average traits at each level of salicylic acid in full irrigation conditions for the average cultivars

اسید سالیسیلیک Salicylic acid (mM)	نیتروژن Nitrogen (%)	سدیم Sodium (%)	پتاسیم Potassium (%)	عملکرد Yield (kg/m2)	قند ناخالص Impure sugar (%)	عملکرد قند ناخالص Impure sugar yield(kg/m2)	محتوای نسبی برگ Relative leaf content (%)	پرولین Proline (mmol/kg)	نشت الکترولیت Electrolyte leakage (%)
0	3.625c	2.72a	4.54c	18.75c	21.0a	3.9b	64.3a	283.15b	148.9a
2.5	4.615a	2.44b	6.65a	20.42b	19.27c	3.91b	57.82b	275.35c	77.8b
5	4.34b	2.22c	5.16b	22.85a	20.33b	4.59a	56.43c	375.08a	54.3b
LSD	0.09	0.15	0.17	0.21	0.20	0.1	0.24	10.2	15.02

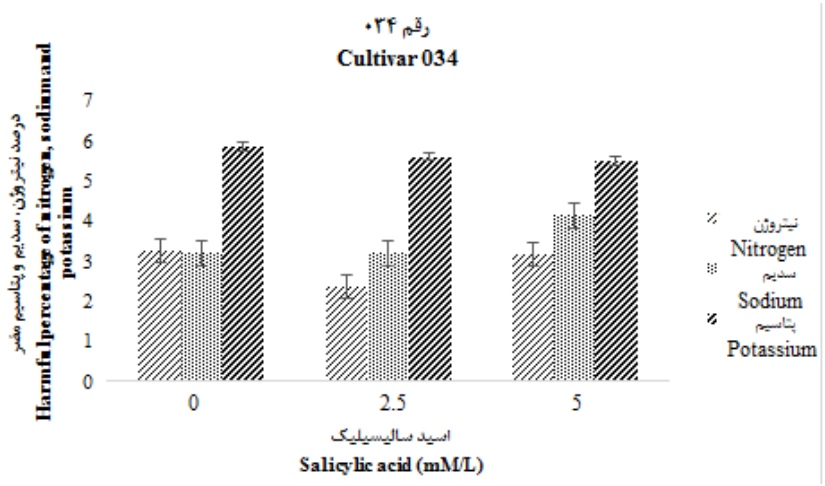
اعداد دارای حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

Numbers with common letters in each column do not have significant differences



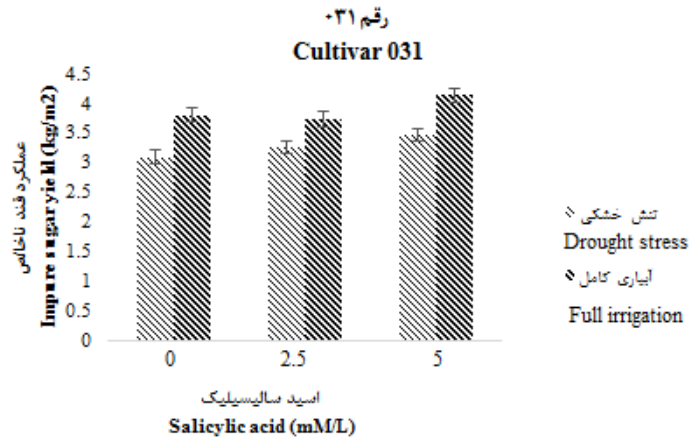
شکل ۱- روابط بین نیتروژن، سدیم و پتاسیم مضر و مقادیر مختلف اسید سالیسیلیک در رقم ۰۳۱ چغندرقند در شرایط تنش خشکی (۵۰ درصد آبیاری کامل).

Figure 1- Relationships between harmful nitrogen, sodium and potassium and different amounts of salicylic acid in sugar beet cultivar of 031 under drought stress conditions (50% of full irrigation)



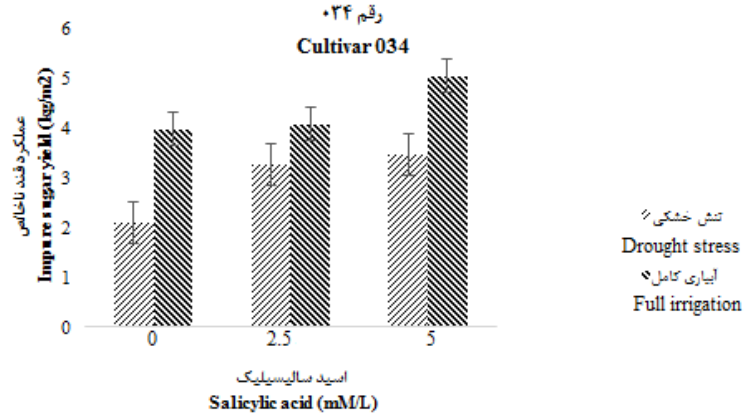
شکل ۲- روابط بین نیتروژن، سدیم و پتاسیم مضر و مقادیر مختلف اسید سالیسیلیک در رقم ۰۳۴ چغندرقند در شرایط تنش خشکی (۵۰ درصد آبیاری کامل).

Figure 2- Relationships between harmful nitrogen, sodium and potassium and different amounts of salicylic acid in sugar beet cultivar of 034 under drought stress conditions (50% of full irrigation)



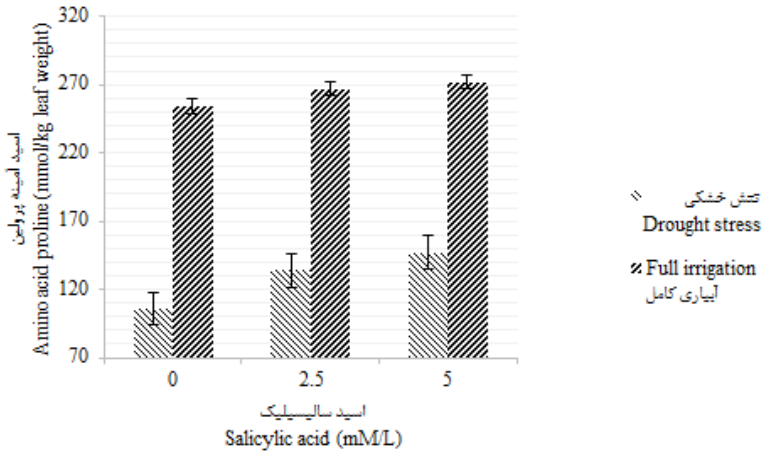
شکل ۳- روابط بین عملکرد قند ناخالص (کیلوگرم در متر مربع) و مقادیر اسید سالیسیلیک در دو شرایط تنش خشکی (۵۰ درصد آبیاری کامل) و آبیاری کامل برای رقم ۰۳۱

Figure 3- Relationships between gross sugar yield (kg/m2) and salicylic acid values in two conditions of drought stress (50% full irrigation) and full irrigation for cultivar of 031



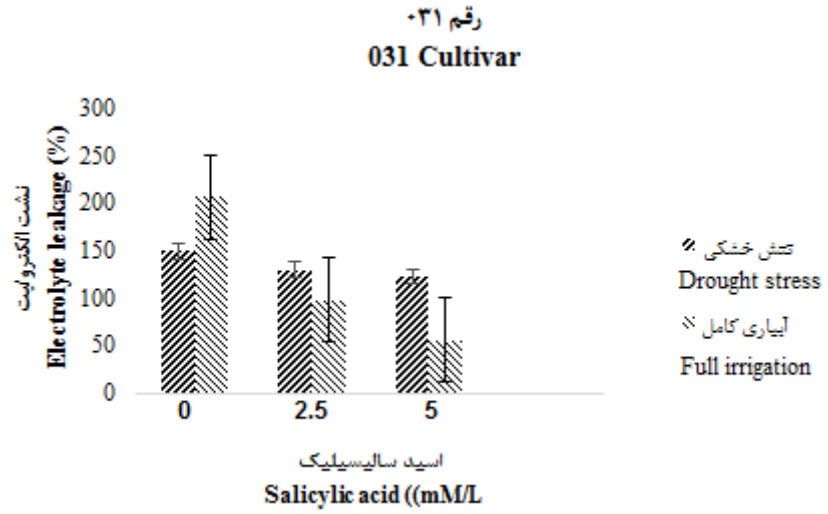
شکل ۴- روابط بین عملکرد قند ناخالص (کیلوگرم در متر مربع) و مقادیر اسید سالیسیلیک در دو شرایط تنش خشکی (۵۰ درصد آبیاری کامل) و آبیاری کامل برای رقم ۰۳۴

Figure 4- Relationships between gross sugar yield (kg/m2) and salicylic acid values in two conditions of drought stress (50% full irrigation) and full irrigation for cultivar of 034



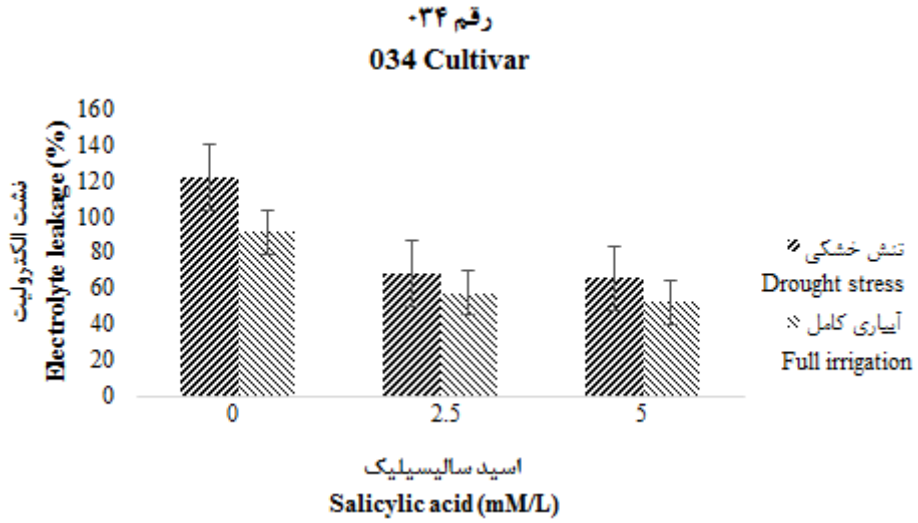
شکل ۵- روابط بین پرولین (میلی مول بر کیلوگرم وزن برگ) و مقادیر اسید سالیسیلیک در دو شرایط تنش خشکی (۵۰ درصد آبیاری کامل) و آبیاری کامل برای رقم ۰۳۴

Figure 5- Relationships between proline amino acid (mmol/kg leaf weight) and salicylic acid values in two conditions of drought stress (50% full irrigation) and full irrigation for variety 034



شکل ۶- روابط بین نشت الکترولیت (درصد) و مقادیر اسید سالیسیلیک در دو شرایط تنش خشکی (۵۰ درصد آبیاری کامل) و آبیاری کامل برای رقم ۰۳۱

Figure 6- Relationships between electrolyte leakage (percentage) and salicylic acid values in two conditions of drought stress (50% full irrigation) and full irrigation for cultivar of 031



شکل ۷- روابط بین نشت الکترولیت (درصد) و مقادیر اسید سالیسیلیک در دو شرایط تنش خشکی (۵۰ درصد آبیاری کامل) و آبیاری کامل برای رقم ۰۳۴

Figure 7- Relationships between electrolyte leakage (percentage) and salicylic acid values in two conditions of drought stress (50% full irrigation) and full irrigation for cultivar of 034

تنش خشکی باعث کاهش عملکرد شد و این کاهش عملکرد هم به لحاظ کیفی و هم به لحاظ کمی بود. تنش خشکی از طریق افزایش نشت الکترولیت از غشاءهای سلولی، کاهش محتوای نسبی آب برگ و افزایش نیتروژن مضر باعث کاهش عملکرد قند و عملکرد ریشه در چغندرقند شد. با این وجود مصرف مقادیر اسید سالیسیلیک توانست بخشی از این کاهش عملکرد را از طریق افزایش پرولین (در رقم ۰۳۴) و منفی شدن پتانسیل اسمز، افزایش محتوای نسبی آب برگ و کاهش نیتروژن مضر جبران نماید و باعث افزایش عملکرد قند و عملکرد ریشه در چغندرقند شد.

در مطالعه‌ای محلول‌پاشی با سیلیکون و پرولین روی چغندرقند توانست کاهش عملکرد در نتیجه تنش خشکی ۵۰٪ را از طریق افزایش کلروفیل a و b، افزایش محتوای نسبی آب برگ، کاهش نشت الکترولیت و افزایش پرولین برگ جبران نماید و عملکردی مشابه شرایط بدون تنش تولید کرد. در این مطالعه مقدار پرولین برگ‌ها در شرایط محلول‌پاشی با سیلیکون

و پرولین بسیار کمتر از شرایط تنش خشکی بود و با شرایط بدون تنش خشکی اختلاف معنی‌داری نداشت که می‌توان نتیجه گرفت با محلول‌پاشی این دو ماده ضد تنش گیاه توانسته به راحتی شرایط خشکی را تحمل کند (Muneera *et al.*, 2021).

مواد ضد تنش، با منفی کردن فشار اسمزی گیاه، منجر به جذب آب در شرایط تنش خشکی شد و با در دسترس بودن آب، گیاه می‌تواند سطح برگ خود را به حد مطلوب برساند و مانع کاهش آن گردد این امر منجر به افزایش ظرفیت فتوسنتزی بیشتر شده و رشد را در سطح مطلوبی نگه خواهد داشت که باعث می‌گردد گیاه شرایط تنش را پشت سر گذاشته و در ادامه فصل رشد میزان فتوسنتز بیشتری نسبت به تیمار شاهد داشته باشد که باعث افزایش عملکرد در تمام تیمارها محلول‌پاشی نسبت به تیمار شاهد شده است (Zbiec *et al.*, 2003).

در این مطالعه هم اسید سالیسیلیک توانست با افزایش پرولین و منفی کردن فشار اسمزی چغندرقند با افزایش محتوای نسبی آب برگ باعث افزایش جذب آب شود و نهایتاً از طریق افزایش عملکرد قند ناخالص باعث افزایش عملکرد ریشه و قند در واحد سطح شود. در مجموع مصرف مقادیر ۲/۵ و پنج میلی‌مول بر لیتر اسید سالیسیلیک در شرایط تنش خشکی باعث کاهش مقادیر نیتروژن، سدیم و پتاسیم مضر داشت و هم‌چنین اسید سالیسیلیک باعث شد با افزایش محتوای نسبی آب برگ، کاهش نشت الکترولیت در غشاء و افزایش پرولین برگ عیار قند و نهایتاً عملکرد قند و عملکرد ریشه در واحد سطح افزایش یابد.

با مصرف اسید سالیسیلیک در شرایط دیم، عملکرد رقم‌های گندم نسبت به شاهد ۱۰ درصد افزایش یافت (Sajedi and Gholinezhad, 2012). تنش خشکی از طریق تأثیر بر بسته شدن روزنه‌ها، کاهش تورژسانس، کاهش سطح فتوسنتز کننده و کاهش میزان فتوسنتز باعث کاهش عملکرد در گیاه شد (Simanne *et al.*, 1993). در شرایط خشکی و در مجموع مقادیر محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک (میلی‌مول بر لیتر) به لحاظ عملکرد رقم ۰۳۱ بهتر از ۰۳۴ بود در صورتی‌که در شرایط آبیاری کامل رقم ۰۳۴ بیشترین عملکرد را تولید کردند. مصرف اسید سالیسیلیک عملکرد ریشه و عیار قند را افزایش و نیتروژن، سدیم و پتاسیم مضر را کاهش داد.

نتیجه‌گیری کلی

بر اساس نتایج پژوهش حاضر عملکرد ریشه در شرایط آبیاری کامل با مصرف ۲/۵ و پنج میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در رقم ۰۳۴ از ۲۰/۷ (در شرایط عدم مصرف اسید سالیسیلیک) به ۲۲/۵ و ۲۷/۶ کیلوگرم بر متر مربع رسید. رقم ۰۳۱ در شرایط تنش خشکی و مصرف مقادیر مختلف اسید سالیسیلیک بیشترین عملکرد ریشه را تولید کرد در صورتی‌که رقم ۰۳۴ در شرایط آبیاری کامل و مصرف مقادیر مختلف اسید سالیسیلیک بیشترین عملکرد ریشه را تولید کرد. مصرف ۲/۵ و پنج میلی‌مولار اسید سالیسیلیک عملکرد ریشه و عملکرد قند ناخالص را افزایش و نیتروژن، سدیم (در رقم ۰۳۱) و پتاسیم مضر (در شرایط تنش) را کاهش داد. اسید سالیسیلیک به عنوان یک ماده ضد تنش با تأثیر مثبت بر افزایش محتوای نسبی آب برگ و پرولین و هم‌چنین کاهش درصد نشت الکترولیت برگ (در شرایط آبیاری کامل)، میزان عملکرد ریشه و عملکرد قند ناخالص (عیار) را در هر دو شرایط تنش خشکی و آبیاری کامل افزایش داد.

در پایان توصیه می‌شود از رقم ۰۳۱ در شرایط تنش خشکی و از رقم ۰۳۴ در شرایط آبیاری کامل به همراه محلول‌پاشی پنج میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در مرحله ۱۴ تا ۱۶ برگی استفاده شود.

سپاسگزاری

از مجموعه آزمایشگاه‌های دانشگاه پیام نور سبزوار کمال تشکر را دارم.

References

Arfan, M., Athar, H.R. and Ashraf, M., 2007. Does exogenous application of Salicylic Acid through the rooting medium modulate growth and photosynthetic capacity in two differently adapted spring wheat cultivars under salt stress? *Journal of Plant Physiology, 164*, PP.685-694. **doi: 10.1016/j.jplph.2006.05.010**

Abhari, A. and Gholinezhad, A., 2019. Effect of salicylic acid foliar application on barley water use efficiency in cut-off condition. *Iranian Agricultural Research Journal, 17*(1), PP.157-167 [In Persian]. **doi: 10.22067/gsc.v17i1.73912**

Alayi Moghadam, SH., Esmaili, M.A., Rajabi, A. and Najafi, H., 2018. Effects of water deficit stress on physiological and biochemical traits of sugar beet genotypes (*Beta vulgaris* L.). *Journal of Sugar Beet*, *34*(2), PP.131-146 [In Persian]. **doi:10.22092/jsb.2019.109072.1139**

Borsanio, V. and Botella, M.A., 2001. Evidence for a role of Salicylic Acid in the oxidative damage generated by Nacl and osmotic stress in Arabidodsis stress in (Arabidopsis) seedlings. *Plant Physiology*, *126*, PP.1024-1030. **doi: 10.1104/pp.126.3.1024**

Bayat, A. 1995. Effects of different irrigation regimes on quantitative and qualitative properties of sugar beet. The Research Report of Khorasan Sugar Beet Seed Improvement Department. PP.97-92.

Draycott, A.P. and Christenson, D.R., 2003. Nutrients for sugar beet production Soil- Plant relationships. CABI, PP.7-32.

Draycott, A.P. 2008. Sugar beet. John Wiley and Sons. 235 PP.

Ezzat Ahmadi, M., Noormohammadi, Gh., Ghodsi, M. and Kafi, M., 2010. Effect of water stress and spraying of potassium iodide on agronomic traits and grain yield of bread wheat (*Tiriticum aistivum* L.) genotypes. *Iranian Journal of Field Crops Research*, *8*(2), PP.177-182 [In Persian]. **doi: 10.22067/gsc.v8i2.7515**

Ghanbari Birgani, D. and Sharifi, H., 2000. Investigating betanal progress AM for the control of broad leaf weeds in sugar beet. Final Research Report. Saffiabad Agricultural Research Station, Khuzestan, Iran [In Persian].

Gill, P.K., Sharma, A.D., Singh, P. and Bnullar, S.S., 2003. Changes in germination, growth and soluble sugar contents of *Sorghum bicolor* L. moench seeds under various a biotic stresses. *Plant Growth Regulation*, *40*, PP.154-162. **doi: 10.1023/a:1024252222376**

Gooding, M., Ellis, R., Shewry, P. and Schofield, J., 2003. Effects of restricted water availability and increased temperature on the grain filling, drying and quality of winter wheat. *Journal of Cereal Sciences*, *37*, PP.295-309. **doi:10.1006/jcrs.2002.0501**

Ghoulam, C.F., Ahmed, F. and Khalid, F., 2001. Effects of salt stress on growth, inorganic ions and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in five sugar beet cultivars. *Environmental & Experiment Botany*, *47*, PP.139-150. **doi:10.1016/S0098-8472(01)00109-5**

Hayat, Q., Hayat, S., Irfan, M. and Ahmad, A., 2010. Effect of exogenous Salicylic Acid under changing environment: A review. *Environmental & Experimental Botany*, *68*, PP.14-25. **doi:10.1016/j.envexpbot.2009.08.005**

Hayat, S. and Ahmad, A., 2005. Salicylic acid: A plant hormone. Springer. 97-99.

Khajepour, M.R., 2013. Industrial plants. Publications of Isfahan Industrial Unit, page 328.

Kheirkhah, M., Farazi, M., Dadkhah, A. and Khoshnood, A., 2016. Application of glycine, tufool and salicylic acid in sugar beet (*Beta vulgaris* L.) under drought conditions. *Journal of Crop Ecophysiology*, *10*(1), PP.167-182 [In Persian].

Kiani, A.R., 2010. Optimal irrigation scheduling based on water-yield relations in some soybean cultivars. *Journal of Agriculture Engineering Research*, *11*(1), PP.85-102.

Muneera, D.F.A., Yaser, M.H., Kotb, A., Emadeldeen, R., Latifa, A., Hussah, I.M.A. and Khaled, A.A.A., 2021. Evaluation of silicon and proline application on the oxidative machinery in drought-stressed sugar beet. *Antioxidants*, *10*(398), PP.1-19. **doi: 10.3390/antiox10030398**

Naghizadeh, M. and Gholami Tooran Poshti, M. 2014. Evaluation the effect of seed priming by salicylic acid on yield and yield components of wheat under drought stress conditions. *Journal of Agroecology*, *6*(1), PP.162-170 [In Persian]. **doi: 10.22067/jag.v6i1.35683**

Pak Mehr, A., Shakeri, F. and Rastgo, M., 2015. The effect of seed priming with Salicylic Acid on some photosynthetic traits of cowpea under water deficit in flowering stage. *Journal of Iranian Pulses Research*, *5*(2), PP.19-30 [In Persian]. **doi:10.22067/ijpr.v1393i2.46920**

Ranjbar, M., Larry Yazdi, H. and Bromandjazi, Sh., 2010. The effect of Salicylic Acid on antioxidant enzymes, photosynthetic pigments of sugar content in rape (*Brasica napus*) under Pb stress. *Journal of Plant Biology*, *3*(9), PP.39-52 [In Persian]. **dor: 20.1001.1.20088264.1390.3.9.5.5**

Raskin, I., 1992. Role of salicylic acid in plants. *Annual Review of Plant Physiology & Plant Molecular Biology*, 43, PP.463-439. **doi:10.1146/annurev.pp.43.060192.002255**

Shabiri, S., Ghasemi Golazani, K., Golchin, A. and Saba, J., 2006. Effect of irrigation water on phenology and yield of three chickpea cultivars (*Cicer arietinum* L.). *Journal of Agricultural Knowledge*, *16*(2), PP.137-147 [In Persian]. **doi:10.22034/saps.2021.12816**

Saeed Abadi, H., Afshar Menesh, G., Shirzadi, M.H. and Sadegh Zadeh, S., 2021. The effect of drought stress and transplanting method on agronomic characteristics, quantitative and qualitative yield as well as water use efficiency of different sugar beet cultivars in autumn planting .*Sugar Beet Journal*, *37*(1), PP.27-48 [In Persian]. **doi: 10.22092/jsb.2022.352225.1252**

Sajedi, N.A. and Gholinezhad, A. 2012. Response of yield and yield component of dry land wheat cultivars to salicylic acid and selenium. *Iranian Journal of Field Crops Research, 10*(3), PP.614-621 [In Persian]. **doi: 10.22067/gsc.v10i3.17825**

Simanne, B.P.C., Peacock, J.M. and Struk, P.C., 1993. Differences in development plasticity and growth rate among drought resistance and susceptible cultivar of durum wheat (*Triticum Turgidum* L. var. durum). *Plant & Soil, 157*, PP.155-166.

Smart, R.E. and Bingham, G.E., 1974. Rapid estimates of relative water content. *Plant Physiol*ogy, *53*, PP.258-260.

Valentovic, P., Luxova, M., Kolarovic, L. and Gasparikova, O., 2006. Effect of osmotic stress on compatible solutes content, membrane stability and water relations in two maize cultivars. *Plant Soil Environment, 52*(4), PP.186-191. **doi:10.17221/3364-pse**

Vahabi, N., Emam, Y. and Pirasteh-Anosheh, H., 2017. Improving wheat growth and yield using chlormequat chloride, salicylic acid and jasmonic acid under water stress. *Iranian Journal of Field Crops Research, 15*(1), PP.124-135 [In Persian]. **doi:10.22067/gsc.v15i1.47584**

Yadollahi, N., Mahmoud, F., Tadayon, R. and Karimi, M., 2021. The effect of potassium (K) and boron (B) foliar application on morphophysiological responses and root yields of Sugar Beet (*Beta vulgaris* L.) under drought stress conditions. *Plant Process & Function, 42*(10), PP.91-114 [In Persian]. **doi: 10.47176/jcpp.11.1.209113**

Yun-Xia, G., Li-Jun, Z., Feng-Hai, L., Zhi-Bin, C., Che, W., Yun-Cong, Y., Zhen-Hai, H., Jie, Z. and Zhen-Sheng, S., 2010. Relationship between jasmonic acid accumulation and senescence in drought-stress. *African Journal of Agriculture Research*, 5, PP.1978-1983. **doi: 10.5897/ajar.9000585**

Zargerian, M., Tehranifar, A., Nemati, H. and Siavashpour, B., 2016. The effect of Salicylic Acid on some morphophysiologic characteristics of sunflower seedlings in drought stress conditions. *Journal of Horticulture, 30*(1), PP.162-151 [In Persian]. **doi:10.22067/jhorts4.v30i1.47987**

Zbiec, J., Karezmarczyk, S. and Podsiadle, C., 2003. Response of some cultivated plants to methanol as compared to supplementaural irrigation. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, 6*(1), PP.1-71.

Journal of Crop Science Research in Arid Regions/ Volume 5, Issue 2, Autumn 2023, P. 429-446

Study of physiological tolerance of sugar beet to drought stress with salicylic acid consumption

Abbas Abhari[1*], Majid Seydabadi[2], Mansore Kermani[1]

[1] Department of Agricultural Sciences, Payame Noor University, Tehran, Iran
[2] MSc Graduate, Department Agricultural Sciences, Payame Noor University, Tehran, Iran
[*]Corresponding Author: abbasabhari@yahoo.com

Received: 19 August 2022 Accepted: 4 December 2022 **DOI: 10.22034/CSRAR.2023.356848.1268**

Abstract

Introduction: Environmental factors affect the accumulation of sugar. Light, sunny hours and soil moisture largely determines how sugar is grown and stored at the root of sugar results of the experiment on sugar beet showed that all treatments of anti-stress materials such as salicylic acid, thioufol and glycine at different concentrations increased the quality traits such as root yield, sugar level and white sugar yield. Reducing membrane damage due to the use of salicylic acid is associated with the production of antioxidants, and thus salicylic acid increases the membrane stability against oxidative stress. Salicylic acid is an internal regulator of plant growth that affects metabolic and physiological responses to plant growth and development.

Plants obtained from seeds pretreated with salicylic acid can improve the rate of photosynthesis in normal and stress conditions by increasing the relative water content, transpiration intensity, stomatal conductance and leaf chlorophyll index. In a study, it has been observed that salicylic acid treatment controls polysaccharide hydrolyzing enzymes and accelerates the formation of polysaccharides from soluble sugars. With this assumption, salicylic acid increases the amount of insoluble sugars compared to soluble sugars.

Materials and Methods: In order to adjust the negative effects of drought stress in sugar beet cultivars under the influence of salicylic acid foliar spraying in drought stress conditions, a factorial split plot was used in a randomized complete block design with three replications in Jouin was conducted in 2019. The studied factors included irrigation at two levels of full irrigation and drought stress (50% of full irrigation), salicylic acid spraying at three levels of 0, 2.5 and 5 mM on the Shokofa (034) and Aria (031).

Results and Discussion: Stress reduced the yield, but the use of salicylic acid increased the yield . Application of 5 mM produced the highest amount of root yield with 16.55. In the condition of full irrigation, the yield increased by increasing the amount of salicylic acid. In the stress conditions, the percentage of impure sugar increased, but in the condition of full irrigation, the percentage of impure sugar decreased, but with the use of five to 2.5 mM salicylic acid, it increased.

In condition of drought stress and consumption, 2.5 mM of salicylic acid, 034, have the highest percent sugar content with 20.5%. The amount of proline of 034 cultivar was the highest in drought stress and consumption of 5 mM of salicylic acid. Consumption of salicylic acid increased root yield and sugar content yields and reduced harmful nitrogen and sodium.

Drought stress caused a decrease in yield, and this decrease in yield was both qualitative and quantitative. Drought stress decreased sugar yield and root yield in sugar beet by increasing electrolyte leakage from cell membranes, decreasing relative leaf water content, and increasing harmful nitrogen.

Conclusion: The amount of impure sugar (kg/m^2) increased with the use of salicylic acid in both drought stress and complete irrigation. Impure sugar, which is the result of multiplying the sugar beet root yield by the percentage of impure sugar and has been affected by salicylic acid, shows that the quantity and quality of both have increased with the use of this hormone-like substance .In this study, salicylic acid was able to increase the absorption of water by increasing the proline and making the osmotic pressure of sugar beet negative by increasing the relative water content of the leaves, and

finally, by increasing the impute sugar yield, it increased the root yield and sugar per unit area. The consumption of salicylic acid increased the root yield and sugar level and decreased harmful nitrogen, sodium and potassium.

Keywords: Electrolyte leakage, Nitrogen content, Root yield, Sugar content