

بررسی نقش تیمارهای هورمونی در تغییرات فیزیولوژیکی انگور یاقوتی سیستان

نوشین کلکلی^۱، عباسعلی امام جمعه^{۱*}، یعثوب شیری^۲، محمود سلوکی^۱

چکیده^۴

مقدمه: انگور یاقوتی زودرس ترین انگور در ایران، طعم خوب و مقاومت گرمایی و خشکی بالا دارد و نیز تراکم خوشه بالایی دارد. **مواد و روش ها:** تغییرات فیزیولوژیکی و میزان انباشت برخی مواد فیزیولوژیک، تحت سه هورمون جیبرلیک اسید، ایندول ۳-استیک اسید، و آبسزیک اسید به ترتیب با غلظت‌های ۴۰mg/L ، ۲۰mg/L و ۵۰mM/L بررسی شد. **نتایج و بحث:** آبسزیک اسید بیشترین تاثیر را در افزایش میزان کلروفیل کل و کارتنوئید داشت. میانگین میزان کلروفیل کل در مرحله پیش از گلدهی (۲۵/۵۱)، گلدهی (۱۸/۷۶) و بعد از گلدهی (۲۶/۱۶) میلی‌گرم در میلی‌لیتر بدست آمد. تحت تاثیر هر سه تیمار هورمونی سطح پروتئین تا ۷۰ درصد کاهش یافت. تیمار جیبرلین در مرحله سوم نمو خوشه سبب افزایش ۲۶ درصدی سطح کربوهیدرات شد. آنزیم گایاکول پراکسیداز تحت تاثیر ایندول استیک اسید افزایش سطح پیدا کرده اما سایر تیمارهای هورمونی سبب کاهش میزان این آنزیم در انگور یاقوتی شده است. بیشترین کاهش آنزیم گایاکول پراکسیداز مربوط به تیمار جیبرلین با کاهش تقریباً ۸۰ درصدی نسبت به نمونه شاهد در مرحله اول و دوم نمو خوشه مشاهده شد. همچنین در مرحله سوم نمو خوشه کاهش ۵۵ درصدی میزان آنزیم گایاکول پراکسیداز بدست آمد. آسکوربات پراکسیداز تحت تاثیر تیمار آبسزیک اسید افزایش یافت. هر سه هورمون سبب کاهش سطح فعالیت آنزیم کاتالاز در مراحل رشدی شد. ایندول استیک اسید در مراحل رشدی سبب افزایش فعالیت پلی فنل اکسیداز شد. جیبرلین غیر از اندک افزایش فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز در مرحله گلدهی، فعالیت سه آنزیم دیگر را در تمام مراحل رشدی به شدت کاهش داد.

واژه‌های کلیدی: آنتی‌اکسیدانت، انگور، فیتوهورمون، فیزیولوژی گیاهی، کلروفیل.

۱. دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشیار و استاد گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، دانشگاه زابل، زابل، ایران
۲. دانشیار گروه بیوفورماتیک، عضو هیات علمی دانشگاه زابل (✉ ایمیل نویسنده مسئول: aliimamjomeh@uoz.ac.ir)
۳. استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، پژوهشگاه زابل، زابل، ایران
۴. مقاله مستخرج از پایان نامه خانم نوشین کلکلی، راهنمایی دکتر عباسعلی امام جمعه، دکتر یعثوب شیری و مشاوره دکتر محمود سلوکی می باشد.

مقدمه

انگور یاقوتی سیستان یکی از منحصر بفردترین ارقام انگور در سطح جهان با ویژگی بارز زودرس بودن و تحمل شرایط آب و هوایی گرم و خشک منطقه سیستان و خوشه‌های متراکم است. انگور یاقوتی، از محدود محصولات باغی است که امکان کشت و پرورش در سیستان را دارد. آب و هوای گرم و خشک منطقه سیستان در کنار طوفان‌های گرمایی ۱۲۰ روزه سیستان امکان کشت و پرورش کمتر گیاه باغی را در منطقه میسر می‌سازد. یکی دیگر از ویژگی‌های ارزشمند انگور یاقوتی که ارزش تجاری آن را چند برابر می‌کند زودرس بودن است. انگور یاقوتی یکی از زودرس‌ترین ارقام انگور در جهان است که محصول آن در اواسط ماه می یا اواخر اردیبهشت می‌رسد (Shiri *et al.*, 2018). این در حالیست که سایر ارقام انگور در این زمان نهایتاً در مرحله شکل‌گیری خوشه‌ها قرار دارند. آخرین ویژگی برجسته انگور یاقوتی طول دوره کوتاه رشدی انگور است. به‌طوری که از اوایل اسفند تا اواسط خرداد نهایتاً در طول سه ماه و نیم، فصل رشدی انگور یاقوتی سپری می‌گردد. مطالعات گسترده‌ای در خصوص فرایندهای رشد و نمو انگور یاقوتی صورت گرفته است. شیری و همکاران ژنوم انگور یاقوتی را توالی‌یابی کرده و مطالعات گسترده‌ای را در قالب چندین پروژه علمی اجرا کرده و در دست اجرا دارند. مطالعات آنها نشان داده دلیل مقاومت بالای انگور یاقوتی به تنش گرمایی بیان بالای ژن‌های خانواده HSP است (Shiri *et al.*, 2018). ژن‌های HSP نقش کلیدی در بازسازی ساختار پروتئین‌های گیاهی دارند که تحت تاثیر حرارت بالا تخریب می‌شوند در مطالعه دیگری شیری و کلکلی نشان دادند بیان ژن HSP70 در مرحله پایان گلدهی و شکل‌گیری حبه‌های انگور به شدت افزایش می‌یابد (Shiri & Kalkali, 2021). نیاز آبی انگور یاقوتی نیز نسبت به سایر ارقام انگور کمتر است؛ اما مطالعات نشان داده در سیستم آبیاری قطره‌ای عملکرد آن نسب به روش‌های آبیاری سنتی افزایش ۲۸/۵ درصدی نشان می‌دهد (Sardar Shahraki *et al.*, 2019). شیری و همکاران نشان دادند تغییرات بیانی ژن AG عامل اصلی متراکم بودن خوشه انگور یاقوتی است (Shiri *et al.*, 2019). همچنین

مطالعات نشان داده مرحله گلدهی مهمترین دوره رشدی در انگور یاقوتی در زمینه کنترل تراکم خوشه، مقاومت گرمایی و زودرسی محصول است (Kühn *et al.*, 2016). انگور یاقوتی به دلیل ویژگی‌های متمایزش موضوع مطالعات متعدد و متنوع محققین بوده است. در مطالعه‌ای نتایج نشان داده شد که ژن ABAH یک عامل رونویسی دخیل در زود رسیدن انگور یاقوتی سیستان است و ژن CHS نقش موثر در فرآیند رسیدگی و تغییر رنگ حبه‌ها ایفا می‌نماید (Jahantigh *et al.*, 2020). هورمون‌های گیاهی بسیاری از جنبه‌های رشدی گیاهان را تحت تاثیر قرار می‌دهند. محلول‌پاشی تنظیم‌کننده‌های رشد با تاثیری که بر همتهای درونی خود در گیاه، سیستم آنتی‌اکسیدانی و روابط منبع و مخزن می‌گذارند، به عنوان یک راه حل برای کاهش آثار تنش‌های محیطی در سطوح مولکولی، سلولی، بیوشیمیایی، فیزیولوژیکی و محصول‌دهی تلقی می‌شوند. به خصوص هورمون‌های گیاهی با دخالت در مسیرهای ترانسانی علامت، عملکرد آبی از خود به جای می‌گذارند (Kaya *et al.*, 2009). مطالعات نشان داده محلول‌پاشی هورمون جیبرلین سبب کاهش تراکم خوشه در انگور یاقوتی می‌گردد (Grimplet *et al.*, 2017). مطالعه دیگری نشان داده کاربرد اسید جیبرلیک و عملیات حلقه برداری سبب افزایش نسبت قند به اسید می‌شود (Ghasem beigi *et al.*, 2015). همچنین محلول‌پاشی هورمون آبسیزیک اسید میزان مقاومت گیاه در مقابل تنش گرمایی را افزایش می‌دهد. با وجود مطالعات صورت گرفته تاکنون بسیاری از جنبه‌های رشد و نمو انگور یاقوتی ناشناخته است. در این تحقیق با هدف بررسی تغییرات فیزیولوژیکی انگور یاقوتی در سه مرحله رشدی قبل از گلدهی، گلدهی و بعد از گلدهی میزان انباشت برخی مواد فیزیولوژیک و فعالیت آنزیمی تحت تاثیر سه تیمار هورمونی ایندول استیک اسید، جیبرلیک اسید و آبسیزیک اسید مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در تاکستان‌های انگور یاقوتی پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل صورت گرفته است. تاکستان انگور یاقوتی در موقعیت جغرافیایی ۶۱ درجه و ۴۱ دقیقه طول شرقی و عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۵۴ دقیقه شمالی و در ارتفاع ۴۸۱ متر از سطح آب‌های آزاد قرار دارد. منطقه گرم و خشک بوده و میزان بارندگی سالانه کمتر از ۱۰۰ میلی لیتر در سال بوده و میانگین دما در فصل بهار بالای ۳۵ درجه است. با توجه به طوفان‌های گرم و خشک در منطقه بوته‌های انگور در داخل گودال‌هایی با عمق یک متر و با فاصله یک و نیم متر از یکدیگر پس از ریختن خاک مناسب کشاورزی در گودال کشت شده‌اند. آبیاری بصورت قطره‌ای بوده و تغذیه تاکستان بصورت برنامه ریزی شده در طول سال با استفاده از کودهای NPK و کود دامی پوسیده صورت می‌گیرد. کود NPK از سه عنصر پر مغذی پتاسیم، کلسیم و نیتروژن تشکیل شده و زمان مصرف آن همزمان با بیدار شدن درختان انگور در اسفند ماه است. کود دامی نیز در آبان ماه با سرد شدن هوا به خاک اطراف تاک‌ها اضافه می‌گردد. جهت اجرای این تحقیق، ابتدا قسمتی از تاکستان را مشخص و حصارکشی کرده و درختچه‌های سالم به منظور محلول‌پاشی هورمونی نشان‌گذاری شدند. محلول پاشی سه هورمون جیبرلیک اسید (شرکت مرک آلمان کد ۸۱۴۶۹۶)، ایندول ۳-استیک اسید (شرکت مرک آلمان کد ۱۰۰۳۵۴)، و آبسزیک اسید (شرکت سیگما کد A1049) به ترتیب با غلظت‌های (Shiri et al. 2019) ۴۰ (mg/L)، ۲۰ (mg/L) (Aliyu, Adeigbe, and Awopetu 2011)، و ۵۰ (mM) (Vos et al. 2019) تقریباً یک هفته قبل از شکوفایی گل‌ها صورت گرفت. همزمان درختچه‌هایی به عنوان شاهد در نظر گرفته شد و جهت یکنواخت سازی کلیه شرایط رشدی برای نمونه‌های تیمار و شاهد محلول پاشی با آب مقطر صورت گرفت. ۲۴ ساعت پس از محلول پاشی، اولین مرحله نمونه‌گیری از خوشه‌ها صورت گرفت و نمونه‌های پس از برچسب زنی، به آزمایشگاه و فریزر ۸۶- درجه سلسیوس منتقل شد. ده روز بعد درحالی که تقریباً ۷۰ درصد از گل‌ها شکوفا شده و کاسبرگ‌ها افتاده بودند، دومین مرحله نمونه‌گیری صورت گرفت. نهایتاً سومین مرحله نمونه‌گیری ۲۱ روز پس از محلول پاشی، در حالی که حبه‌های انگور

برروی خوشه‌ها تشکیل شده بودند صورت گرفت. آزمایش در قالب فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد و تیمار هورمونی بعنوان فاکتور اول و مرحله رشدی خوشه بهنوان فاکتور دوم در نظر گرفته شد. و نتایج بدست آمده با استفاده از نرم افزار SAS v.9 در سطح معناداری ۰/۰۵ درصد آنالیز شد. همچنین از آزمون دانکن برای مقایسه میانگین‌ها استفاده شد. رسم نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel انجام گرفت.

پندازه‌گیری رنگدانه‌های فتوسنتزی

برای اندازه‌گیری رنگدانه‌های فتوسنتزی از روش Lichtenthaler استفاده شد. ابتدا ۰/۱ گرم از بافت گیاهی در ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد ساییده و محلول حاصل از کاغذ واتمن شماره ۱ عبور داده شد. سپس حجم نهایی نمونه صاف شده با اضافه کردن استون ۸۰ درصد به ۲۰ میلی‌لیتر رسانده شد. سپس در دستگاه سانتریفیوژ با سرعت ۶۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه قرار دهید. عصاره جدا شده فوقانی حاصل از سانتریفیوژ را به بالن شیشه‌ای منتقل شد. نهایتاً مقدار جذب در طول موج‌های ۶۶۳ نانومتر برای کلروفیل a، و ۶۴۶ نانومتر برای کلروفیل b و ۴۷۰ برای کارنوئئیدها توسط اسپکتروفوتومتر قرائت و بر اساس فرمول‌های زیر محاسبه شد (Lichtenthaler, 1987):

$$\text{Chl A (mg ml}^{-1}\text{)} = 12.25A_{663} - 2.79A_{646}$$

$$\text{Chl B (mg ml}^{-1}\text{)} = 21.50A_{646} - 5.10A_{663}$$

$$\text{Tchl (mg ml}^{-1}\text{)} = \text{Chl A} + \text{Chl B}$$

$$\text{C}_{x+c} = \frac{(1000A_{470} - 1.8C_a - 85.02C_b)}{198}$$

اندازه‌گیری میزان پروتئین

برای استخراج عصاره پروتئینی ۰/۱ گرم از ماده خشک گیاهی وزن شد و ۴ سی سی از بافر تریس اسید کلریدریک به آن اضافه شد. سپس نمونه‌ها روی شیکر به مدت ۲۰ دقیقه ورتکس و سپس به مدت ۳۰ دقیقه در ۵۰۰۰ دور سانتریفیوژ شدند و فاز بالایی جدا شد که حاوی پروتئین کل است. برای اندازه‌گیری پروتئین به روش برادفورد به ۰/۱ سی سی عصاره

پروتئینی از هر نمونه ۵ سی سی محلول برادفورد اضافه شد و سپس به مدت ۲۰ دقیقه ورتکس شده و سپس جذب در طول موج ۵۹۵ نانومتر یادداشت شد (He, 2011).

اندازه گیری میزان کربوهیدرات

مقدار ۰/۱ گرم بافت سبزی گیاه را به همراه ۱۰ سی سی آب مقطر در لوله‌های آزمایش در بسته قرار داده به مدت ۱۵ دقیقه در حمام بن ماری در دمای ۱۰۰ درجه سانتیگراد حرارت داده شده پس از سرد شدن ۱ سی سی از نمونه‌ها را برداشته و به آن مقدار ۱ سی سی فنل ۵ درصد و ۴ سی سی اسید سولفوریک ۹۸ درصد اضافه شد در نهایت با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۸۸ نانومتر قرائت شد (Hall, 2007).

اندازه گیری پرولین

مقدار ۱۰ میلی لیتر اسید سولفوسالسیلیک ۳ درصد به ۰/۵ گرم از نمونه گیاه اضافه و در هاون چینی خوب سائیده و هموژنیزه شد، سپس مخلوط حاصل در درون لوله آزمایش ریخته شده و ۱۰ دقیقه با سرعت ۲۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ شد. ۲ میلی لیتر از عصاره صاف شده برداشته شد و در یک لوله آزمایش ریخته شد. سپس به هر لوله ۲ میلی لیتر معرف نین هیدرین و ۲ میلی لیتر اسید استیک اضافه شد. لوله‌های آزمایش در بن ماری با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت یک ساعت قرار داده شد، پس از یک ساعت لوله‌ها جهت خاتمه واکنش در داخل حمام یخ گذاشته شد. پس از سرد شدن لوله‌ها، به آنها ۴ میلی لیتر تولوئن افزوده شد و ۳۰ ثانیه بهم زده شد و پس از تشکیل دو فاز مجزا قسمت رنگی برداشته شد و توسط اسپکتروفتومتر میزان جذب آنها در طول موج ۵۲۰ نانومتر قرائت شد (Bates et al., 1973).

اندازه گیری فعالیت آنزیمی

فعالیت آنزیم کاتالاز از طریق روش دیزی و همکاران محاسبه گردید. مخلوط واکنش شامل بافر پتاسیم فسفات ۵۰ میلی مولار (PH-7) و پراکسید هیدروژن ۱۵ میلی مولار بود.

واکنش با افزودن ۱۰۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی در حجم نهایی ۳ میلی لیتر آغاز گردید. تغییرات جذب در ۲۴۰ نانومتر به مدت ۳ دقیقه ثبت شد. میزان فعالیت آنزیم به صورت $\Delta OD_{240} \text{ min}^{-1} \text{g}^{-1}$, Pr بیان شد (Dazy et al., 2008). فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز مطابق با روش دیزی و همکاران محاسبه گردید. مخلوط واکنش شامل بافر پتاسیم فسفات ۲۵ میلی-مولار و پراکسید هیدروژن ۴۰ میلی-مولار و گایاکول ۲۰ میلی-مولار بود. واکنش با افزودن ۱۰۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی در حجم نهایی ۳ میلی لیتر آغاز گردید. افزایش جذب به وسیله تشکیل تترایاکول در طول موج ۴۷۰ نانومتر به مدت ۳ دقیقه ثبت شد. میزان فعالیت آنزیم به صورت $\Delta OD_{470} \text{ min}^{-1} \text{g}^{-1}$, Pr بیان گردید (Dazy et al., 2008). فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز از طریق روش ناکانو و آسادا محاسبه گردید. فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز با بررسی میزان پراکسیداسیون آسکوربات با افزایش جذب در طول موج ۲۹۰ نانومتر انجام شد. مخلوط واکنش شامل بافر فسفات ۵۰ میلی-مولار اسید آسکوربیک ۰/۵ میلی-مولار، پراکسید هیدروژن ۱/۲ میلی-مولار و EDTA ۰/۱ میلی-مولار بود. با اضافه کردن پراکسید هیدروژن فعالیت آنزیمی شروع شد. میزان فعالیت آنزیم به صورت $\Delta OD_{290} \text{ min}^{-1} \text{g}^{-1}$, Pr بیان گردید (Nakano & Asada, 1981). اندازه گیری فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز از طریق روش ریموند و همکاران محاسبه گردید. مخلوط واکنش شامل بافر فسفات ۵۰ میلی-مولار و پیروگالل ۰/۵ میلی-مولار بود. واکنش با افزودن ۲۰۰ میکرومولار عصاره آنزیمی در حجم نهایی ۳ میلی لیتر و در ۴۰ درجه آغاز گردید. تغییرات جذب پلی فنل اکسیداز در فاصله زمانی ۴ دقیقه در طول موج ۴۳۰ نانومتر ثبت گردید. میزان فعالیت آنزیم به صورت $\Delta OD_{430} \text{ min}^{-1} \text{g}^{-1}$, Pr بیان گردید (Raymond et al., 1993).

نتایج و بحث

شکل (۱) خوشه های انگور یاقوتی را تحت تاثیر سه تیمار در مقایسه با نمونه شاهد نشان می دهد. بطور کلی تراکم خوشه های تیمار هورمونی در مقایسه با نمونه شاهد کاهش یافت که دلیل آن ریزش بخشی از گل ها تحت تاثیر تیمارهای هورمونی به دلیل برهم

خوردن تعادل فیزیولوژیکی گیاه در مرحله گلدهی است. در خصوص تیمار جیبرلین علاوه بر کاهش تعداد حبه‌های موجود در خوشه تیمار، افزایش طولی خوشه به دلیل رشد محور اصلی خوشه مشاهده شد. جدول (۱) و جدول (۲) نتایج تجزیه آماری را نشان می‌دهد. در کلیه شاخص‌های اندازه‌گیری شده مقادیر بدست آمده در سطح ۰/۰۱ درصد معنادار می‌باشند. این امر بیانگر این نکته است که تیمارهای هورمونی در مراحل مختلف رشدی خوشه در انگور یاقوتی، تغییرات فیزیولوژیکی زیادی را ایجاد می‌کنند. برای سهولت تجزیه و تحلیل نتایج از بررسی اثرات ساده صرف‌نظر و فقط نمودارهای تجزیه و تحلیل اثرات متقابل مورد بررسی قرار شدند.

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات فیزیولوژیکی (مرتبط با کلروفیل و کربوهیدرات) انگور یاقوتی تحت تاثیر تیمارهای هورمونی

Table 1. Analysis of variance for physiological traits (related to chlorophyll and carbohydrates) under hormonal treatments

Mean of Squares					df	SOV
Carotenoid	Total Chlorophyll	Chlorophyll b	Chlorophyll a	Carbohydrates		
25.3863**	75.2518**	0.7106**	84.5188**	84627.60**	3	Hormones
11.1281**	341.4568**	86.6297**	98.7460**	4709.87**	2	Developmental stage
8.0538**	19.920**	6.9250**	13.8802**	32151.64**	6	Interaction
0.0001	0.0044	0.0008	0.0023	0.0194	22	Error
0.1846	0.1558	0.4207	0.1339	0.0333	-	CV

** The significance level at 0.01

** معناداری پارامتر در سطح ۰/۰۱

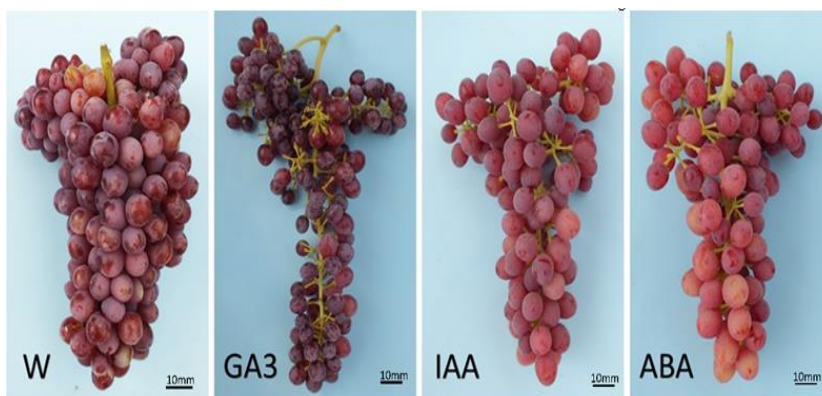
جدول ۲- تجزیه واریانس صفات فیزیولوژیکی (مرتبط با آنزیم و پروتئین) انگور یاقوتی تحت تاثیر تیمارهای هورمونی

Table 2. Analysis of variance for physiological traits (related to enzymes and proteins) of Yaghooti grapes under hormonal treatments

Mean of Squares						df	SOV
Proline	Protein	Catalase	Polyphenol oxidase	Guaiacol peroxidase	Ascorbate peroxidase		
240.107**	104590.96**	1.0018**	0.0232**	64.0933**	3.9825**	3	Hormones
86.434**	76626.72**	1.1919**	0.0075**	20.7432**	7.1235**	2	Developmental stage
258.394**	26432.59**	4.7824**	0.0019**	5.5151**	13.3867**	6	Interaction
0.0036	0.5140	2.7777	0.0002	0.0014	0.0002	22	Error
1.7574	0.2150	8.5170	0.2608	0.5768	0.5009	-	CV

** The significance level at 0.01

** معناداری پارامتر در سطح ۰/۰۱



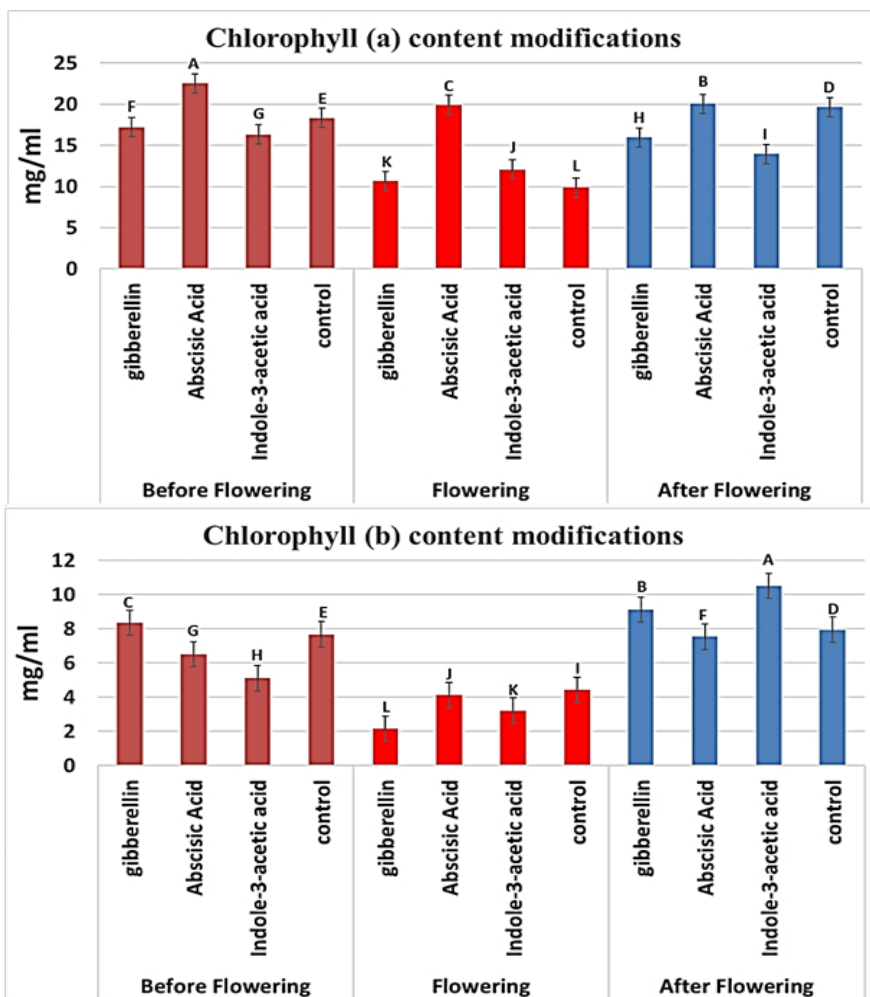
شکل ۱- خوشه بالغ انگور یاقوتی تحت تاثیر سه هورمون جیبرلین (GA3)، ایندول ۳-استیک اسید (IAA)، و آبسیزیک اسید (ABA). مقایسه سه نمونه تیمار هورمونی با نمونه شاهد (W) نشان دهنده اختلاف مورفولوژیکی در ویژگیهای ظاهری خوشه ها است. بطور کلی تراکم خوشه های تیمار هورمونی در مقایسه با نمونه شاهد کاهش یافت که دلیل آن ریزش بخشی از گل ها تحت تاثیر تیمار های هورمونی به دلیل برهم خوردن تعادل فیزیولوژیکی گیاه در مرحله گلدهی است. در خصوص تیمار جیبرلین علاوه بر کاهش تعداد حبه های موجود در خوشه تیمار، افزایش طولی خوشه به دلیل رشد محور اصلی خوشه مشاهده شد (اندازه کوچک حبه های انگور تحت تیمار GA3 در تصویر بخاطر کوچک کردن اندازه تصویر جهت قرار گرفتن در کادر هم اندازه با سایر تصاویر است).

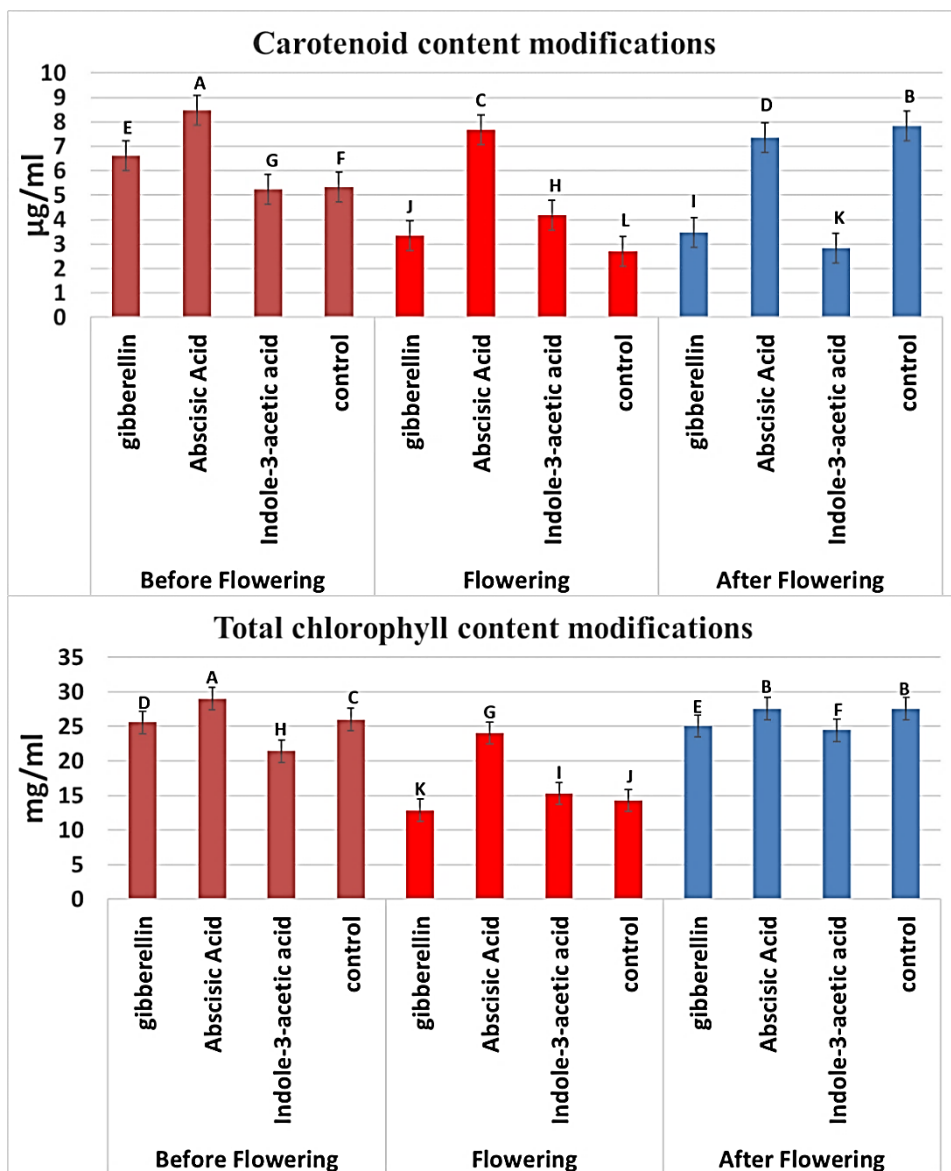
Figure 1. Mature cluster of Yaghooti grape under the influence of three hormones including gibberellin (GA3), indole-3-acetic acid (IAA), and abscisic acid (ABA). The comparison of the three hormonal treatment samples with the control sample (W) shows the morphological difference in the appearance characteristics of the clusters. In general, we saw a decrease in the density of the clusters of hormone treatment compared to the control sample, which is due to the fall of part of the flowers under the influence of hormone treatments due to the disruption of the physiological balance of the plant in the flowering stage. Regarding the gibberellin treatment, in addition to reducing the number of pods in the treatment cluster compared to the control sample, we saw an increase in the length of the cluster due to the growth of the main axis of the cluster (the small size of grape pods under GA3 treatment in the image due to reducing the size of the image to fit in The box is the same size as the other images).

تغییرات رنگدانه های فتوسنتزی

شکل (۲) تغییرات میزان کلروفیل a، b، کلروفیل کل و کارتنوئید در سه مرحله قبل از گلدهی، گلدهی و بعد از گلدهی را تحت تاثیر تیمارهای هورمونی نشان می دهند. بطور کلی مرحله گلدهی در مقایسه با مرحله قبل از گلدهی و مرحله بعد از گلدهی دارای

کمترین سطح میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی بود. میانگین میزان کلروفیل کل به ترتیب در مراحل پیش از گلدهی، گلدهی و بعد از گلدهی برابر بود با (۲۵/۵۱)، (۱۸/۷۶) و (۲۶/۱۶) مول در میلی‌لیتر. مقایسه سه نمودار کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل نشان می‌دهد که در مرحله بعد از گلدهی کاهش سطح کلروفیل a با افزایش سطح کلروفیل b و برعکس جبران شده است بطوریکه میزان کلروفیل کل در مرحله بعد از گلدهی در هر سه نمونه تیمار و نمونه شاهد متعادل به نظر می‌رسد.





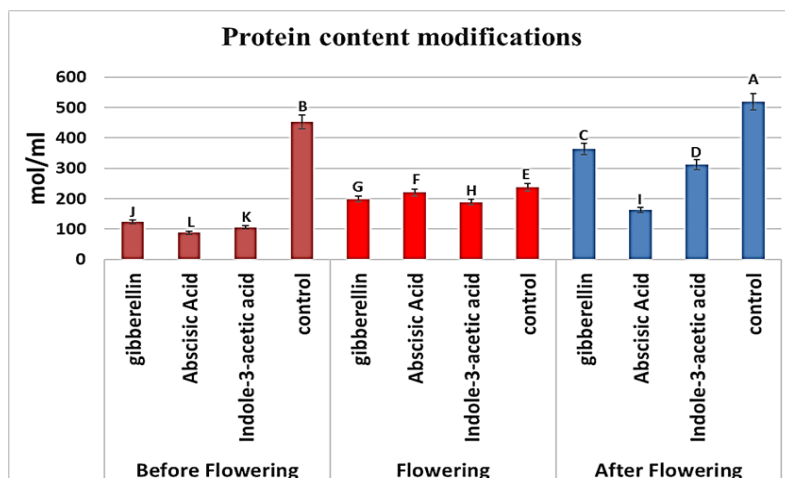
شکل ۲. تغییرات میزان کلروفیل a، b، کلروفیل کل و کارتنوئید تحت تاثیر تیمار هورمونی در سه

مرحله رشدی انگور یاقوتی سیستان. حروف بالای هر ستون ترتیب بالاترین سطوح معناداری را نشان می‌دهد.

Figure 2. The graph of changes in the amount of chlorophyll a, b, total chlorophyll and carotenoid under the influence of hormone treatment in three growth stages of Sistan Yaghooti grape. The upper letters of each column indicate the order of the highest significance levels.

تغییرات میزان پروتئین

شکل (۳) تغییرات سطح پروتئین بافت گیاهی انگور تحت تاثیر تیمارهای هورمونی را نشان می‌دهد. مقایسه نمونه شاهد با نمونه‌های تیمار هورمونی نشان می‌دهد تحت تاثیر هر سه تیمار هورمونی سطح پروتئین بیش از ۷۰ درصد کاهش می‌یابد. هر چند در مرحله گلدهی با افزایش سطح پروتئین در نمونه‌های تیمار تعادل نسبی بین نمونه شاهد و نمونه‌های تیمار حاصل می‌شود. این درحالیست که مقایسه سه مرحله رشدی مورد مطالعه بیانگر کاهش ۳۵ درصدی سطح پروتئین در مرحله گلدهی است. در مقایسه بین نمونه‌های تیمار هورمونی به نظر می‌رسد هورمون جیبرلین کمترین نقش منفی را در کاهش سطح پروتئین بافت گیاهی انگور یاقوتی داشته باشد.



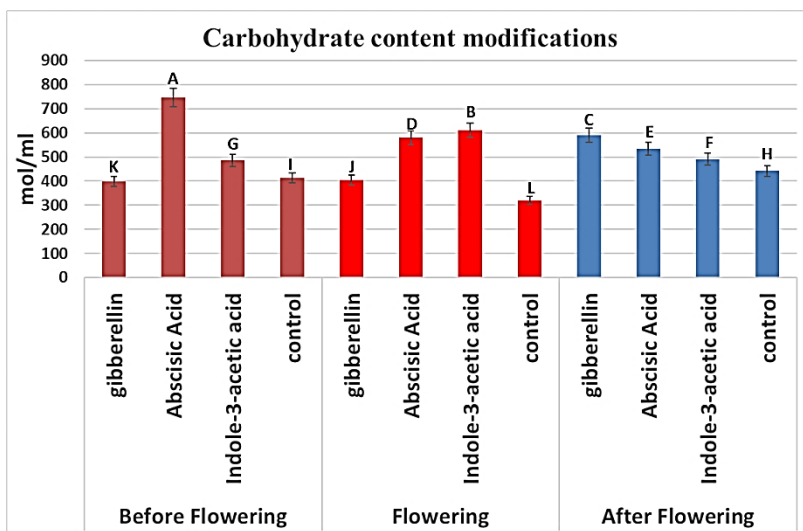
شکل ۳- تغییرات میزان پروتئین تحت تاثیر تیمار هورمونی در سه مرحله رشدی انگور یاقوتی سیستان. حروف بالای هر ستون ترتیب بالاترین سطوح معناداری را نشان می‌دهد.

Figure 3. The graph of changes in the amount of protein under the influence of hormone treatment in the three growth stages of Sistan Yaghooti grapes. The upper letters of each column indicate the order of the highest significance levels.

تغییرات میزان کربوهیدرات

شکل (۴) نمودار تغییرات میزان کربوهیدرات‌ها را نشان می‌دهد. میزان کربوهیدرات‌ها همانند میزان پروتئین و رنگدانه‌های فتوسنتزی در مرحله گلدهی نسبت

به دو مرحله دیگر دچار کاهش سطح شده است. هر چند تیمارهای هورمونی این نسبت معمول را دگرگون کرده‌اند. مقایسه سطح کربوهیدرات تحت تاثیر سه تیمار هورمونی بیانگر سه نوع تغییر متفاوت است. همانطور که مشاهده می‌شود تیمار جیبرلین در مرحله سوم نمو خوشه سبب افزایش ۲۶ درصدی سطح کربوهیدرات شده، در مقابل تیمار آبسزیک اسید سبب افزایش سطح کربوهیدرات در مرحله قبل از گلدهی بیش از ۸۰ درصد نمونه شاهد شد، اما به مرور در مرحله گلدهی و بعد از گلدهی از میزان کربوهیدرات کاسته شده است. نمودار مربوط به تیمار ایندول استیک اسید از الگوی زنگوله‌ای پیروی کرده به طوری که در مرحله گلدهی میزان کربوهیدرات بدست آمده ۵۰ درصد بیشتر از نمونه شاهد بود و در مرحله قبل از گلدهی ۱۰ درصد بیشتر از شاهد و بعد از گلدهی ۷ درصد بیشتر از نمونه شاهد است. بطور کلی هر سه تیمار هورمونی در هر سه مرحله رشدی نقش مثبتی در افزایش سطح کربوهیدرات نشان دادند.

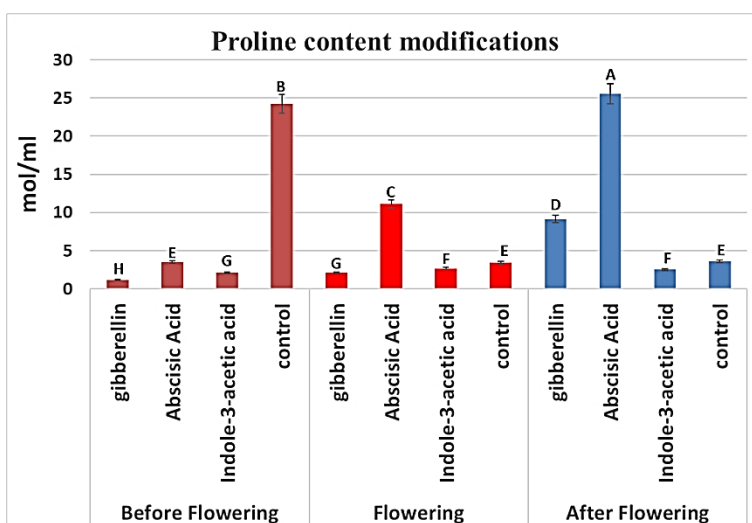


شکل ۴- تغییرات میزان کربوهیدرات تحت تاثیر تیمار هورمونی در سه مرحله رشدی انگور یاقوتی سیستان. حروف بالای هر ستون ترتیب بالاترین سطوح معنی داری را نشان می‌دهد.

Figure 4. Diagram of changes in the amount of carbohydrates under the influence of hormone treatment in the three growth stages of Sistan Yaghooti grapes. The letters at the top of each order column It shows the highest levels of significance.

تغییرات میزان پرولین

شکل (۵) تغییرات میزان پرولین را نشان می‌دهد. بطور کلی محلول‌پاشی هورمون‌های جیبرلین و ایندول استیک اسید تاثیر قابل توجهی در افزایش میزان پرولین در هر سه مرحله رشدی انگور نداشتند. میزان پرولین در نمونه شاهد در مرحله قبل از گلدهی در بالاترین سطح ممکن است، اما در مرحله گلدهی و بعد از گلدهی به شدت از میزان انباشت پرولین کاسته می‌شود در مقابل آبسزیک اسید به مرور سبب افزایش سطح پرولین تا ۵ برابر نمونه شاهد در سلول‌ها می‌گردد.



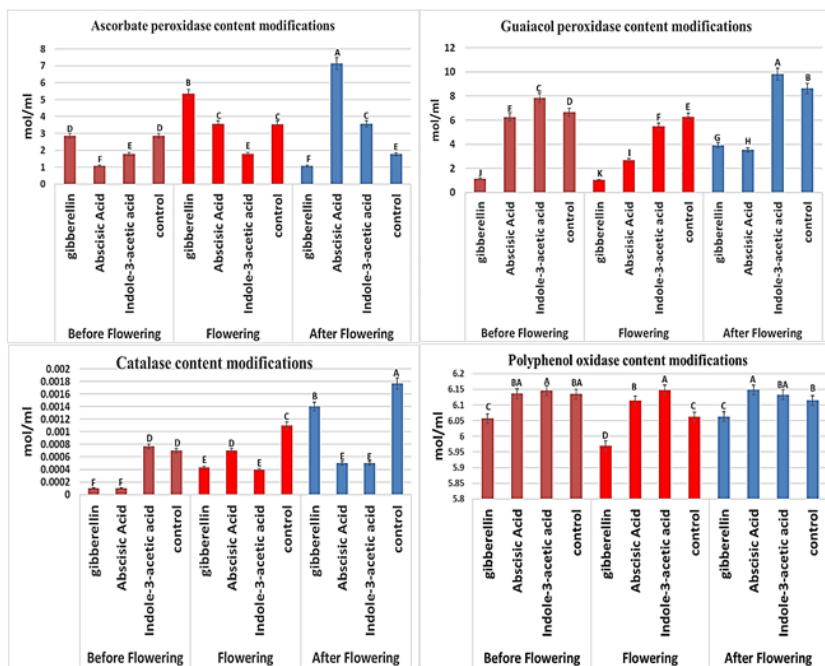
شکل ۵- تغییرات میزان پرولین تحت تاثیر تیمار هورمونی در سه مرحله رشدی انگور یاقوتی سیستان. حروف بالای هر ستون ترتیب بالاترین سطوح معناداری را نشان می‌دهد.

Figure 5. Diagram of changes in proline amount under the influence of hormone treatment in three growth stages of Sistan Yaghooti grape. The upper letters of each column indicate the order of the highest significance levels.

تغییرات میزان آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت

شکل (۶) نمودار تغییرات میزان چهار آنزیم آنتی‌اکسیدانت را نشان می‌دهد. آنزیم گایاکول پراکسیداز تحت تاثیر ایندول استیک اسید در مرحله اول و سوم نمو گل دچار افزایش تقریباً ۵ درصدی پیدا کرده است، اما سایر تیمارهای هورمونی سبب کاهش میزان این آنزیم در انگور یاقوتی شده است. بیشترین کاهش مربوط به تیمار جیبرلین با نزدیک

به ۸۰ درصد نمونه شاهد در مرحله اول و دوم نمو خوشه و ۵۵ درصدی در مرحله سوم بود. میزان آنزیم آسکوربات پراکسیداز تحت تاثیر تیمار آبسزیک اسید با روند صعودی همراه است بطوری که در مرحله بعد از گلدهی افزایش سطح چهارصد درصدی را نسبت به نمونه شاهد نشان می‌دهد. هر سه تیمار هورمونی تقریباً سبب کاهش سطح فعالیت آنزیم کاتالاز در هر سه مرحله رشدی شده‌اند. در حالی که به نظر می‌رسد تغییر قابل توجهی در سطح فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز نشان نمی‌دهند. هرچند هورمون ایندول استیک اسید در هر سه مرحله رشدی سبب افزایش فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز می‌شود. با مقایسه چهار نمودار مربوط به تغییرات آنزیم‌های آنتی اکسیدانت هورمون جیبرلین غیر از اندک افزایش فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز در مرحله گلدهی، فعالیت سه آنزیم دیگر را در تمام مراحل رشدی به شدت کاهش می‌دهد.



شکل ۶- تغییرات میزان آنزیم‌های آنتی اکسیدانت تحت تاثیر تیمار هورمونی در سه مرحله رشدی انگور یاقوتی سیستان. حروف بالای هر ستون ترتیب بالاترین سطوح معنی داری را نشان می‌دهد.

Figure 6. Chart of changes in antioxidant enzymes under the influence of hormone treatment in three growth stages of Sistan Yaghooti grape. The upper letters of each column indicate the order of the highest significance levels

توجه به این نکته ضروریست که در شرایط اقلیمی سیستان از زمان ظهور اولین جوانه‌های برگ‌ی در انگور یاقوتی رفته رفته بر شدت گرمای محیط افزوده می‌شود. بطوری که در اواسط فروردین همزمان با گلدهی انگور یاقوتی، میانگین دما در طول روز به ۳۴ درجه سانتی‌گراد و در ماه اردیبهشت به ۴۵ درجه سانتی‌گراد می‌رسد. این بدان معناست که انگور یاقوتی به شرایط تنش گرمایی منطقه خود را سازگار کرده است. علت دوره کوتاه رشدی انگور یاقوتی هم ریشه در همین سازگاری دارد. چرا که کوتاه بودن طول دوره رشد این مزیت را دارد که انگور یاقوتی می‌تواند خوشه‌های خود را از گرمای ۵۰ درجه سانتی-گراد خرداد حفظ کند. چرا که کمتر گیاهی در این دمای سوزان در کنار طوفان‌های ۱۲۰ روزه گرم و خشک سیستان که از اوایل خرداد ماه آغاز می‌شود، توان محافظت از کارایی سیستم فتوسنتز و تولید محصول را دارد.

نقش هورمون آبسزیزیک اسید در محافظت از سیستم فتوسنتزی گیاهان در برابر تنش نوری اکسیداتیو (photo-oxidative stress) به خوبی نشان داده شده است (Barickman *et al.* 2014). هیزل و همکاران نشان دادند تیمار هورمون آبسزیزیک اسید در لوبیا (*Phaseolus vulgaris*)، توتون (*Nicotiana tabacum*)، چغندر قند (*Beta vulgaris*) و ذرت (*Zea mays*) در کنار تنش کم آبیاری سبب افزایش میزان کلروفیل و کارتنوئید می‌شود (Haisel *et al.* 2006). کارتنوئید در چند سطح باعث حفاظت سیستم فتوسنتزی در برابر فوتون‌های اضافی نور و تنش اکسیداتیو می‌شود که از جمله آنها می‌توان به واکنش کارتنوئید با کلروفیل برانگیخته به‌منظور ممانعت از تشکیل رادیکال‌های فعال اکسیژن اشاره کرد؛ درحقیقت، کارتنوئیدها در برابر تنش اکسیداتیو القا می‌شوند و به‌عنوان سیستم حفاظتی از بین می‌روند (Choudhury & Behera, 2001). مطالعات شیری و همکاران در سال ۲۰۱۹ نشان داد تحت تاثیر تیمار جیبرلین بیان ژن‌های درگیر در فرایند فتوسنتز انگور یاقوتی کاهش می‌یابد (Shiri *et al.*, 2019). یک تفاوت عمده دیگر بین اثر تیمار آبسزیزیک اسید و جیبرلین این است که هورمون جیبرلین سبب کاهش میزان کلروفیل a و افزایش کلروفیل b می‌شود اما در مقابل آبسزیزیک اسید سبب افزایش میزان کلروفیل a و کاهش کلروفیل b می‌گردد. تفاوت اصلی بین

کلروفیل a و b در نقش آنها در فتوسنتز است؛ کلروفیل a رنگدانه اصلی درگیر در فتوسنتز است در حالی که کلروفیل b مکانیسم جانبی است و انرژی را برای انتقال به کلروفیل a جمع‌آوری می‌کند. با این وجود در مجموع کلروفیل a و b نقش آبسزیک اسید افزایشی و نقش جیبرلین کاهش‌ی است.

میزان پروتئین محلول تحت تاثیر هر سه تیمار هورمونی به شدت کاهش پیدا کرد. در حالی که میزان کربوهیدرات محلول در هر سه تیمار هورمونی نسبت به نمونه شاهد افزایش معناداری نشان می‌دهد. به نظر می‌رسد فارغ از نوع هورمون، محلول‌پاشی خارجی هورمون در انگور یا قوتی سبب کاهش محتوای پروتئین محلول و افزایش میزان کربوهیدرات را در پی دارد. برخی شواهد وجود دارد که کاهش سنتز پروتئین و افزایش پروتئولیز را دلایلی برای کاهش پروتئین در طول تنش می‌دانند (Merewitz *et al.*, 2011). در اینجا نیز کاهش سنتز پروتئین و افزایش پروتئولیز عوامل کاهش دهنده پروتئین در شرایط تیمار هورمونی هستند. به نظر می‌رسد گیاه با افزایش سطح کربوهیدرات محلول پتانسیل اسمزی سلول‌ها را در شرایط تنش گرمایی حفظ می‌کند. در شرایط تنش، گیاه برای حفظ تعادل اسمزی و توانایی جذب بیشتر آب از محیط ریشه، ترکیباتی مانند کربوهیدرات‌ها که در ساختار سلول‌ها شرکت دارند و باعث رشد گیاه می‌شوند، را در خود افزایش می‌دهد تا تنظیم اسمزی بهتر صورت گیرد (Abdalla, 2007).

تولید و تجمع پرولین از سازگاری‌های مهم فیزیولوژیک در گیاه تحت تنش اکسیداتیو است. افزایش پرولین تحت تنش می‌تواند به علت تحریک ساخت پرولین از گلوتامیک اسید باشد. پرولین می‌تواند به عنوان منبع ذخیره کربن و نیتروژن برای بافت‌های در حال ترمیم، یک ترکیب موثر در تنظیم و تعدیل فشار اسمزی، یک بافر برای تثبیت PH، یک پاک‌کننده گونه اکسیژن واکنش‌گر در سلول و نیز به عنوان یک مولکول محافظ عمل کند و نقش مهمی را در سلول‌های گیاهی در پاسخ‌های سازگار کننده و محافظتی در مقابل تنش‌ها ایفا کند (Trovato *et al.*, 2008). بطور کلی تنش در گیاه موجب افزایش پرولین می‌گردد. افزایش چند برابری سطح پرولین در تیمار اسید آبسزیک در مطالعه‌ی حاضر در تطابق با افزایش تولید پرولین در گیاه در مواجهه با تنش خشکی است.

آنتی اکسیدان‌ها مولکول‌هایی هستند که مانع از عملکرد رادیکال‌های آزاد می‌شوند و از تخریب سلول‌ها جلوگیری می‌کنند. این مواد می‌توانند با دادن الکترون به رادیکال آزاد، آنها را به شکل پایدار خود تبدیل کنند و مانع از اثرهای مخرب آنها شوند (Varjovi *et al.*, 2015). یکی از آنزیم‌های دفاعی آنزیم کاتالاز است. این آنزیم با اثر مستقیم بر پراکسید هیدروژن، سبب کاهش اثرهای سمی آن می‌شود (Sharma & Ahmad 2014). مقایسه نمودار حاصل از میزان فعالیت آنزیم کاتالاز نشان می‌دهد تحت تیمارهای هورمونی فعالیت آنزیم کاتالاز کم شده است. هرچند هورمون ایندول استیک اسید، آبسزیک اسید و جیبرلین به ترتیب در مرحله اول، دوم و سوم نمو گل در انگور یاقوتی کمترین فاصله را با نمونه شاهد داشتند. تیمار هورمونی ایندول استیک اسید و آبسزیک اسید بیشترین نقش مثبت را در افزایش سطح فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز نشان دادند. پلی فنل اکسیداز، یک متالوپروتئین حاوی مس است که اکسیداسیون ترکیبات فنولیک به کینون‌ها را کاتالیز می‌کند و باعث ایجاد رنگدانه‌های قهوه‌ای در بافت‌های زخمی می‌شود. این مکانیسم آنزیمی همچنین باعث از بین رفتن محصولات بویژه میوه‌های گرمسیری پس از برداشت می‌شود (Queiroz *et al.*, 2008). به نظر می‌رسد آنزیم آسکوربات پراکسیداز اصلی‌ترین آنزیم آنتی‌اکسیدانت در انگور یاقوتی تحت تاثیر تیمارهای هورمونی انجام شده باشد. همانطور که در نمودار مربوط به تغییرات فعالیت آنزیم آسکوربات در شکل ۶ مشاهده می‌شود در مرحله بعد از گلدهی، همزمان با اوج تنش گرمایی در منطقه سیستان تحت تاثیر تیمار آبسزیک اسید و ایندول استیک اسید، میزان فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز به شدت افزایش یافته است. آنزیم آسکوربات پراکسیداز نقش چشمگیری در تعدیل میزان ROS تولید شده طی تنش در سلول دارد (Maruta *et al.*, 2016). این آنزیم از آسکوربات به عنوان احیاء کننده استفاده می‌کند. هورمون ایندول استیک اسید به طور معناداری فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز را افزایش می‌دهد. گایاکول پراکسیداز از اکسیداسیون ترکیبات فنلی مثل گایاکول برای سمیت زدایی و تجزیه آب اکسیژنه استفاده می‌کند و در سیتوزول، دیواره سلولی و واکوئل

دیده می‌شود. ترکیبات فنلی مثل گایاکول به عنوان دهنده الکترون به پراکسید هیدروژن عمل می‌کنند (Lu et al., 2008).

نتیجه گیری

مقاومت منحصر به فرد انگور یاقوتی به شرایط گرم و خشک سیستان بوسیله سازگاری آن در طول هزاران سال شکل گرفته است. تنظیم کننده‌های رشد با تاثیری که بر سیستم آنتی‌اکسیدانی و روابط منبع و مخزن می‌گذارند، به عنوان یک راه حل برای کاهش آثار تنش‌های محیطی در سطوح مولکولی، سلولی، بیوشیمیایی، فیزیولوژیکی و محصول‌دهی تلقی می‌شوند. مقایسه چهار فاکتور رنگدانه‌های فتوسنتزی، میزان پروتئین، پرولین و کربوهیدرات نشان می‌دهد تحت تیمار هورمونی بویژه هورمون آبسزیک اسید مقاومت گیاه به تنش گرمایی افزایش پیدا می‌کند. هرچند تیمار جیبرلین و ایندول استیک اسید به ترتیب تاثیر کمتری نسبت به آبسزیک اسید در القای مقاومت گرمایی دارند. تیمارهای هورمونی ایندول استیک اسید و آبسزیک اسید بیشترین نقش مثبت را در افزایش سطح فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز نشان دادند. به نظر می‌رسد آنزیم آسکوربات پراکسیداز اصلی‌ترین آنزیم آنتی‌اکسیدانت در انگور یاقوتی تحت تاثیر تیمارهای هورمونی انجام شده باشد. در حالیکه هر سه تیمار هورمونی تقریباً سبب کاهش سطح فعالیت آنزیم کاتالاز در هر سه مرحله رشدی مورد مطالعه شدند.

سپاسگزاری

این پژوهش با حمایت مالی دانشگاه زابل براساس قرارداد پژوهانه به شماره IR-UOZ-GR-2874 انجام شد.

تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافی در این مقاله وجود ندارد.

منابع

- Abdalla, M. (2007). The Influence of Water Stress on Growth, Relative Water Content, Photosynthetic Pigments, Some Metabolic and Hormonal Contents of two *Triticum aestivum* cultivars. *Journal of Applied Sciences Research*. 3(12):2062-2074.
- Aliyu O.M. Oluwayemisi O.A. and Joshua A.A. (2011). Foliar application of the exogenous plant hormones at pre-blooming stage improves flowering and fruiting in cashew (*Anacardium occidentale* L.). *Journal of Crop Science and Biotechnology*. 1(14): 43-50.
- Barickman T. Casey A. Kopsell D. and Sams C. (2014). Abscisic Acid Increases Carotenoid and Chlorophyll Concentrations in Leaves and Fruit of Two Tomato Genotypes. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 139(2): 61-66.
- Bates L.S. Waldren R.P. and Teare I.D. (1973). Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil*. 39(2): 05-07.
- Choudhury N.K. and Behera R.K. (2001). Photoinhibition of Photosynthesis: Role of Carotenoids in Photoprotection of Chloroplast Constituents. *Photosynthetica*. 39(4): 81-88.
- Dazy M. Jung V. Féraud J.F. and Masfaraud J.F. (2008). Ecological recovery of vegetation on a coke-factory soil: role of plant antioxidant enzymes and possible implications in site restoration. *Chemosphere* 74: 57-63.
- Ghasem beigi O. Erfani M.J. and Khademi O. (2015). Effect of gibberellic acid spraying and girdling on the improvement of the quantity and quality characteristics of 'Yaghooti' seedless grape'. *Journal of Crops Improvement*. 17(4): 57-69. (In Persian).
- Grimplet J. Javier T. Natalia L. and Javier I. (2017). Differences in Flower Transcriptome between Grapevine Clones Are Related to Their Cluster Compactness, Fruitfulness, and Berry Size'. *Frontiers in plant science*. 8: 632.
- Haisel D. Pospíšilova J. Synkova H. Schnablova R. and Batkova P. (2006). Effects of abscisic acid or benzyladenine on pigment contents, chlorophyll fluorescence, and chloroplast ultrastructure during water stress and after rehydration. *Photosynthetica*. 44(6): 06-14.
- Hall M.B. (2007). Methodological challenges in carbohydrate analyses. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 36(3): 59-67.
- He F. (2011). Bradford Protein Assay. *Bio-protocol*. 1: e45.
- Jahantigh H. Emamjomeh A. Solouki M. and Heidari F. (2020). Studying of Gene Expression Chalcone Synthase and ABA-8' Hydroxylase Related to Early ripening In Yaghooti Grape of Sistan. *Modern Genetics Journal*. 15(1): 61-70. (in Persian)
- Kaya C. Tuna A. and Yokas I. (2009). The Role of Plant Hormones in Plants Under Salinity Stress. *Salinity and Water Stress: Improving Crop Efficiency*. 45-50
- Kuhn N. Alejandra S. Carlos A. Aníbal A. Carmen E. Satyanarayana G. Laurent D. and Patricio A.J. (2016). Regulation of polar auxin transport in grapevine fruitlets (*Vitis vinifera* L.) and the proposed role of auxin homeostasis during fruit abscission. *BMC Plant Biology*. 16(3): 24-34.

- Lichtenthaler H.K. (1987). Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods Enzymol* (Academic Press)
- Lu P. Sang W.G. and Ma K.P. (2008). Differential responses of the activities of antioxidant enzymes to thermal stresses between two invasive Eupatorium species in China. *Journal of Integriation Plant Biology*.50: 393-401.
- Maruta T. Yoshihiro S. Shigeru S. and Takahiro I. (2016). Diversity and Evolution of Ascorbate Peroxidase Functions in Chloroplasts: More Than Just a Classical Antioxidant Enzyme. *Plant and Cell Physiology*. 57(13): 77-86.
- Merewitz E.B. Gianfagna T. and Huang B. (2011). Protein accumulation in leaves and roots associated with improved drought tolerance in creeping bentgrass expressing an ipt gene for cytokinin synthesis. *Journal of experimental botany*. 62: 5311-33.
- Nakano Y. and Asada K. (1981). Hydrogen Peroxide is Scavenged by Ascorbate-specific Peroxidase in Spinach Chloroplasts. *Plant and Cell Physiology*. 22(8): 67-80.
- Queiroz C. Maria L.M.L. Eliane F. and Vera L.V.M. (2008). Polyphenol Oxidase: Characteristics and Mechanisms of Browning Control. *Food Reviews International*. 24(3): 61-75.
- Raymond J. Rakariyatham N. and Azanza J.L. (1993). Purification and some properties of polyphenoloxidase from sunflower seeds. *Phytochemistry*. 34(9): 27-31.
- Sardar Shahraki A. Amirzadeh S. and Rafati M. (2019). The Effect of Application of Drip Irrigation System on Production Rate of Yoghouti Grapes and Its Effective Factors in Zabol County of Iran. *Agricultural Economics and Development*. 27: 187-208. (In Persian)
- Sharma I. and Ahmad P. (2014). Catalase: A Versatile Antioxidant in Plants. *Oxidative Damage to Plants*. Academic Press. 131-148.
- Shiri Y. Solouki M. Ebrahimie E. Emanjomeh A. and Zahiri J. (2019). Gibberellin causes wide transcriptional modifications in the early stage of grape cluster development. *Genomics*. 112(1): 820-830.
- Shiri Y. and Kalkali N. (2021). Evaluation of HSP-70 heat-tolerance gene in Yaghooti grape of Sistan under hormonal treatment by Indole acetic acid, Gibberellic acid and Abscisic acid. *Agricultural Biotechnology Journal*. 13: 25-42. (In Persian)
- Shiri Y. Solouki M. Ebrahimie E. Emanjomeh A. and Zahiri J. (2018). Unraveling the Transcriptional Complexity of Compactness in Sistan Grape Cluster. *Plant Science*. 207: 198-208.
- Trovato M. Mattioli R. and Costantino P. (2008). Multiple roles of proline in plant stress tolerance and development. *RENDICONTI LINCEI*. 19: 325-46.
- Varjovi M. Valizadeh M. and Bandehagh A. (2015). Primary Antioxidant Enzymes and Their Important Role in Oxidative Stress in Plants and Mammalian. *Biological Forum*. 7: 180-86.
- Vos I.A. Verhage A. Lewis G.W. Vlaardingerbroek I. Schuurink C.R. Pieterse M.J.C. and Saskia C.M. Van W. (2019). Abscisic acid is essential for rewiring of jasmonic acid-dependent defenses during herbivory. *bioRxiv*: 747345.

Investigation of hormonal treatments in physiological alterations of Sistan Yaghooti grapes

N. Kalkali¹, A .Emamjomeh^{2&1*}, Y .Shiri³, M. Solouki¹

Received: 2022.07.03

Accepted: 2022.11.30

Abstract

Introduction: Yaghooti grape is the earliest ripening grape in Iran and has advantages such as good taste and high heat and drought resistance; but it has highly clustered density. **Materials and methods:** Physiological alterations of Yaghooti grape in three growth stages, as well as the amount of accumulation of some physiological substances, under the three hormones gibberellic acid, indole-3-acetic acid, and abscisic acid.

Results and discussion: Abscisic acid hormone had the most positive effect on total chlorophyll and carotenoid levels. The average amount of total chlorophyll was equal to (25.51), (18.76) and (26.16) mg/ml in the pre-flowering, flowering, and post-flowering stages, respectively. Under three hormones, the protein level is greatly reduced by 70%, Gibberellin treatment in the third stage of cluster development caused a 26% increase in carbohydrate level. The guaiacol peroxidase increased under indole acetic acid, but other hormonal treatments decreased the amount of this enzyme in Yaghooti grapes. The biggest reduction was related to gibberellin treatment with nearly 80% of the control sample in the first and second stage of cluster development and 55% in the third stage. The amount of ascorbate peroxidase enzyme was accompanied by an upward trend under influence of abscisic acid. Also, all three hormones almost caused a decrease in catalase enzyme activity in all three developmental stages. Indole acetic acid increased the activity of polyphenol oxidase enzyme during stages. Gibberellin, apart from slightly increasing the activity of ascorbate peroxidase enzyme during flowering, strongly reduced the activity of three other enzymes during all stages.

Keywords: *Antioxidants, chlorophyll, grapes, phytohormones, plant physiology.*

1.M.Sc. graduated, Associate Professor & Professor, respectively; Department of Plant Breeding and Biotechnology (PBB); Faculty of Agriculture; University of Zabol; Zabol; Iran

2. Associate Professor; Department of Bioinformatics; Faculty of Basic Sciences; University of Zabol; Zabol; Iran (*Corresponding Author: aliemamjomeh@uoz.ac.ir)

3. Assistant Professor; Department of Agronomy and Plant Breeding; Agriculture Research Center; Zabol Research Institute; Zabol; Iran.