

## بررسی الگوی بیان نسبی ژن *TaMYB73* در برخی اقام جو بومی منطقه سیستان تحت تنش خشکی

لیلا فهمیده<sup>۱\*</sup>، ایوب مزارعی<sup>۲</sup> و پریسا پهلوان<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> ایران، گرگان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، دانشکده تولید گیاهی، گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی

<sup>۲</sup> ایران، زابل، دانشگاه زابل، دانشکده کشاورزی، گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۲/۱۷

### چکیده

رشد گیاهان به شدت تحت تأثیر تنش‌های محیطی چون، خشکی، شوری زیاد، درجه حرارت کم یا زیاد قرار می‌گیرد و بر این اساس شناسایی ژن‌ها، به‌خصوص ژن‌های تنظیم‌کننده که در انطباق یا تحمل تنش نقش دارند بسیار ضروری است. پروتئین‌های خانواده MYB یکی از خانواده‌های بزرگ عوامل نسخه برداری اختصاصی گیاهی است و نقش‌های متنوعی را در مراحل نمو گیاهی و پاسخ به تنش‌ها ایفا می‌کند. از این رو هدف از این تحقیق بررسی الگوی بیان نسبی ژن *TaMYB73* و همچنین تغییرات محتوی تنظیم‌کننده‌های اسمزی، محتوی آب نسبی برگ، میزان پروتئین و رنگیزه‌های فتوسنتزی چهار رقم جو منطقه سیستان (نیمروز، نومار، اکلیل و زهک) تحت سطوح مختلف تنش خشکی (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی (شاهد)، ۷۵ درصد ظرفیت زراعی و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی) بود. این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. نتایج مقایسه میانگین نشان داد با افزایش سطوح تنش خشکی نسبت به سطح شاهد، میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی، محتوی نسبی آب برگ و پروتئین کاهش یافت ولی بیان نسبی ژن *TaMYB73*، غلظت پرولین، کربوهیدرات و میزان کاروتنوئید افزایش یافت. در بین ارقام مورد بررسی میزان تغییرات تنظیم‌کننده‌های اسمزی، رنگدانه‌های فتوسنتزی، محتوی آب نسبی برگ و بیان نسبی ژن مورد مطالعه در رقم نیمروز و سپس اکلیل، نسبت به سایر ارقام بالاتر بود. از این رو پیشنهاد می‌شود در مطالعات بعدی سایر آزمایشات تکمیلی نیز برای تأیید نتایج فوق انجام شود تا بتوان از طریق مطالعات آزمایشگاهی ارقام را از نظر تنش‌ها و به‌خصوص تنش خشکی در زمان کمتری دسته‌بندی نمود.

واژه های کلیدی: پروتئین‌های Myeloblastosis، سازوکارهای اسمزی، عوامل رونویسی، واکنش زنجیره‌ای پلیمرز کمی

\* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۱۷۳۲۲۵۱۶۷۲، پست الکترونیکی: l.fahmideh@gau.ac.ir

### مقدمه

خسارت‌های زیان‌باری بر رشد رویشی و زایشی محصولات زراعی و باغی در جهان (۱۱) و به ویژه ایران وارد می‌نماید (۸). از این رو گیاهان در مواجهه با کمبود رطوبت طی واکنش‌های مختلف مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و متابولیکی به تنش پاسخ داده و خود را با شرایط محیطی منطبق و متحمل می‌سازد (۹). به طوری که به محض تشخیص تغییرات درون سلولی،

جو (*Hordeum vulgare* L) یکی از مهمترین گونه‌های زراعی غلات است که پس از گندم، برنج و ذرت بیشترین میزان تولید را داشته و نزدیک به ۳۰ درصد تولیدات غله جهان را به خود اختصاص داده است (۲۰). یکی از مهمترین عوامل محدود کننده رشد و عملکرد گیاهان و شایعترین مورد کاهش عملکرد محصول به علت افزایش دما و کاهش آب در دسترس گیاه است (۱۰) که هر ساله

گیاهی (یوکاریوت‌ها) دخیل هستند. از مشخصه مهم این خانواده، داشتن یک دامین اتصال به DNA در ناحیه N-terminal که حفاظت شده است و ناحیه تنظیم رونویسی در C-terminal که مسئول تنظیم فعالیت پروتئین است (۵۳). پروتئین‌های MYB گیاهی به چهار گروه عمده Containing a single or partial R1, R2, MYB-related (Containing four R1 and/or R2 domains) 4R و R1R2R3 R2R3 (or R3) تقسیم می‌شوند (۳۲): به طوری که MYB-R2R3 دارای دو تکرار مجاور، MYB-R1R2R3 دربردارنده سه تکرار مجاور هم و یک گروه ناهمگن، MYB-4R دارای ۴ تکرار و MYB-related که معمولاً (اما نه همیشه) حاوی تنها یک تکرار MYB هستند (۳۸).

گزارش‌های متعددی بر بیان ژن‌های خانواده MYB طی تنش غیرزیستی به خصوص تنش خشکی انجام شده است که از جمله می‌توان در گیاه آرابیدوپسیس به مطالعه Abe و همکاران (۲۱ و ۱۵) بر بیان ژن *AtMYB2* و همکاران (۴۳) بر بیان ژن *AtMYB44* و Seo و همکاران (۶۵) بر بیان ژن *AtMYB96* در گیاه گندم به مطالعه Agarwal و همکاران (۲۲) بر بیان ژن *AtMYB15* و Himi و همکاران (۴۰) بر بیان ژن *TaMYB10* و Ma و همکاران (۴۸) بر بیان ژن *TaMYB2A* و در گیاه برنج هم به پژوهش Rahaie و همکاران (۵۶) بر بیان ژن *TaMYBsdu1* اشاره کرد. همچنین در پژوهش‌هایی دیگر که فهمیده و همکاران (۱۲) نعیمی و همکاران (۱۹) و تبارکی و همکاران (۴) بر بیان ژن *TaMYB73* در گیاه گندم انجام دادند نتایج بیانگر افزایش بیان نسبی ژن فوق طی تنش خشکی بود. در مطالعه دیگری Zhang و همکاران (۷۴) به منظور بررسی بیان ژن‌های متحمل به تنش غیرزنده، سه همولوگ A-*TaMYB19*، *B-TaMYB19* و *D-TaMYB19* ژن *TaMYB19* را به گیاه آرابیدوپسیس منتقل و نتایج نشان داد الگوهای بیان این سه ژن در شرایط نرمال مشابه بود اما در شرایط تنش غیرزنده (سرما (دما پایین)، خشکی (polyethylene glycol)، شوری و Exogenous ABA) و

مسیرهای پیام‌رسانی (Signal Transduction) مختلفی به منظور پاسخ به تنش فیزیکی شروع شده و هر یک از آنها بیان دسته‌ای خاص از ژن‌های پاسخ دهنده به تنش را سبب می‌شوند (۴۶). فرآورده‌های این ژن‌ها نه تنها به عنوان محافظ سلول‌ها در طی تنش عمل می‌کنند بلکه در تنظیم ژن‌های درگیر در پیام‌رسانی پاسخ به تنش نیز نقش مهمی دارند (۴۹). فرآورده این ژن‌ها بر اساس نوع عملکرد آن‌ها به دو گروه طبقه بندی می‌شود: گروه اول پروتئین‌های مرتبط با تنش غیرزیستی مانند: چاپرون‌ها، پروتئین‌های کانال‌آبی، پروتئین‌های اواخر دوره جنین‌زایی (late embryogenesis proteins)، آنزیم‌های بیوستز اسمولیت‌ها، آنزیم‌های سم‌زدایی و آنزیم‌های تغییردهنده لیپیدهای غشایی می‌باشند و گروه دوم هم عوامل پروتئینی درگیر در پیام‌رسانی و تنظیم‌کننده‌های بیان ژنی مانند: پروتئین‌کینازها، آنزیم‌های درگیر در متابولیسم فسفو لیپیدها و فاکتورهای رونویسی (TF) را شامل می‌شوند (۷۲).

فاکتور رونویسی گروهی از پروتئین‌ها هستند که فرآیندهای سلولی را به وسیله تنظیم بیان ژن‌های هدف پایین دست کنترل می‌کنند (۶۱). بخش بزرگی از پروتئین‌های اختصاصی گیاهی فاکتور نسخه‌برداری هستند که معرف اهمیت این پروتئین‌ها در تکامل گونه‌های گیاهی هستند (۵۰). ساختار پروتئینی یک فاکتور نسخه‌برداری دارای دو دامنه می‌باشد که شامل دامنه اتصال به DNA که مسئول اتصال به عناصر Cis اختصاصی DNA در ناحیه راه‌انداز ژن‌های هدف است و دامنه تنظیمی که مسئول تنظیم نسخه‌برداری ژن‌های هدف می‌باشد (۴۲). یکی از مهمترین فاکتور رونویسی (TF) پروتئین‌های Myeloblastosis هستند که یک خانواده بزرگ از عوامل رونویسی بوده و از اهمیت خاصی در تنظیم فرایندهای نمو و پاسخ‌های گیاه در برابر عوامل غیرزنده برخوردار هستند (۵۸).

پروتئین‌های MYB در واقع کلاس متنوعی از پروتئین‌های متصل‌شونده به DNA بوده که در تنظیم رونویسی ژن‌های

فناوری کشاورزی دانشگاه زابل و به صورت گلدانی کشت شد. در هر گلدان ۱۰ عدد بذر کاشته شد و بعد از رسیدن بوته‌ها به مرحله ۴ برگگی عمل تنک کردن انجام و درون هر گلدان ۵ بوته یکسان نگهداری شد. پس از استقرار کامل بوته‌ها و ۱/۵ ماه بعد از کاشت، تیمارهای تنش خشکی به مدت زمان سه هفته اعمال شد (۷). نمونه‌برداری از همه برگ‌های گیاه (مخلوطی از همه برگ‌های گیاه) در مرحله ۳ الی ۴ برگگی بودن گیاهچه‌ها و در یک‌زمان صورت گرفت. در ادامه سنجش بیان نسبی ژن *TaMYB73* اندازه‌گیری میزان پرولین، کربوهیدرات، محتوی آب نسبی برگ، میزان پروتئین و رنگیزه‌های فتوسنتزی انجام شد.

#### اندازه‌گیری میزان تنظیم‌کننده‌های اسمزی

**میزان کربوهیدرات:** به منظور اندازه‌گیری میزان کربوهیدرات، ابتدا ۰/۲ گرم بافت سبز گیاه با ۱۰ سی‌سی الکل اتانول ۹۵٪ مخلوط شد و سپس محلول به دست آمده به مدت ۱ ساعت در حمام بن ماری و در دمای ۸۰ درجه سانتیگراد قرار گرفت. پس از سرد شدن، ۱ سی‌سی از محلول را برداشته و به آن ۱ سی‌سی فنل ۵ درصد و ۵ سی‌سی اسید سولفوریک ۹۸٪ اضافه شد. در نهایت با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر ۱۶۰-UV در طول موج ۴۸۳ نانومتر قرائت شد (۴۲).

**میزان پرولین:** ابتدا مقدار ۰/۱ گرم بافت برگگی با ۱۰ میلی‌لیتر سولفوسالسیلیک اسید ۳/۳ درصد مخلوط و محلول حاصل پس از صاف کردن با سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه و دمای ۴ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شد و سپس به دو میلی‌لیتر از عصاره، دو میلی‌لیتر معرف ناین هیدرین و دو میلی‌لیتر اسید گلاسیال استیک خالص اضافه گردید. پس یک ساعت قرارگیری لوله‌ها در بن‌ماری، مقدار چهار میلی‌لیتر تولوئن به هرکدام از لوله‌ها اضافه و به مدت ۱۵ تا ۲۰ ثانیه ورتکس شدند. پس از تشکیل دو بخش جداگانه، بخش بالایی رنگی (به رنگ زرد متمایل به قرمز)، با دقت جدا و در

در مرحله گیاهچه‌ای، بیان ژن *B-TaMYB19* گیاهان تراریخت نسبت به دو توالی همولوگ خود متفاوت بود.

مقاومت به تنش به علت پیچیده بودن اثرات متقابل بین فاکتورهای تنش و نیز تنوع پدیده‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی مؤثر بر رشد و نمو گیاه بسیار پیچیده است (۵۹) از این‌رو شناسایی مسیرهای پاسخ به تنش و همچنین مولکول‌های واسطه که در انتقال و پردازش تنش در گیاهان نقش دارند، بسیار مهم و پایه‌ای است. بنابراین جهت فهم بیشتر سازوکارهای مقاومت به تنش در گیاهان و دستیابی به منابع ژنتیکی خاص، بررسی تغییرات بیان ژن‌های کلیدی خاص و شناخت آثار تنش در ارقام مختلف امری ضروری است (۵۱). از طرفی با وجود تمام مطالعاتی که در ارتباط با سازوکار سلولی و مولکولی پاسخ به تنش خشکی انجام شده است، هنوز درک درستی از سازوکار تنظیمی تحمل به تنش خشکی و حفظ رشد گیاه تحت تنش خشکی وجود ندارد و می‌طلبد که در این رابطه تحقیقات کاملتری صورت پذیرد (۳۰). از این‌رو تحقیق حاضر به منظور بررسی و مقایسه اثر تنش خشکی بر بیان نسبی ژن *TaMYB73* و برخی پاسخ‌های فیزیولوژیک مرتبط با آن در چهار رقم جو بومی منطقه سیستان انجام شد.

#### مواد و روشها

**تهیه بذر و نمونه برداری:** این تحقیق در قالب طرح فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار به صورت گلدانی اجرا شد. گلدان‌های مورد استفاده از نوع پلاستیکی با قطر دهانه ۲۳ سانتیمتری و ارتفاع ۲۰ سانتیمتر بودند. تیمارهای آزمایشی شامل چهار رقم جو بومی منطقه سیستان (نیمروز، نومار، زهک و اکلیل) و سطوح مختلف تنش خشکی شامل: آبیاری کامل (ظرفیت زراعی)، ۷۵ درصد ظرفیت زراعی و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی بود. بذره‌های مورد نظر از مرکز تحقیقات کشاورزی شهرستان زابل تهیه و در ۱۳۹۹ در گلخانه تحقیقاتی مرکز زیست

اندازه‌گیری میزان پروتئین: برای سنجش میزان پروتئین به لوله‌های آزمایش ۵۰ میکرولیتر از عصاره پروتئینی و ۲/۵ میلیلیتر محلول برادفورد اضافه کرده و به سرعت هم زده و در نهایت جذب در طول موج ۵۹۵ قرائت گردید. غلظت پروتئین بر حسب میکروگرم بر گرم بافت تازه با استفاده از منحنی استاندارد محاسبه گردید (۲۷).

#### ارزیابی مولکولی

**استخراج RNA:** RNA گیاه جو با استفاده از کیت Total RNA isolation شرکت دنازیست آسیا، مطابق دستورالعمل کیت استخراج شد. کیفیت RNA استخراج شده با استفاده از ژل آگارز یک درصد تعیین شد. تشکیل دو باند RNA ریپوزومی *28srRNA* و *18srRNA* روی ژل نشان دهنده کیفیت بالای RNA تخلیص شده بود. جهت از بین بردن DNA ژنومی از آنزیم DNase شرکت پیشگام استفاده شد.

**طراحی آغازگرها:** در این مطالعه از آغازگرهای اختصاصی *TaMYB73* به همراه ژن *18srRNA* استفاده شد. طراحی این آغازگرها بر اساس انتهای ۳' به کمک داده‌های موجود در پایگاه اینترنتی National Center for Biotechnology Information (NCBI) و همچنین نرم افزار 3 Primer صورت گرفت. مشخصات آغازگرها در جدول ۱ آورده شده است:

دستگاه اسپکتروفتومتری با طول‌موج ۵۲۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. میزان پرولین با استفاده منحنی استاندارد و بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر محاسبه شد (۲۵).

**محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی برگ:** با روش Prochazka و همکاران (۵۴) محاسبه گردید:

$$\text{Chlorophyll a} = (19.3A_{663} - 0.86A_{646})V/100W \quad [1]$$

$$\text{Chlorophyll b} = (19.3A_{646} - 3.6A_{663})V/100W \quad [2]$$

$$\text{Total Chlorophyll} = \text{Chl a} + \text{Chl b} \quad [3]$$

$$\text{Carotenoides} = ((1000 * A_{470}) - (3.27 * \text{mg chl. a}) - (104 * \text{mg chl. B}))/227 \quad [4]$$

**سنجش محتوای نسبی آب برگ (RWC):** به منظور سنجش محتوای نسبی آب برگ از روش Filella و همکاران (۳۴) استفاده شد؛ بدین منظور از هر برگ چهار دیسک برگی به قطر یک سانتی متر تهیه و سریعاً وزن‌تر (WF) آنها اندازه‌گیری شدند. سپس تکه‌های برگ در پتری‌های درب دار حاوی آب مقطر به مدت ۲۴ ساعت شناور شد و پس از گرفتن رطوبت سطحی آنها، وزن اشباع (WT) آنها اندازه‌گیری شد. جهت اندازه‌گیری وزن خشک، نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون قرار داده شدند و پس از مجاسبه وزن خشک آنها (WD)، میزان محتوای آب نسبی برگ از رابطه زیر محاسبه شد:

(معادله ۱)

$$\text{RWC} (\%) = [(WF - WD) / (WT - WD)] \times 100$$

جدول ۱- توالی آغازگرهای مورد استفاده در واکنش Real Time PCR

Gene	Forward Primer	Reverse Primer
<i>TaMYB73</i>	5'-GGTGTTCCTAAAGTCCCCAGTTAG-3'	5'-GGTATTGCGTGTAAGCGTCGTGCT-3'
<i>18srRNA</i>	5'-GACACTAATGCGCCCGGTAT-3'	5'-AGGGGTCTGAAGCGGTAGAGG-3'

و مطابق دستورالعمل شرکت سازنده انجام شد. پس از سنتز cDNA بیان‌ژن‌ها با روش Real Time PCR و با

سنتز cDNA و بررسی بیان نسبی ژن *TaMYB73* مراحل ساخت cDNA با استفاده از کیت Geneall شرکت پیشگام

پس از اندازه‌گیری صفات مورد بررسی، داده‌های حاصله به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار تجزیه واریانس و مقایسه میانگین (روش دانکن) شدند. برای این منظور از نرم‌افزارهای EXCELL و SAS ver 9.1 استفاده شد.

## نتایج

**رنگی‌های فتوستزی:** نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که میزان رنگی‌های فتوستزی تحت تأثیر سطوح مختلف تنش خشکی، رقم و اثر متقابل رقم در خشکی قرار گرفتند (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل رقم در خشکی نشان داد که با افزایش سطوح خشکی از میزان رنگی‌های فتوستزی ارقام مورد بررسی کاسته شد. به طوری که در هر چهار رقم مورد بررسی، بیشترین میزان کلروفیل a، b و کل، طی شرایط شاهد و کمترین میزان رنگی‌ها، در تنش خشکی ۵۰ درصد ظرفیت زراعی به دست آمد. در بین ارقام مورد بررسی بیشترین میزان رنگی‌های فوق مربوط به رقم نیمروز در شرایط شاهد بود (شکل ۱، ۲ و ۳). از طرفی با افزایش سطوح تنش خشکی بر میزان کاروتنوئید هر چهار رقم افزوده شد به طوری بیشترین مقدار کاروتنوئید با میانگین ۰/۹۵۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر مربوط به رقم اکلیل در خشکی ۵۰ درصد ظرفیت زراعی بود (شکل ۴).

دستگاه Real Time PCR set Corbett (3000) با استفاده از کیت EvaGreen و مطابق جدول ۲ برای هر نمونه در حجم نهایی ۲۰ میکرولیتر انجام شد. بدین ترتیب که cDNAهای ساخته شده با استفاده از دستگاه Real Time PCR و با شرایط تکثیر شامل: واسرشت اولیه ۱۵ دقیقه، سپس ۴۰ چرخه به صورت واسرشت سازی ۱۵ ثانیه در دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد، اتصال ۴۵ ثانیه در دمای اتصال (مناسب برای جفت آغازگر مورد نظر) و طولی‌سازی ۲۰ ثانیه در دمای ۶۰-۶۵ درجه سانتی‌گراد و در نهایت طولی‌سازی نهایی در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳ دقیقه مورد بررسی قرار گرفت.

جدول ۲- میزان و مواد لازم جهت انجام Real Time PCR

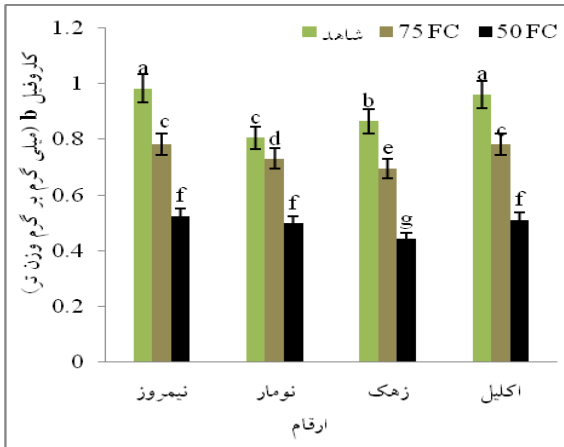
مقدار	مواد
1 $\mu$ l	cDNA
4 $\mu$ l	Eva Green Master
0.5 $\mu$ l	Primer Forward
0.5 $\mu$ l	Primer Rivers
14 $\mu$ l	PCR-grade water

برای تمام تیمارها نسبت نرخ بیان ژن هدف (*TaMYB73*) در مقایسه با ژن کنترل (*18srRNA*) با استفاده از فرمول  $2^{-\Delta\Delta Ct}$  محاسبه شد (۴۷) و برای هر نمونه سه تکرار برای ژن اختصاصی و سه تکرار برای ژن خانه‌دار *18S* در نظر گرفته شد.

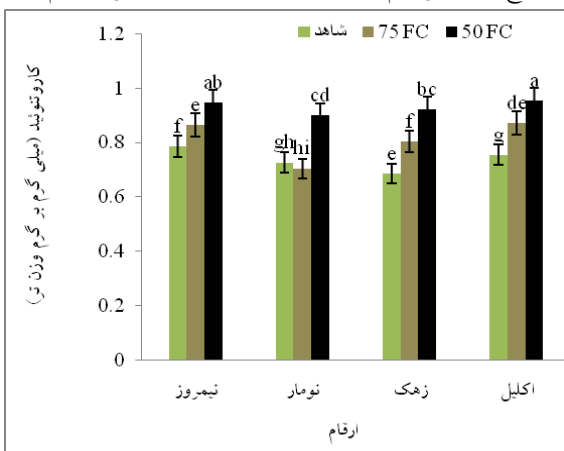
جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس اثر تنش خشکی و رقم بر برخی صفات فیزیولوژیکی رقم جو

منابع تغییرات	درجه آزادی	کلروفیل	a	کلروفیل	b	کلروفیل کل	کاروتنوئید	محتوی نسبی	پروتئین
		(میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	(میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	(میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	(میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	(میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	بر آب برگ (%)	(میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	(میلی‌گرم بر گرم وزن تر)
تنش خشکی	۲	۰/۸۵۹**	۰/۵۱۱**	۲/۵۱**	۰/۱۱۳**	۴۰/۷۵/۱۸**	۱/۱۱۸**		
رقم	۳	۰/۰۰۸۲**	۱/۰۲۱**	۰/۰۵۴**	۰/۰۱۶**	۳۲۲/۹۹**	۰/۲۷۹**		
تنش خشکی $\times$ رقم	۶	۰/۰۰۹**	۰/۰۰۴۱**	۰/۰۱۴**	۰/۰۰۴۲**	۲۶/۶۵**	۰/۰۴۰۴**		
خطا	۲۴	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۰۳۵	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۰۲۶	۳/۶	۰/۰۰۴۱		
ضریب تغییرات		۳/۷۶	۶/۶۴	۸/۱۶	۵/۹۸	۷/۰۵	۵/۰۰۴		

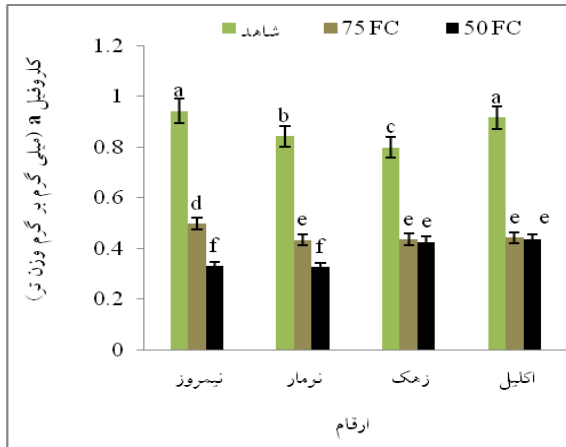
ns، \* و \*\* به ترتیب عدم اختلاف معنی‌دار، اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد



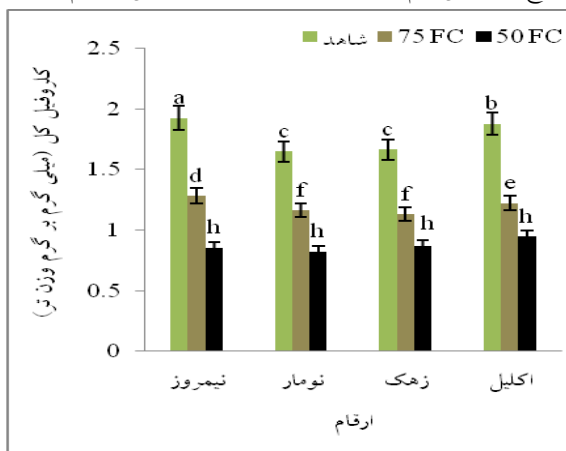
شکل ۲- نتایج اثر متقابل رقم در تنش خشکی بر میزان کلروفیل b ارقام جو



شکل ۴- نتایج اثر متقابل رقم در تنش خشکی بر میزان کاروتنوئید ارقام جو



شکل ۱- نتایج اثر متقابل رقم در تنش خشکی بر میزان کلروفیل a ارقام جو



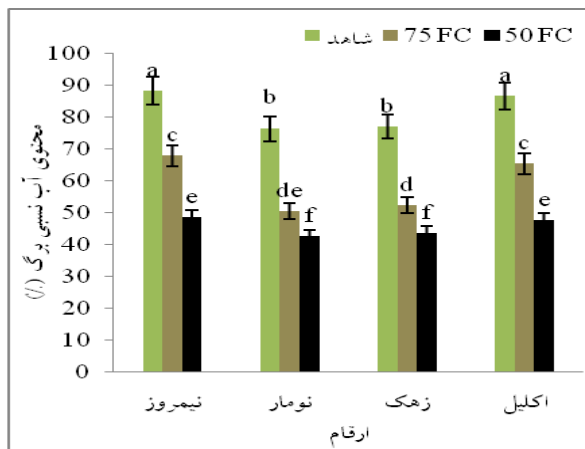
شکل ۳- نتایج اثر متقابل رقم در تنش خشکی بر میزان کلروفیل کل ارقام جو

اکلیل در شرایط تنش ۵۰ درصد هم مشاهده نشد، در مجموع بیشترین مقدار این صفت در رقم نیمروز و اکلیل در شرایط شاهد مشاهده شد (شکل ۵).

**میزان پروتئین:** نتایج تجزیه واریانس داده‌های جدول ۳ نشان داد که اثر تنش خشکی، رقم و اثر متقابل رقم در خشکی بر میزان پروتئین در سطح یک درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین اثر متقابل رقم در خشکی نشان داد که با افزایش سطح خشکی از میزان پروتئین ارقام مورد بررسی کاسته شد به طوری که بیشترین میزان پروتئین در شرایط شاهد مربوط به رقم زهک بود هرچند که اختلاف معنی‌داری بین این رقم و رقم اکلیل مشاهده نشد. همچنین از لحاظ میزان پروتئین در بین ارقام مورد بررسی در شرایط تنش خشکی ۵۰ FC اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، در

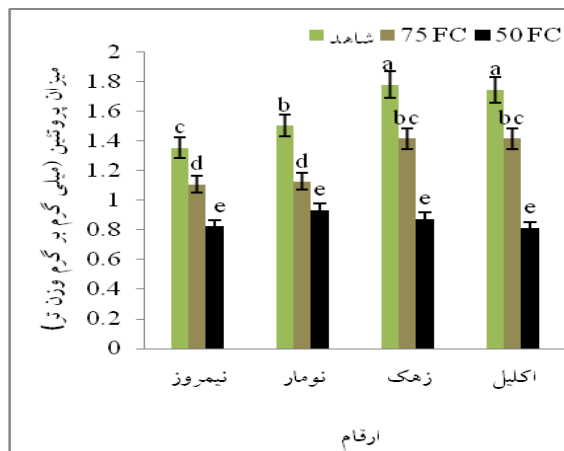
**محتوی آب نسبی برگ:** نتایج تجزیه واریانس داده‌های جدول ۳ نشان داد که اثر سطوح مختلف تنش خشکی، رقم و اثر متقابل آن‌ها بر میزان محتوی آب نسبی برگ در سطح یک درصد معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل رقم در خشکی نشان داد که با افزایش سطوح خشکی، میزان RWC ارقام مورد بررسی نسبت به سطح شاهد کاهش یافت، به طوری که در شرایط شاهد رقم نیمروز بیشترین میزان RWC (۸۸٪/۲۱) را نسبت به سایر ارقام دارا بود هرچند که اختلاف معنی‌داری بین رقم نیمروز و اکلیل در شرایط شاهد مشاهده نشد و از طرفی در شرایط تنش ۵۰ درصد ظرفیت زراعی نیز رقم نیمروز بیشترین میزان RWC (۴۸٪/۵۵) را نسبت به سایر ارقام دارا بود هرچند که اختلاف معنی‌داری بین رقم نیمروز و

شرایط شاهد به دست آمد (شکل ۶).



شکل ۶- نتایج اثر متقابل رقم در تنش خشکی بر میزان پروتئین برگ ارقام جو

مجموع بیشترین مقدار این صفت در رقم زهک و اکلیل در



شکل ۵- نتایج اثر متقابل رقم در تنش خشکی بر محتوی آب نسبی برگ ارقام جو

شرایط تنش خشکی ۵۰ درصد ظرفیت زراعی در رقم نیمروز مشاهده شد هرچند که اختلاف معنی‌داری بین رقم نیمروز و اکلیل در این شرایط مشاهده نشد (شکل ۷). همچنین بیشترین مقدار کربوهیدرات نیز در رقم نیمروز در شرایط تنش خشکی ۵۰ درصد ظرفیت زراعی حاصل شد (شکل ۸).

تنظیم‌کننده‌های اسمزی: نتایج تجزیه واریانس داده‌های جدول ۴ نشان داد که میزان تنظیم‌کننده‌های اسمزی تحت تأثیر سطوح مختلف تنش خشکی، رقم و اثر متقابل رقم در خشکی قرار گرفتند. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل رقم در خشکی نشان داد که با افزایش سطوح خشکی میزان پرولین و کربوهیدرات ارقام مورد بررسی نسبت به سطح شاهد افزایش یافت، به طوری که بیشترین میزان پرولین، در

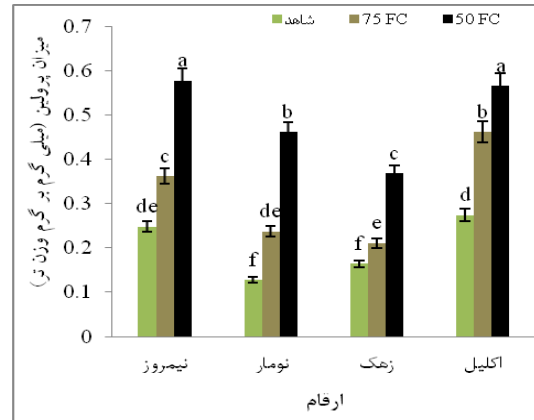
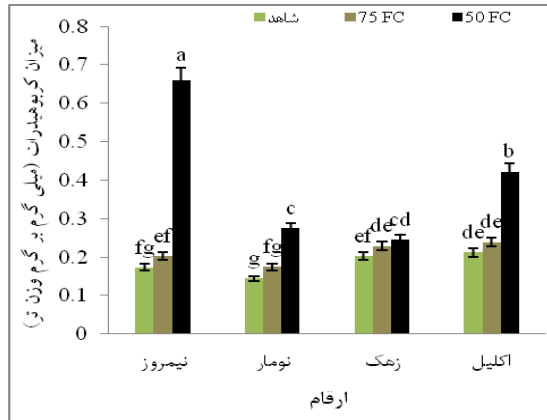
جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس اثر تنش خشکی و رقم بر میزان بیان نسبی ژن *TaMYB73*، کربوهیدرات و پرولین ۴ رقم جو

منابع تغییرات	درجه آزادی	$\Delta\Delta CT$	کربوهیدرات (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	پرولین (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)
تنش خشکی	۲	۶/۶۱۹**	۰/۱۶۴**	۰/۲۵۴**
رقم	۳	۰/۶۸۶**	۰/۰۳۹**	۰/۰۷۳**
تنش خشکی × رقم	۶	۰/۲۷۸**	۰/۰۳۶**	۰/۰۰۴**
خطا	۲۴	۰/۰۴۴	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۷
ضریب تغییرات		۳/۶۶	۷/۱۹	۸/۱۷

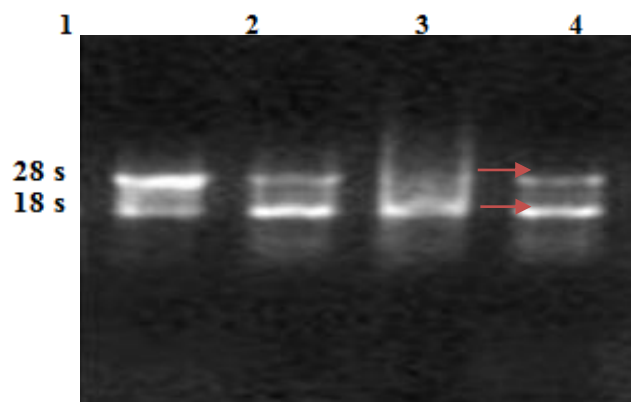
ns، \* و \*\* به ترتیب عدم اختلاف معنی‌دار، اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد

دو باند RNA ریپوزومی 18s و 28s روی ژل کیفیت بالای RNA استخراج شده را تایید می‌کنند.

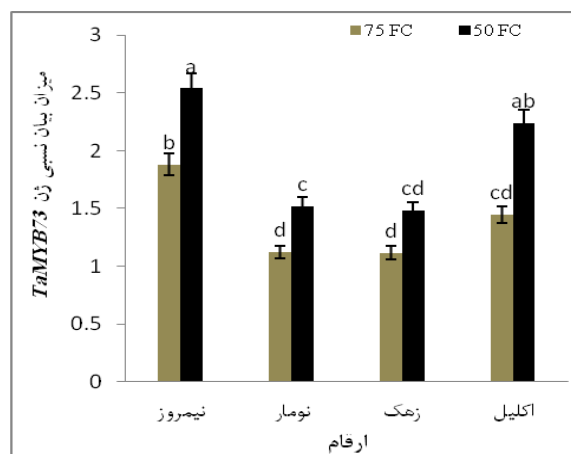
نتایج بررسی‌های مولکولی: نتایج استخراج RNA در شکل ۹ نشان داده شده است هم‌چنانکه مشاهده می‌شود



شکل ۷- نتایج اثر متقابل رقم در تنش خشکی بر میزان پرولین ارقام جو. شکل ۸- نتایج اثر متقابل رقم در تنش خشکی بر میزان کربوهیدرات ارقام جو



شکل ۹- RNA استخراج شده دارای دو باند ۲۸ S و ۱۸ S، شماره ۱ تا ۴ به ترتیب مربوط به ارقام نیمروز، نومار، زهک و اکلیل



شکل ۱۰- نتایج اثر متقابل رقم در تنش خشکی بر میزان بیان نسبی ژن TaMYB73 ارقام جو

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر سطوح تنش خشکی، رقم و اثر متقابل رقم در خشکی بر میزان بیان نسبی ژن *TaMYB73* در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل رقم در خشکی نشان داد که با افزایش سطوح خشکی بر میزان بیان نسبی ژن *TaMYB73* ارقام مورد بررسی افزوده شد. به طوری که در هر چهار رقم مورد بررسی، بیشترین میزان بیان نسبی ژن طی شرایط تنش خشکی ۵۰ درصد ظرفیت زراعی به دست آمد و از این نظر اختلاف آماری معنی‌داری بین ارقام مشاهده شد. در مجموع بیشترین میزان بیان ژن مورد بررسی مربوط به رقم نیمروز در شرایط تنش خشکی ۵۰ درصد ظرفیت زراعی بود (شکل ۱۰).

## بحث

این رنگیزه طی تنش ۵۰ درصد ظرفیت زراعی حاصل شد که با یافته‌های پژوهش امام و همکاران (۱) در گندم و حسینی و همکاران (۷) در تریتیکاله مبنی بر اینکه با افزایش شدت تنش میزان کاروتنوئید افزایش می‌یابد هم‌خوانی دارد. افزایش کاروتنوئیدها طی تنش خشکی ممکن است به دلیل نقش آنتی‌اکسیدانی بالای آنها باشد که سبب خنثی کردن اثر سمی گونه‌های اکسیژن فعال و محافظت از سیستم جمع‌کننده نوری دستگاه فتوسنتزی می‌شود و از طریق مکانیسمی که چرخه گزانتوفیل نامیده می‌شود، باعث مصرف اکسیژن و حفاظت از کلروفیل در مقابل فتواکسیداسیون می‌گردند (۴۱).

محتوی آب نسبی برگ به‌عنوان شاخصی برای نشان دادن شدت تنش و کمبود میزان آب در گیاه است (۵۲). در این بررسی اعمال تنش خشکی سبب کاهش RWC در برگ‌های تمامی ارقام جو مورد مطالعه شد و کاهش میزان این صفت طی تنش خشکی با یافته‌های مطالعه Soleimani و همکاران (۶۶) در ژنوتیپ‌های مختلف گندم نان، گنجی و همکاران (۱۵) و Pask و همکاران (۵۲) در ارقام جو هم راستا می‌باشد. بر اساس نظر Khan و همکاران (۴۵) کاهش محتوای رطوبت نسبی آب برگ طی تنش خشکی ممکن است ناشی از تجمع هورمون اسید آبسزیک تولیدی در سلول‌های روزنه‌ای باشد طی تنش خشکی در ریشه‌ها تولید و سبب بسته شدن سلول‌های روزنه‌ای شده که این امر متعاقباً سبب کاهش RWC می‌شود. در حالی که بر اساس نظر Venkateswarlu و Ramesh (۶۹) احتمالاً در شرایط تنش خشکی گیاهان با افزایش مواد اسمزی در درون بافت‌ها و فضای بین سلولی میزان آب در پیکره خود را به حداقل می‌رساند تا آب از بافت خاک با نیروی بیشتری وارد آن‌ها شود که این امر موجب کاهش میزان نسبی آب در شرایط تنش خشکی می‌گردد با مقایسه بین چهار رقم مطالعه حاضر هم در شرایط شاهد و تنش، بیشترین میزان RWC مربوط به رقم نیمروز بود. کاهش میزان RWC در شرایط تنش در این مطالعه و اکثر

نتایج این تحقیق نشان داد طی تنش خشکی و با افزایش میزان تنش میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی در هر چهار رقم کاهش یافت، به‌طوری که کمترین میزان رنگیزه‌های فوق در هر چهار رقم مورد بررسی طی تنش خشکی ۵۰ درصد ظرفیت زراعی و بیشترین میزان آنها هم طی شرایط شاهد حاصل شد. کاهش میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a، b و کل) در این مطالعه با یافته‌های مطالعه حسن‌پور لسکوکلاویه و همکاران (۶) در گندم، گنجی و همکاران (۱۵) و برده‌جی و همکاران (۳) در گیاه جو هم‌خوانی دارد. این محققین بیان کردند که طی تنش خشکی و با افزایش شدت خشکی میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی گیاه جو و گندم کاهش می‌یابد. همچنین در تحقیق دیگری مولودی و همکاران (۱۷) اثر سطوح خشکی ۳۵، ۶۰ و ۸۰ درصد ظرفیت زراعی را بر میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی جو بررسی و اظهار کردند که طی تنش خشکی و با افزایش شدت خشکی نسبت به سطح شاهد، میزان کلروفیل a، b و کل کاهش می‌یابد که با یافته‌های این مطالعه هم‌راستا می‌باشد.

محتوای کلروفیل برگ شاخصی از قابلیت فتوسنتزی بافت‌های گیاهی است و کاهش آن طی تنش باعث کاهش عملکرد در گیاهان می‌شود (۷۱). براساس نظر Wise و Naylor (۷۰) و Reddy و همکاران (۶۰) تخریب غشاهای تیلاکوئید کلروپلاست و اکسیداسیون نوری کلروفیل طی تولید و افزایش میزان رادیکال‌های اکسیژن ممکن است از جمله عوامل کاهش میزان کلروفیل طی تنش خشکی باشد یا این کاهش ممکن است به دلیل افزایش فعالیت آنزیم کلروفیل‌لاز طی تنش خشکی (۶) یا افزایش سنتز پرولین به دلیل مشترک بودن پیش ماده کلروفیل و پرولین طی تنش خشکی باشد (۱۶). از طرفی نتایج این مطالعه نشان داد که غلظت کاروتنوئید با افزایش سطوح تنش خشکی به طور قابل توجهی افزایش یافت به طوری که بیشترین میزان

یافته‌های مطالعه محققان در چهار رقم کلزا (۵)، پنج رقم گندم دوروم (۱۹) و جو (۱۸) مبنی بر اینکه طی تنش خشکی میزان پرولین ارقام افزایش می‌یابد و در بین ارقام مورد بررسی آنها نیز رقم یا ارقامی که بیشترین مقدار این صفت را داشتند، ارقام متحمل‌تری بودند هم‌راستا می‌باشد. در تحقیقی برده‌جی و همکاران (۳) اثر سطوح خشکی را بر میزان پرولین شش رقم جو (Funky, Mastesca, Campagen, Amistar, Shangrila) و رقم ایرانی یوسف) بررسی و اظهار کردند که طی تنش خشکی میزان پرولین شش رقم نسبت به سطوح شاهد افزایش می‌یابد که با نتایج این مطالعه نیز همخوانی دارد. همچنین در گزارشی دیگر Stroinski و Bandurska (۲۴) بیان کردند که محتوای پرولین برگ‌های گیاه جو تحت تأثیر تنش خشکی به میزان دو برابر افزایش می‌یابد.

پرولین یکی از مولکول‌های اسموپروتکتین است که تجمع آن حتی در باکتری‌ها، قارچ‌ها، جلبک‌ها و گیاهان در پاسخ به تنش خشکی و شوری گزارش شده است (۵۵) و مطالعات نشان داده است که تجمع پرولین در شرایط تنش، نقش حمایتی و حفاظتی اساسی از سلول‌ها و بافت‌ها داشته و سبب تحمل و مقاومت به تنش‌های محیطی می‌گردد (۶۴). افزایش پرولین طی تنش خشکی ممکن است ناشی از افزایش فعالیت آنزیم‌های شرکت‌کننده در سنتز پرولین از طریق مسیر گلوتامیت شامل  $\gamma$ -گلوتامین کیناز، گلوتامیل فسفات ردوکتاز و  $\Delta 1$ -پیرولین-۵-کربوکسیلات ردوکتاز باشد (۳۵) یا ممکن است به علت افزایش فعالیت آنزیم پیرولین 5-کربوکسیلات سنتتاز (P5CS) در مسیر گلوتامات باشد که گلوتامات را به گلوتامات سمی آلدئید (GSA) احیا و سپس به پیرولین ۵-کربوکسیلات (P5C) تبدیل می‌کند (۴۴).

نتایج به دست آمده از این تحقیق نشان داد که افزایش سطوح تنش خشکی سبب افزایش کربوهیدرات‌های محلول در ارقام مورد مطالعه شد و رقم نیمروز در شرایط

مطالعات گزارش شده است (۱۵ و ۳۳) اما به طور معمول ژنوتیپ‌هایی که بالاترین مقدار این صفت را در شرایط تنش خشکی داشته باشند ژنوتیپ‌های متحمل‌تری خواهند بود (۳۳ و ۵۲).

بررسی تغییرات پروتئین در طول دوره اعمال تنش خشکی نشان داد که میزان پروتئین ارقام مورد مطالعه طی تنش خشکی روندی کاهشی داشت به طوری که پس از اعمال تنش خشکی، کمترین میزان پروتئین برای تمامی ارقام، طی تنش شدید خشکی (۵۰ درصد ظرفیت زراعی) مشاهده شد. در شرایط شاهد هم بین ارقام اختلاف معنی‌داری وجود داشت و بیشترین میزان پروتئین در این شرایط مربوط به رقم زهک بود و ارقام اکلیل، نومار و نیمروز در مرتبه‌های بعدی قرار داشتند. بررسی‌ها نشان داده است که واکنش میزان پروتئین برگ به تنش خشکی متغیر بوده می‌تواند افزایشی، کاهشی یا بدون تغییر باشد (۲ و ۱۵). کاهش چشمگیر پروتئین طی شرایط تنش خشکی در مطالعات گنجی و همکاران (۱۵) در رقم‌های وحشی جو، مولودی و همکاران (۱۷) در جو بهاره و امینی و حداد (۲) در گیاه جو گزارش شده است که با یافته‌های این مطالعه مبنی بر این که تنش خشکی سبب کاهش میزان پروتئین به ترتیب در هر چهار رقم جو می‌شود همخوانی دارند. کاهش چشمگیر پروتئین طی شرایط تنش خشکی ممکن است به دلیل افزایش فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده پروتئین و افزایش فعالیت آنزیم‌های پروتئاز (۳۶)، کاهش سنتز پروتئین و تجمع اسیدهای آمینه آزاد از جمله پرولین (۵۷) و کاهش زیر واحد رویسکو و یا افزایش در اکسیداسیون پروتئین (۶۷) باشد.

نتایج این پژوهش نشان داد که طی تنش خشکی و افزایش سطوح آن میزان پرولین در هر چهار رقم جو نسبت به شاهد روندی افزایشی نشان داد. رقم نیمروز و اکلیل در شرایط تنش ۵۰ درصد ظرفیت زراعی بیشترین مقدار این صفت را بین ارقام مورد مطالعه نشان دادند که این نتایج با

تنش ۵۰ درصد ظرفیت زراعی بیشترین مقدار این صفت را دارا بود که این نتیجه با نتایج ارائه شده توسط قلی‌پور و عبادی (۱۴) در ارقام گندم، گنجی و همکاران (۱۵) در ارقام جو وحشی، مبنی بر اینکه افزایش قندهای محلول و تفاوت در میزان آن در شرایط تنش خشکی در رقم‌های مختلف متفاوت بود و ارقام متحمل‌تر از میزان قندهای محلول بیشتری در شرایط تنش برخوردار بودند، مطابقت دارد. همچنین در تحقیقاتی ناصری و همکاران (۱۸) و نعیمی و همکاران (۱۹) اثر سطوح خشکی را بر تجمع قندهای محلول جو و میزان کربوهیدرات ارقام گندم دوروم بررسی و بیان کردند طی تنش خشکی میزان قندهای محلول و کربوهیدرات‌ها تمامی ارقام مورد مطالعه طی تنش خشکی نسبت به سطوح شاهد افزایش داشت. کربوهیدرات‌های محلول نیز مانند پرولین نقش مهمی در فرآیند تنظیم اسمزی دارند (۶۳) و تحقیقات متعددی در زمینه نقش و افزایش آنها در طی تنش خشکی در غلات و گراس‌های معتدل انجام شده است که همگی بر نقش کربوهیدرات‌ها در تنظیم اسمزی سلول دلالت دارد (۱۵ و ۵۸). افزایش محتوای قندهای محلول تحت تنش خشکی ممکن است به علت افزایش فعالیت آنزیم آمیلاز (۷۳)، هیدرولیز نشاسته و کربوهیدرات‌های مرکب به قند-های ساده (۲۸) و کاهش انتقال ساکارز از برگ‌ها به سایر قسمت‌های گیاه باشد (۲۶).

نتایج این مطالعه نشاد داد که در هر دو سطح تنش خشکی میزان بیان نسبی ژن *TaMYB73* نسبت سطح شاهد به ترتیب افزایش ۷۵ و ۶۶ درصدی نشان داد که با یافته‌های مطالعه محققان در جو (۲۳)، آرابیدوپسیس (۳۹) و دو ژنوتیپ مقاوم و حساس گندم (۹) همخوانی دارد. این محققین بیان کردند که طی تنش خشکی بیان ژن‌های خانواده MYB-R2R3 افزایش می‌یابد. نتایج بررسی تغییر الگوی بیان ژن *TaMYB73* در ارقام جو مورد بررسی نشان داد که ژن انتخاب شده در پاسخ به تنش خشکی در ارقام جو دخیل بوده و تغییر بیان داشته و سطح بیان آن

در بین ارقام جو در شرایط تنش خشکی روندی افزایشی نسبت به سطح شاهد داشته است به طوری بیشترین بیان نسبی در شرایط تنش شدید (۵۰ FC) مربوط به رقم نیمروز و سپس رقم اکلیل بود. در مطالعه‌ای فهمیده و همکاران (۱۲) اثر سطوح خشکی را بر بیان نسبی ژن *TaMYB73* پنج رقم گندم نان بررسی و بیان کردند که طی تنش خشکی و با افزایش سطوح خشکی، میزان بیان نسبی ژن *TaMYB73* بین ارقام مورد بررسی و سطوح مختلف خشکی با هم تفاوت معنی‌داری داشت و رقم هیرمند، رقمی که بهترین پاسخ را نسبت به سایر صفات مورد مطالعه آنها در شرایط تنش داشت، در شدیدترین سطح تنش خشکی نیز بیشترین مقدار بیان نسبی این ژن را نشان داد، که نتایج آنها با یافته‌های این مطالعه نیز هم‌راستا می‌باشد. در گزارشی دیگر Alexander و همکاران (۲۳) بیان ژن *HvMYB1* را در گیاهان جو تراریخته تحت تنش خشکی بررسی و بیان کردند که گیاهانی که سطح بیان ژن *HvMYB1* دارند در برابر خشکسالی مقاوم‌تر هستند و نسبت به گیاهان شاهد محتوی نسبی آب بالاتر، میزان هدر رفت آب و هدایت روزنه‌ای کمتری دارند که نتایج آنها با نتایج مطالعه حاضر همخوانی دارد. همچنین در تحقیق دیگری اثر سطوح مختلف خشکی (۲۵، ۲۰، ۱۵ و ۵ درصد ظرفیت زراعی) بر بیان نسبی ژن *TaMYB73* در پنج ژنوتیپ گندم دوروم بررسی و نتایج آنها نشان داد که تحت تنش خشکی و با افزایش سطوح خشکی، میزان بیان ژن *TaMYB73* در ارقام مورد بررسی افزایش داشت و ژنوتیپ‌های به‌رنگ و دنا که هم‌زمان واکنش بهتری نسبت به سایر صفات مورد بررسی داشتند، بیشترین میزان افزایش بیان نسبی این ژن را نیز دارا بودند که نتایج آنها نیز تأییدی بر نتایج مطالعه فوق می‌باشد (۱۹).

فاکتورهای رونویسی به عنوان تنظیم‌کننده‌های ژن هدف، با مشارکت در بسیاری از فرایندهای زیستی باعث سازگاری گیاه با شرایط نامساعد محیطی از جمله خشکی می‌شوند (۲۸) و از طریق برهمکنش با مناطق سیس-المنت نواحی

چهار رقم جو مورد بررسی افزایش یافت. همچنین با افزایش سطوح تنش خشکی و همگام با افزایش میزان نسبی ژن *TaMYB73*، تجمع کاروتنوئید، پرولین و کربوهیدرات هم نسبت به شاهد افزایش بیشتری نشان داد در حالیکه میزان پروتئین، محتوی آب نسبی برگ و رنگدانه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a، b و کل) نسبت به سطح شاهد کاهش چشمگیری داشت. در مجموع برای هر چهار رقم جو مورد مطالعه در شرایط تنش خشکی، افزایش نسبی بیان ژن و افزایش میزان تنظیم‌کننده‌های اسمزی وجود داشت، اما این افزایش در رقم نیمروز بالاتر بود. در مجموع با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی میزان تغییرات تنظیم‌کننده‌های اسمزی، رنگدانه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a، b و کل)، محتوی آب نسبی برگ و بیان نسبی ژن مورد مطالعه در رقم نیمروز و سپس اکلیل، نسبت به سایر ارقام بالاتر بود. لذا پیشنهاد می‌شود در مطالعات بعدی سایر آزمایشات تکمیلی نیز برای تأیید نتایج فوق انجام شود تا بتوان از طریق مطالعات آزمایشگاهی ارقام را از نظر تنش‌ها و به‌خصوص تنش خشکی در زمان کمتری دسته‌بندی نمود.

### سپاسگزاری

نویسندگان این مقاله از سرکار خانم مهندس حمیده خواجه (کارشناس آزمایشگاه کشت بافت و بخش مولکولی) جهت همکاری در انجام این پژوهش، کمال تشکر و قدردانی را دارند.

پروموتری ژن‌های مرتبط با تنش‌های محیطی سبب افزایش بیان این ژن‌ها و تحمل به تنش می‌شوند (۶۲). آنالیز داده‌های ترانسکریپتومی در آرکیدوپسیس و بسیاری از گیاهان گویای این نکته است که تحمل یا حساسیت به تنش‌های محیطی در سطح رونویسی و با برهمکنش ژن‌های تنظیمی و عوامل رونویسی در شبکه‌های تنظیمی کنترل می‌شود (۶۸). نتایج مطالعات قبلی نشان داده‌اند که *TaMYB73* در پاسخ به تنش‌های غیرزنده دخیل بوده و میزان بیان این ژن در شرایط غرقابی، تنش خشکی و شوری افزایش می‌یابد (۲۹ و ۳۱ و ۳۹). نتایج تحقیقات بیان داشتند ژنوتیپ‌هایی که دارای واکنش‌های مولکولی بهتری در حین مواجهه با تنش می‌باشند، از سازوکارهای کارآمدتری همانند تنظیم اسمزی که ناشی از تجمع مواد محلول سازگار در سیتوپلاسم سلول است برخوردار هستند که نه تنها به عنوان اسمولیت در تسهیل نقل و انتقال آب و نگهداری آن در سلول‌ها نقش دارند بلکه در حفاظت و پایدار کردن ماکرو مولکول‌ها، اندامک‌ها، ساختارها نظیر غشاءها، کلروپلاست و غیره در مقابل تنش نقش مهمی دارند (۳۷). لذا واکنش‌های متفاوت مشاهده شده در ارقام یا ژنوتیپ‌های مختلف نسبت صفات مورد بررسی در مطالعه حاضر و سایر مطالعات قبلی (۴ و ۱۲ و ۱۳ و ۱۹) ممکن است به دلایل ژنتیکی و یا سایر خصوصیات و عوامل موثر بر آنها بوده که باعث نشان دادن واکنش بهتر آن ارقام یا ژنوتیپ‌ها در مواجهه با تنش‌ها می‌گردد.

### نتیجه‌گیری

نتایج این آزمایش نشان داد با افزایش سطوح تنش خشکی نسبت به سطح شاهد میزان بیان نسبی ژن *TaMYB73* در

### منابع

- ۱- امام، ی.، کریم زاده سورشجانی، ه. ا.، موری، س.، و مقصودی، ک.، ۱۳۹۲. واکنش بیوشیمیایی دو رقم گندم به تنش خشکی انتهایی و تنظیم‌کننده‌های اکسین و سیتوکینین، مجله فرآیند و کارکرد گیاهی، جلد ۲، شماره ۳، صفحات ۷۴-۶۵.
- ۲- امینی، ز.، و حداد، ز.، ۱۳۹۲. نقش رنگیزه‌های فتوسنتزی و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در مقابل تنش اکسیداتیو، پژوهش‌های سلولی و مولکولی، جلد ۲۶، شماره ۳، صفحات ۲۶۵-۲۵۱.

- ۳- برده جی، س.، عشقی زاده، ح. ر.، و زاهدی، م.، ۱۳۹۹. بررسی اثر تنش خشکی و کود نیتروژن بر عملکرد و برخی صفات فیزیولوژیک شش رقم جو، مجله فرآیند و کارکرد گیاهی، جلد ۹، شماره ۳۹، صفحات ۱۴-۱.
- ۴- تبارکی، ح.، فهمیده، ل.، و فولادوند، ز.، ۱۳۹۳. مطالعه بیان ژن *MYB* رمز کننده عامل رونویسی تحت شرایط تنش خشکی در برخی ارقام گندم نان، مهندسی ژنتیک و ایمنی زیستی، جلد ۶، شماره ۱، صفحات ۱۰۴-۹۵.
- ۵- جمشیدی زیناب، ا.، حسنلو، ط.، و ناجی، ا. م.، ۱۳۹۴. ارزیابی تحمل به خشکی چهار رقم کلزا براساس خصوصیات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی، پژوهش‌های زراعی ایران، جلد ۱۳، شماره ۳، صفحات ۵۹۷-۵۸۳.
- ۶- حسن پور لسکو کلاهی، ک.، احمدی، ج.، دانشیان، ج.، و حاتمی، ص.، ۱۳۹۴. بررسی تغییرات میزان کلروفیل، پروتئین و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت در گندم دوروم تحت تنش خشکی، پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی، جلد ۷، شماره ۱۵، صفحات ۸۷-۷۶.
- ۷- حسینی، س. س.، چنابانی، م.، لاهوتی، م.، و گنجعلی، ع.، ۱۳۹۵. بررسی میزان مقاومت به تنش خشکی گیاهچه‌های دو لاین گیاه تریتیکاله (*Triticosecale* × *Wittmack*) با تأکید بر برخی آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی و غیرآنزیمی، زیست‌شناسی گیاهی ایران، جلد ۸، شماره ۳۰، صفحات ۴۲-۲۷.
- ۸- دشتکی، م.، بی همتا، م. ر.، مجیدی، ا.، و عزیزی نژاد، ر.، ۱۳۹۹. مطالعه شاخص‌های جوانه‌زنی بذر در ژنوتیپ‌های گندم نان تحت تنش خشکی شبیه سازی شده با پلی اتیلن گلیکول، تنش‌های محیطی در علوم زراعی، جلد ۱۳، شماره ۱، صفحات ۱۹۷-۲۱۰.
- ۹- رهایی، م.، نقوی، م. ر.، عزیززاده، ه.، ملیوی، م. ع.، عبدمیثانی، س.، شنک، پ.، و پینگ ژو، گ.، ۱۳۸۹. بررسی الگوی بیان ژن‌های *MYB* در گندم تحت دو تنش کوتاه مدت شوری و سرما با استفاده از راهکار RT-PCR کمی، علوم گیاهان زراعی ایران، دوره ۴۱، شماره ۳، صفحات ۴۴۰-۴۳۴.
- ۱۰- شهریور، ز.، ابطی، ف. ا.، و حاتمی، م.، ۱۳۹۸. تأثیر تنظیم کننده رشد سالیسیلات بر برخی شاخص‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاه دارویی نعنای فلفلی (*Mentha piperita* L.) در شرایط تنش خشکی، مجله پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست‌شناسی ایران)، جلد ۳۲، شماره ۴، صفحات ۸۳۰-۸۱۵.
- ۱۱- فارسی، م.، عبدالهی، ف.، صالحی، ا.، و قاسمی، ش.، ۱۳۹۹. تأثیر متیل جاسمونات بر رشد و مقدار اسانس مرزنجوش (*Origanum majorana* L.) در شرایط تنش خشکی، مجله پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست‌شناسی ایران)، جلد ۳۳، شماره ۳، صفحات ۷۱۲-۶۹۸.
- ۱۲- فهمیده، ل.، دلارام پور، م. ع.، و فولادوند، ز.، ۱۳۹۹. مطالعه بیان ژن عامل رونویسی *MYB* در برخی ارقام گندم نان منطقه سیستان تحت شرایط تنش خشکی، پژوهش‌های ژنتیک گیاهی، جلد ۷، شماره ۱، صفحات ۱۹۶-۱۸۱.
- ۱۳- فهمیده، ل.، مزارعی، ا.، مددی، ش.، و پهلوان، پ.، ۱۴۰۰. مقایسه بین رنگیزه‌های فتوسنتزی، تنظیم کننده‌های اسمزی و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی ارقام نيمروز و نومار جو بومی منطقه سیستان تحت تنش خشکی، پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی، دوره ۱۳، شماره ۳۷، صفحات ۶۲-۵۱.
- ۱۴- قلی پور، س.، و عبادی، ع.، ۱۳۹۶. مطالعه تغییرات متابولیت‌های سازگاری و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت ارقام مختلف گندم تحت تنش رطوبتی، مجله فرآیند و کارکرد گیاهی، جلد ۶، شماره ۱۹، صفحات ۲۳۲-۲۱۹.
- ۱۵- گنجی، م.، فرهمندفر، ا.، شهبازی، م.، و زهراوی، م.، ۱۳۹۵. بررسی خصوصیات بیوشیمیایی و عملکرد دانه ژنوتیپ‌های منتخب جو وحشی (*Hordeum vulgare* ssp. *spontaneum*) در سطوح مختلف تنش خشکی، مجله فرآیند و کارکرد گیاهی، جلد ۵، شماره ۱۵، صفحات ۹۰-۷۵.
- ۱۶- مزارعی، ا.، موسوی نیک، س. م.، قنبری، ا.، و ف. ل.، ۱۳۹۸. اثر محلول‌پاشی دی‌اکسید تیتانیوم بر برخی خصوصیات فیزیولوژیک مریم‌گلی (*Salvia officinalis* L.) تحت تنش خشکی، تنش‌های محیطی در علوم زراعی، جلد ۱۲، شماره ۲، صفحات ۵۵۳-۵۳۹.
- ۱۷- مولودی، ا.، عبادی، ع.، و جهانبخش، س.، ۱۳۹۴. اثر مصرف نیتروژن بر روی برخی شاخص‌های تحمل تنش کم آبی در جو بهاره، مجله تولید گیاهان زراعی، جلد ۸، شماره ۳، صفحات ۹۵-۱۱۴.
- ۱۸- ناصری، ز.، عباسی، ف.، و محمودزاده، ه.، ۱۳۹۰. تأثیر سطوح مختلف خشکی و جیبرلین بر تجمع پرولین و قندهای محلول و نامحلول در برگ جو خوراکی، فصلنامه پژوهش‌های علوم گیاهی، جلد ۶، شماره ۲، صفحات ۱۰-۱.

- ۱۹- نعیمی، ط.، فهمیده، ل. و فاخری، ب.ع.، ۱۳۹۸. بررسی اثر تنش خشکی بر بیان نسبی ژن *MYB* و میزان تنظیم‌کننده‌های اسمزی پنج ژنوتیپ گندم دوروم، یافته‌های نوین در علوم زیستی، جلد ۶، شماره ۲، صفحات ۲۲۸-۲۱۷.
- ۲۰- هاشمی، س.ا.، امام، ی. و پیرسته‌انوشه، ه.، ۱۳۹۳. اثر زمان و نحوه کاربرد سالیسیلیک‌اسید بر روند رشد، عملکرد و اجزای عملکرد جو در شرایط تنش شوری، مجله علمی فیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد ۶، شماره ۲۴، صفحات ۱۸-۵.
- 21- Abe, H., Urao, T., Ito, T., Seki, M., Shinozaki, K., and YamaguchiShinozaki, K., 2003. Arabidopsis *AtMYC2 (bHLH)* and *AtMYB2 (MYB)* function as transcriptional activators in abscisic acid signaling, *The Plant Cell*, 15, PP: 63-78
- 22- Agarwal M, Hao Y, Kapoor A, Dong CH, Fujii H, Zheng X., and Zhu JK., 2006. A *R2R3* type *MYB* transcription factor is involved in the cold regulation of *CBF* genes and in acquired freezing tolerance, *Journal of Biological Chemistry*, 281, PP: 37636-37645
- 23- Alexander, R. D., Wendelboe-Nelson, C., and Morris, P. C., 2019. The barley transcription factor *HvMYB1* is a positive regulator of drought tolerance, *Plant Physiology and Biochemistry*, 142, PP: 246-253.
- 24- Bandurska, H., and Stroinski, A., 2003. ABA and proline accumulation in leaves and roots of wild (*Hordeum spontaneum*) and cultivated (*Hordeum vulgare* 'Maresi') barley genotypes under water deficit conditions, *Acta Physiologiae Plantarum*, 25, PP: 55-61.
- 25- Beers, G.R. and Sizer, I.V. 1952. A spectrophotometric method for measuring the break down of hydrogen peroxide by catalase. *Journal of Biological Chemistry* 195, PP: 133-140.
- 26- Bohner, H. J. and Shen, B. 1999. Transformation and compatible solutes. *Scientia Horticulturae* 78: 237-260.
- 27- Bradford, M.M., 1976. *Analytical Biochemistry*. 72: 248-254.
- 28- Budak, H., Kantar, M., and Yucebiligili Kurtoglu, K., 2013. Drought tolerance in modern and wild wheat, *The Scientific World Journal*, 16, PP: 15897-15910
- 29- Cai, H., Tian, S., Dong, H., and Guo, C., 2015. Pleiotropic effects of *TaMYB3R1* on plant development and response to osmotic stress in transgenic Arabidopsis, *Gene*, 558, PP: 227-234.
- 30- Chaves, M. M., Zarrouk, O., Francisco, R., Costa, J. M., and Lopes, C.M., 2010. Grapevine under deficit irrigation: hints from physiological and molecular data, *Annals of Botany*, 105(5), PP: 661-676.
- 31- Dai, X., Xu, Y., Ma, Q., Xu, W., Wang, T., Xue, Y., and Chong, K., 2007. Overexpression of an *R1R2R3MYB* gene, *OsMYB3R-2*, increases tolerance to freezing, drought, and salt stress in transgenic Arabidopsis, *Journal of Plant Physiology*, 143, PP: 17391751.
- 32- Dubos, C., Stracke, R., Grotewold, E., Weisshaar, B., Martin, C., and Lepiniec, L., 2010. *MYB* transcription factors in Arabidopsis, *Trends in Plant Science*, 15, PP: 573-581.
- 33- Eppel, A., Keren, N., Salomon, E., Volis, S., and Rachmilevitch, S., (2013) The response of *Hordeum spontaneum* desert ecotype to drought and excessive light intensity is characterized by induction of O<sub>2</sub> dependent photochemical activity and anthocyanin accumulation. *Plant Science*, 201-202, PP: 74-80.
- 34- Filella, I., Llusia, J., Pin, J.O. and Pen, J.U., 1998. Leaf gas exchange and fluorescence of *Phillyrea latifolia*, *Pistacia lentiscus* and *Quercus ilex* saplings in severe drought and high temperature conditions. *Environmental and Experimental Botany*. 39: 213-220.
- 35- Fujita, T., Maggio, A., Rios, M.G., Stauffacher, C., Bressan, R.A., and Csonka, L.N., 2003. Identification of regions of the tomato - glutamyl kinase that are involved in allosteric regulation by proline, *Journal of Biological Chemistry*, 278, PP: 14203-14210.
- 36- Ghorbanli, M., Gafarabad, M., Amirian, T., and Allahverdi, M.B., (2013). Investigation of proline, total protein, chlorophyll, ascorbate and dehydroascorbate changes under drought stress in Akria and Mobil tomato cultivars. *Iranian Journal of Plant Physiology*, 3(2), PP: 651-658.
- 37- Guha, A., Sengupta, D., Rasineni, G. K. and Reddy, A. R. 2012. Non-enzymatic antioxidant defence in drought-stressed mulberry (*Morus indica* L.) genotypes. *Trees*, 26, PP: 903-918.
- 38- He, Q., Jones, D. C., Li, W., Xie, F., Ma, J., Sun, R., Wang, Q., Zhu, S., B., and Zhang, B., 2016. Genome-Wide Identification of *R2R3-MYB* Genes and Expression Analyses During Abiotic Stress in *Gossypium raimondii*, *Scientific reports*, 6, PP: 22980-22991.
- 39- He, Y., Li, W., Lv, J., Jia, Y., Wang, M., and Xia, G., 2012. Ectopic expression of a wheat

- MYB transcription factor gene, TaMYB73*, improves salinity stress tolerance in *Arabidopsis thaliana*, *Journal of Experimental Botany*, 63(3), PP: 1511-1522.
- 40- Himi, E., Nisar, A., and Noda, K. 2005. Colour genes (*R* and *Rc*) for grain and coleoptile upregulate flavonoid biosynthesis genes in wheat, *Genome*, 48, PP: 747-754.
- 41- Ilektra, S., and Michael, M., (2012). Interaction of proline, sugars and anthocyanins during photosynthetic acclimation of *Arabidopsis thaliana* to drought stress. *Plant Physiology*, 169, PP: 577-585.
- 42- Irigoyen, J.J., Emerrich, D.W., and Sanchez-Diaz, M., 1992. Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa plant, *Plant Physiology*, 84, PP: 55-60.
- 43- Jung, C., Seo, J.S., Han, S.W., Koo, Y.J., Kim, C.H., Song, S.I., Nahm, B.H., Choi, Y.D., and Cheong, J. J., 2008. Over-expression of *AtMYB44* enhances stomatal closure to confer abiotic stress tolerance in transgenic *Arabidopsis*, *Plant Physiology*, 146, PP: 623-635
- 44- Kariola, T., Brader, G., Li, J., and Palva, E. T., 2005. A damage control enzyme, effects the balance between defense pathway in plant, *The Plant Cell*, 17, PP: 282-294
- 45- Khan, H.U., Link, W., Hocking, T., and Stoddard, F., (2007). Evaluation of physiological biomembranes. *Methods in Enzymology*, 148, PP: 350-382.
- 46- Leonardis, A. M. D., Marone, D., Mazzucotelli, E., Neffar, F., Rizza, F., Fonzo, N. D., Cattivelli, L., and Mastrangelo, A. M., 2007. Durum wheat genes up-regulated in the early phases of cold stress are modulated by drought in a developmental and genotype dependent manner, *Plant Science*, 172, PP: 1005-1016.
- 47- Livak, K. J., and Schmittgen, T. D., (2001). Analysis of relative gene expression data using real-time quantitative PCR and the  $2^{-\Delta\Delta CT}$  method. *methods*, 25(4), PP: 402-408.
- 48- Ma, Q., Dai, X., Xu, Y., and et al., 2009. Enhanced tolerance to chilling stress in *OsMYB3R-2* transgenic rice is mediated by alteration in cell cycle and ectopic expression of stress genes, *Plant Physiology*, 150, PP: 244-256
- 49- Maruyama, K., Sakuma, Y., Kasuga, M., Ito, Y., Seki, M., Goda, H., Shimada, Y., Yoshida, S., Shinozaki, K., and Yamaguchi-Shinozaki, K., 2004. Identification of cold-inducible downstream genes of the *Arabidopsis DREB1A/CBF3 transcriptional factor* using two microarray systems, *Plant Journal*, 38(6), PP: 982-993.
- 50- Olsen, AN., Ernst, HA., Leggio, L. L., and Skriver, K., 2005. NAC transcription factors: structurally distinct, functionally diverse, *Trends Plant Science*, 10, PP: 79-87.
- 51- Pardo, A., Amato, M., and Chiarandà, F. Q., 2000. Relationships between soil structure, root distribution and water uptake of chickpea (*Cicer arietinum* L.), *European Journal of Agronomy*, 13(1), PP: 39-45.
- 52- Pask, A. J. D., Pietragalla, J., Mullan, D. M., and Reynolds, (eds.), M.P., (2012) *Physiological Breeding II: A Field Guide to Wheat Phenotyping*. International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT), pp: 133.
- 53- Paz-Ares, J., Ghosal, D., Wienand, U., Peterson, PA., and Saedler, H., 1987. The regulatory *c1* locus of *Zea mays* encodes a protein with homology to myb proto-oncogene products and with structural similarities to transcriptional activators, *The EMBO Journal*, 6 (12), PP: 3553-3558
- 54- Prochazka, S., Machaackova, I., Kreekule, J. and Sebanek, J., 1998. *Plant physiology Academia Praha*. 484 Pp
- 55- Qaraghanipur, N., Shiran, B., Khodambashie, M., and Molaie, A.R., 2014. Study of Proline accumulation and gene expression of *P5CS* in leaves and flower buds of common bean cultivars under drought stress, *Agricultural Biotechnology Journal*, 4(4), PP: 129-142.
- 56- Rahaie, M., Xue, GP., Naghavi, MR., Alizadeh, H., and Schenk, PM., 2010. A MYB gene from wheat (*Triticum aestivum* L.) is up-regulated during salt and drought stresses and differentially regulated between salt-tolerant and sensitive genotypes, *Plant Cell Report*, 29, PP: 835-844.
- 57- Rajinder, S.D., (1987). Glutathione status and protein synthesis during drought and subsequent dehydration in *Torula rulis*. *Plant Physiology*, 83, pp: 816-819.
- 58- Ramanjulum, S., Sreenivasulu, N., and Sudhaker, C., 1998. Effect of water stress on Photosynthesis in two mulberry genotypes with different drought tolerance, *Photosynthetica*, 35(2), PP: 279-283

- 59- Razmjoo, K., Heidarizadeh, P., and Sabzalian, M.R., 2008. Effect of salinity and drought stresses on growth parameter and essential oil content of *Matricaria chamomile*, *Journal of Agriculture and Biology*, 10, PP: 451-454
- 60- Reddy, A. R., Chaitanya, K. V., and Vivekanandan, M., (2004). Drought-induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. *Journal of Plant Physiology*, 161(11), PP: 1189-1202.
- 61- Riechmann, J., Heard, J., Martin, G., Reuber, L., Jiang, C., Keddie, J., Adam, L., Pineda, O., Ratcliffe, O.J., Samaha, R.R., Creelman, R., Pilgrim, M., Broun, P., Zhang, J.Z., Ghandehari, D., Sherman, B.K., and Yu, G., 2000. *Arabidopsis* transcription factors: genome-wide comparative analysis among eukaryotes, *Science*, 290, PP: 2105-2110.
- 62- Roy, S. 2016. Function of *MYB* domain transcription factors in abiotic stress and epigenetic control of stress response in plant genome, *Plant signaling and behavior*, 11(1), PP: e1117723.
- 63- Sanchez-Blanco, J., Fernandez, T., Morales, A., Morte, A., and Alarcon, J., 2006. Variation in water stress, gas exchange, and growth in *Rosmarinus officinalis* plants infected with *Glamus deserticola* under drought conditions, *Journal of Plant Physiology*, 161, PP: 675-682
- 64- Seki, M., Narusaka, M., Ishida, J., Nanjo, T., Fujita, M., Oono, Y., Kamiya, A., Nakajima, M., Enju, A., Sakurai, T., Satou, M., Akiyama, K., Taji, T., Yamaguchi-Shinozaki, K., Carninci, P., Kawai, J., Hayashizaki, Y., and shinozaki, K., 2002. Monitoring the expression profiles of 7000 *Arabidopsis* genes under drought, cold and high-salinity stresses using a full-length cDNA microarray, *The Plant Journal*, 31, PP: 279-292.
- 65- Seo, P. J., Xiang, F., Qiao, M., Park, J.Y., Lee, Y.N., Kim, S.G., Lee, Y.H., Park, W.J., and Park, C.M., 2009. The *MYB96* transcription factor mediates abscisic acid signaling during drought stress response in *Arabidopsis*, *Plant Physiology*, 151, PP: 275-289.
- 66- Soleimani, Z., H. Ramshini, S. M. M. Mortazaviyan and B. Foghi. 2015. Screening of Bread Wheat Genotypes for Stem Reserves Remobilization, Relative Water Content and Osmotic Adjustment under Drought Stress. *Journal of Crop Ecophysiology*, 9(1): 79-92.
- 67- Thipyapong, P., Melkonian, J., Wolfe, D.W., Steffens, J.C., 2004. Suppression of polyphenol oxidases increases stress tolerance in tomato. *Plant Science*. 167(4): 693-703.
- 68- Umezawa, T., Miki, F., Yasunari, F., Kazuko, Y. and Kazuo, Sh. 2006. Engineering drought tolerance in plants: discovering and tailoring genes to unlock the future, *Current Opinion in Biotechnology*, 17, PP: 113-122.
- 69- Venkateswarlu, B. and K. Ramesh. 1993. Cell membrane stability and biochemical response of cultured cells of groundnut under polyethylene glycol-induced water stress. *Plant Science*. 90: 179-185.
- 70- Wise, R. R. and W. Naylor. 1998. Chilling enhanced photo-oxidation, the peroxidative destruction of lipids during chilling injury to photosynthesis and ultrastructure. *Plant physiology*, 83: 278-282.
- 71- Wright, G.C., Nageswara, R.C. and Farquhar, G. D. (1994) Water use efficiency and carbon isotope discrimination in peanut under water deficit conditions. *Crop Science*, 34, 92-97
- 72- Yamaguchi-Shinozaki, K., and Shinozaki, K., 2005. Organization of cis-acting regulatory elements in osmotic- and cold-stress responsive promoters, *Trends in Plant Science*, 10, PP: 88-94.
- 73- Zhang, J., Yao, Y., John, G. S., and David, C. F., 2010. Influence of soil drought stress on photosynthesis, carbohydrates and the nitrogen and phosphorus absorb in different section of leaves and stem of *Fuji/M.9 EML*, a young apple seedling, *African Journal of Biotechnology*, 9, PP: 5320-532
- 74- Zhang, L., Liu, G., Zhao, G., Xia, C., Jia, J., Liu, X., and Kong, X., 2014. Characterization of a wheat *R2R3-MYB* transcription factor gene, *TaMYB19*, involved in enhanced abiotic stresses in *Arabidopsis*, *Plant and Cell Physiology*, 55, PP: 1802-1812.

## Investigation of relative expression of *TaMYB73* gene in some native barley of Sistan region under drought stress

Fahmideh L.<sup>1\*</sup>, Mazarie A.<sup>2</sup> and Pahlavan P.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Dept. of Plant Breeding and Biotechnology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, I.R. of Iran

<sup>2</sup> Dept. of Plant Breeding and Biotechnology, University of Zabol, Zabol, I.R. of Iran

### Abstract

Plant growth is greatly influenced by environmental stresses including water deficit, high salinity and extreme temperatures. Therefore, the identification of genes especially those regulatory ones whose expression enables plants to adapt to or to tolerate these stresses, is essential. *MYB* proteins belong to a big family of transcription factors of plants and they are also active in different stages of plants' growth and their response to stress. This study was aimed at investigating the expression pattern of *TaMYB73* gene, changes in the osmotic regulators content, relative water content in leaves, protein as well as photosynthetic pigments contents of four barley cultivars native to Sistan region (Aklil, Nomar, Nimroz, Zahak) under different levels of drought stress (100% (control), 75% and 50% field capacity). This experiment was performed as a factorial in a completely randomized design with three replications. Results indicated that increasing drought stress levels led to a decrease in the amount of photosynthetic pigments, protein and relative leaf water contents. However, proline and carbohydrate concentrations, carotenoid content and the relative expression of *TaMYB73* gene increased. Among the cultivars investigated in this research, the rate of changes in osmotic regulators content, photosynthetic pigments and relative water contents as well as relative expression of *TaMYB73* gene in Nimroz cultivar was the highest followed by Aklil cultivar. In order to facilitate the classification of resistant cultivars in terms of stresses, drought stress in particular, through laboratory studies, it is suggested that additional tests be performed in future investigations to confirm the above results.

**Key words:** Proteins myeloblastosis, Osmotic mechanisms, Transcription factors, Quantitative polymerase chain reaction