"نشریه علوم و فناوری بذر ایران"
جلد چهارم، شماره ۱، بهار و تابستان ۹٤
شماره صفحه: ٦۰- ۵۳

تاثیر دما بر جوانه‌زنی و تحرک ذخایر پروتئینی سه رقم گندم نان

محمد صدقی*[1]

دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی

چکیده

به منظور بررسی اثر دما بر تحرک ذخایر پروتئینی ارقام گندم و برخی از ویژگی‌های گیاهچه آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی در آزمایشگاه تکنولوژی بذر دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی با سه تکرار به اجرا درآمد. تیمارهای آزمایش شامل سه دمای جوانه‌زنی (۱۰، ۲۰ و ۳۰ درجه سانتی گراد) و سه رقم گندم (سرداری، فینیکان و MV17) بود. صفات مورد اندازه‌گیری شامل درصد و سرعت جوانه‌زنی، وزن خشک گیاهچه، میزان پروتئین و پروتئاز، شاخص تنفس و توزیع ماده خشک به بخش‌های مختلف گیاهچه بود. نتایج نشان داد که در همه ارقام دمای ۲۰ درجه موجب نیل به حداکثر درصد، سرعت و میانگین مدت زمان جوانه زنی گردید. بیشترین مقدار پروتئین باقی مانده بذر (۸/۷ ٪) در رقم سرداری و دمای ۱۰ درجه و کم‌ترین فعالیت آنزیم پروتئاز (٤/٦۳ واحد بر میلی گرم پروتئین) در همین دما، ولی در رقم فینیکان مشاهده شد. حداکثر میزان مصرف ذخایر بذر در فرایند تنفس (۲۰/۲۱) در رقم MV17 و در دمای ۳۰ درجه مشاهده شد. بیشترین میزان کارایی تحرک ذخایر پروتئینی بذر به طور مشترک مربوط به ارقام فینیکان و MV17 (به ترتیب ۱/۲۳ و ۱/۲) در دمای ۲۰ درجه بود. تخصیص مواد غذایی بذر برای رشد ریشه چه و ساقه چه در ارقام و دماهای مختلف متفاوت بود و رقم MV17 حداکثر تخصیص به ریشه چه (٦/۲۷٪) و رقم فینیکان حداکثر تخصیص به ساقه چه (۱۵/۸٤٪) را در دمای ۲۰ درجه نشان داد. کارایی تحرک ذخایر پروتئینی هر سه رقم در دمای ۲۰ درجه یکسان بود، ولی رقم MV17 در دمای ۱۰ درجه و رقم فینیکان در دمای ۳۰ درجه کارایی بیشتری داشتند. در مجموع، بالا بودن درصد جوانه‌زنی رقم MV17 را در دمای ۲۰ درجه می‌توان به بیشتر بودن فعالیت آنزیم پروتئاز نسبت داد.

کلمات کلیدی: پروتئاز،پروتئین ذخیره‌ای، توزیع ماده خشک، دما،گندم.

مقدمه

تنش دما (سرما یا گرما) به هنگام کاشت، جوانه زنی بذور را تحت تاثیر قرار می‌دهد و بر عملکرد نهایی گیاه نیز اثرگذار است. ارقام حساس خسارت بیشتری را از تنش دما متحمل می‌شوند. آگاهی از نحوه رفتار جوانه زنی بذور در مواجهه با تنش دما

*نویسنده مسئول: محمد صدقی، نشانی: اردبیل- خیابان دانشگاه- دانشگاه محقق اردبیلی- دانشکده علوم کشاورزی، گروه زراعت و اصلاح نباتات

E-mail: mosedghi2003@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۷/۱۹
تاریخ تصویب: ۱۳۹۳/۱۱/۱۵

راهکاری برای شناسایی و گزینش ارقام متحمل یا مقاوم با استفاده از صفات ویژه‌ای است که در بذور در حال جوانه‌زنی قابل‌اندازه‌گیری است. پروتئین‌های ذخیره‌ای به عنوان پروتئین‌هایی شناخته می‌شوند که نقش بیولوژیکی را در فراهم کردن ذخیره کربن، نیتروژن و گوگرد جهت انتقال و مصرف برای حمایت از رشد گیاهچه ایفا می‌کنند و در حدود نیمی از پروتئین‌های بذر را در غلات کم پروتئین به خود اختصاص می‌دهند (Tavakkol Afshari *et al*., 2008). این ذخایر در طول جوانه‌زنی بذر تجزیه و توسط جنین مورد استفاده قرار می‌گیرند. تحرک ذخایر غذایی[1] به رشد گیاهچه و بالعکس وابسته است. مقادیر زیادی از ذخایر پروتئینی به عنوان منبع اولیه نیتروژن به وسیله گیاهچه مورد استفاده قرار می‌گیرند (Ellis & Roberts, 1981). اطلاعات اندکی در مورد ماهیت دقیق تجزیه مواد ذخیره‌ای پروتئینی در حین جوانه‌زنی به منظور مصارف کاتابولیکی و آنابولیکی موجود است، ولی پروتئازها و آنزیم‌های پروتئولیتیک مانند آندوپپتیدازها، کربوکسی پپتیدازها و آمینوپپتیدازها در تجزیه پیوندهای پپتیدی مولکول پروتئین و رهاسازی اسیدهای آمینه دخیل هستند. همگام با تجزیه پروتئین‌ها در حین جوانه‌زنی بذرها، میزان آمینواسیدها و آمیدها در لپه و به دنبال آن، میزان ساخت پروتئین در نقاط رشد جنین زیاد می‌شود. مواد هیدرولیز شده در نهایت جهت مصرف جنین بذرهای در حال رشد مورد استفاده قرار می‌گیرد. در ۱۲۰ ساعت اولیه جوانه‌زنی، توام با افزایش وزن خشک محور جنینی، کاهش محسوسی در وزن خشک آندوسپرم دیده می‌شود. این تغییرات تا اندازه‌ای نشان دهنده کاهش نیتروژن کل و پروتئین غیر محلول در آندوسپرم و انتقال بعدی این ترکیبات به محور در حال ظهور است. بافت‌های ذخیره‌ای در ابتدا به عنوان مخزنی عمل می‌کند که محور در حال ظهور قادر است که عناصر لازم برای جوانه‌زنی و خروج سریع از لپه‌ها را از آن برداشت کند (Akram Ghaderi *et al*., 2008). جوانه زنی و استقرار گیاهچه از مهمترین مراحل بحرانی در چرخه زندگی گیاه است (Windauer *et al*., 2007). جوانه‌زنی یک فرآیند فیزیولوژیک پیچیده است که تحت تاثیر عوامل ژنتیکی و محیطی قرار می‌گیرد (Foley& Fennimore, 1998؛ Meyer& Pendleton, 2000). عوامل محیطی تنظیم کننده جوانه زنی برای بذرهای غیر دورمانت شامل دما، آب و اکسیژن است (Baskin & Baskin, 2001). در بین این عوامل محیطی دما و رطوبت تا زمانی که تهویه مناسب باشد، اهمیت بیشتری دارند (Bradford, 2002). دما یکی از عواملی است که از طریق تنظیم خواب بر ظرفیت جوانه‌زنی و همچنین، سرعت جوانه‌زنی بذرهایی که فاقد خواب هستند، تاثیر می‌گذارد (Kebreab& Murdoch, 2000). دما یکی ازعواملی است که بر درصد و سرعت جوانه زنی تاثیرگذار است(Qiu*et al*., 2006).

رشد هتروتروفیک گیاهچه‌ها را می‌توان بر اساس دو مولفه وزن ذخایر بذر انتقال یافته یا پویا شده و کارایی تبدیل ذخایر بذر انتقال یافته به بافت گیاهچه بیان کرد (Soltani *et al*., 2002 & 2006).) بررسی واکنش جوانه‌زنی ارقام گندم به دما (۱۵، ۲۰ و ۳۰ درجه) و pH (از ۳ تا ۸) نشان داد که حداکثر تحرک ذخایر پروتئینی طی سه روز اول جوانه‌زنی صورت می‌پذیرد و کمترین میزان تحرک این ذخایر در دمای

1. Seed reservoir's remobilization

۲۰ درجه و pH ۵/۵ گزارش گردید (Michalcová *et al*., 2012).

در بذور در حال جوانه‌زنی گندم سه پیک فعالیت برای نوعی آنزیم پروتئاز مشاهده شد که پس از ۴۰ ساعت از شروع جوانه‌زنی آغاز و در ۷۲ ساعت به اوج خود رسید و سپس، کاهش نشان داد(Kumar Shaha*et al*., 2002).جوانه دار کردن شش رقم گندم در سه دمای ۱۵، ۲۵ و ۳۵ درجه نشان داد که بیشترین کارایی تحرک ذخایر بذر در دمای ۲۵ درجه روی می‌دهد و ارقام متحمل کمتر از ارقام حساس تحت تاثیر دما قرار گرفتند(Hasan *et al*., 2004). بررسی واکنش ارقام گندم نسبت به دماهای جوانه‌زنی مشخص کرد که با افزایش دما از۵ تا۲۵ درجه سانتی گراد، سرعت جوانه‌زنی گندم پاییزه افزایش می‌یابد و بالاترین مقدار آن در دمای۲۱تا۲۵درجه سانتی گراد رخ داد(Kamaha & Maguire, 1992).

مطالعه جوانه‌زنی دو رقم گندم در دماهای متفاوت ۵، ۱۵، ۲۵ ، ۳۵ و ۴۵ درجه سانتی گراد نشان داد که بعد از روز چهارم جوانه‌زنی، کارایی تحرک ذخایر غذایی کاهش یافت و بیشترین تحرک غذایی در دمای ۳۵ درجه سانتی گراد صورت پذیرفت و بالاتر از آن دما، تحرک ذخایر غذایی کاهش یافت و این کاهش تحرک غذایی به کاهش قوه نامیه بذر نسبت داده شد(Eessmine *et al*., 2010).

واکنش جوانه زنی ۱۸ رقم گندم در سه دمای ۱۵، ۲۵ و ۳۵ درجه سانتی گراد بررسی و گزارش گردید که حداکثر کارایی تحرک غذایی در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد به دست آمد و با افزایش دما از ۲۵ به ۳۵ درجه سانتی گراد کارایی تحرک غذایی کاهش یافت (Blum & Sinmena, 1994).کاهش کارایی متابولیکی بذور از دیگرعوامل کاهش سرعت جوانه-زنی در دماهای بالاتر از دمای مطلوب گزارش شده است (Thygerson *et al*., 2002). هدف از این بررسی، مطالعه اثر دماهای مختلف جوانه‌زنی بر میزان تحرک ذخایر پروتئینی و توزیع ماده خشک دربذر ارقام مختلف گندم بود.

مواد و روش‌ها

برای بررسی اثر دما بر رفتار جوانه زنی بذور گندم آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار در آزمایشگاه اجرا شد. بذور سه رقم گندم شامل سرداری، فینیکان و MV17 در این آزمایش مورد استفاده قرار گرفت که گواهی شده و دارای قوه نامیه یکسان (۹۹ درصد) بودند و این بذور از موسسه گواهی و ثبت نهال و بذر کرج تهیه شدند. دماهای مورد بررسی شامل دماهای ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درجه سانتی گراد بود که توسط ژرمیناتور تامین گردید.ابتدا ظروف پتری به همراه کاغذ صافی در اتوکلاو با دمای $۱۸۰^{\circ}C$ به مدت ۲ساعت سترون شد و بذور قبل از کاشت با هیپوکلریت سدیم ۰/۵٪ به مدت ۳ دقیقه ضدعفونی و پس از شستشو با آب مقطر، به پتری‌دیش منتقل شد. برای هر رقم چهار تکرار صدتایی از بذور طبق قوانین ایستا در نظر گرفته شد.

بذرهای جوانه زده در هر روز شمارش و سرعت جوانه‌زنی طبق فرمول زیر محاسبه گردید (Ellis & Roberts, 1981):

$$GR = \frac{\sum n}{\sum Dn}$$

در این فرمول، GR= سرعت جوانه‌زنی (تعداد بذور جوانه زده در هر روز)، n= تعداد بذور جوانه زده در هر روزو Dn= تعداد روز تا شمارش n ام است.

میانگین مدت زمان جوانه زنی به صورت عکس سرعت جوانه زنی در نظر گرفته شد.

برای تعیین میزان نیتروژن و پروتئین کل بذر به روش کجلدال، در پنجمین روز آزمایش از بذرهای جوانه زده نمونه گیری و قسمت ریشه‌چه و ساقه چه جدا و باقی مانده بذر توسط هاون آسیاب شد. سپس، با استفاده از فرمول زیر، درصد نیتروژن محاسبه شد. درصد پروتئین نیز از حاصل ضرب درصد نیتروژن به عدد ثابت ۵/۷ به دست آمد (Anonymous, 2014):

$$\%T.N = \frac{T-B}{S} * N * \frac{14}{1000} * 100$$

در این رابطه T.N مقدار کل نیتروژن موجود در نمونه، T اسید نمونه، B اسید مصرفی به‌عنوان شاهد، S وزن نمونه و N نرمالیته اسید سولفوریک (۵٪) است.

وزن خشک ریشه چه، ساقه چه و باقی مانده بذر در پنجمین روز آزمایش با نمونه گیری از بذور انجام و نمونه‌ها در دمای ۷۰ درجه به مدت ۷۲ ساعت در آون خشکانده شدند. کارایی تحرک ذخایر بذر، وزن خشک ساقه چه و ریشه چه بر حسب گرم است که از یک گرم بذر خشک حاصل شده است. مقدار ذخایر بذر که صرف تنفس می‌شود و کارایی تحرک ذخایر با فرمول‌های زیر محاسبه شد (Hasan *et al*., 2004):

SR، شاخص تنفس بذر، SDW وزن بذر قبل از جوانه زنی، PDW وزن خشک ساقه چه، RDW وزن خشک ریشه چه و RSDW وزن خشک باقی مانده بذر است.

$$SRRE = (PDW + RDW) / SR$$

SRRE کارایی تحرک ذخایر بذر است.

در این آزمایش فعالیت آنزیم پروتئاز به روش هولوردا و راجرز (Holwerda & Rogers, 1992) اندازه گیری شد. این آنزیم که از نوع اندوپروتئاز است، بر مبنای واکنش با آزوکازئین قابل اندازه گیری است و میزان جذب روشناور در طول موج ۳۶۶ نانومتر ثبت شد. به این منظور، عصاره پروتئینی استخراج شده با بریج، استات سدیم و آزوکازئین مخلوط و پس از ۵ ساعت به منظور توقف واکنش TCA به محیط اضافه شد. پس از سانتریفیوژ در ۸۵۰۰ g، از روشناور حاصل میزان جذب ثبت گردید. پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، نسبت به تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها اقدام شد. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها با نرم افزار SAS9.1 و رسم نمودارها با نرم افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس اثر عوامل آزمایش نشان داد که اثر عامل دما در همه ارقام از نظر تمام صفات در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار بود (جدول ۱).

درصد، سرعت و میانگین مدت زمان جوانه زنی

مقایسه میانگین اثر دما از نظر درصد، سرعت و میانگین مدت زمان جوانه زنی نشان داد که در همه ارقام روند یکسانی وجود دارد و بیشترین درصد و سرعت جوانه زنی در دمای ۲۰ درجه در همه ارقام حاصل شد (جدول ۲). رقم MV17 در دمای ۲۰ درجه به ارقام از درصد جوانه زنی بیشتری در این دما برخوردار بود. رقم فینیکان در این دما سرعت جوانه زنی بیشتری نسبت به سایر ارقام داشت. ارقام فینیکان و MV17 میانگین مدت زمان جوانه زنی کمتری در دمای ۲۰ درجه نسبت به رقم سرداری داشتند، ولی تفاوت بین رقم سرداری و MV17 معنی دار نبود (جدول ۲).

$$SR = SDW - (PDW + RDW + RSDW)$$

کاماها و ماگوئیر (Kamaha & Maguire, 1992)در بررسی ارقام گندم نسبت به دماهای جوانه زنی گزارش کردند که با افزایش دما از۵تا۲۵درجه سانتی گراد سرعت جوانه زنی گندم زمستانه افزایش می‌یابد و بالاترین مقدار آن دردمای۲۱تا۲۵درجه سانتی گراد رخ داد. زینلی و همکاران(Zeinali *et al*, 2010) در آزمایشی که بر روی ۱۲ رقم گندم و هفت دمای ثابت از ۵ درجه سانتی گراد تا ۳۷ درجه سانتی گراد انجام دادند، گزارش کردند که حداکثر سرعت جوانه زنی در دمای ۳۲ درجه سانتی گراد به دست می‌آید و بالاتر از آن دما سرعت جوانه زنی کاهش پیدا می-کند. اکرم قادری و همکاران (Akram Ghaderi *et al*., 2008) نشان دادند که دما و پتانسیل آب بر درصد و سرعت جوانه زنی تاثیر معنی داری دارد. حساسیت سرعت جوانه زنی نسبت به دما و پتانسیل آب بیشتر از درصد جوانه زنی بود. تیگرسون و همکاران (Thygerson *et al*., 2002) کاهش کارایی متابولیکی بذور را ازدیگر عوامل کاهش سرعت جوانه زنی در دماهای بالاتر از دمای مطلوب گزارش کردند.

میزان پروتئین و فعالیت آنزیم پروتئاز

در همه ارقام کمترین میزان پروتئین در دمای ۲۰ درجه مشاهده شد و در دمای ۱۰ درجه حداکثر میزان پروتئین ثبت گردید (جدول ۲). این امر بیانگر آن است که در دمای ۲۰ درجه بیشترین مقدار پروتئین بذر مصرف و حداقل آن در بقایای بذر باقی مانده است، در حالی که کمترین مقدار تحرک ذخایر پروتئینی در دمای ۱۰ و سپس، ۳۰ درجه بوده است. در بین ارقام، رقم MV17 نسبت به سایر ارقام کمترین مقدار پروتئین را در دماهای مختلف داشت و بیانگر کارایی بیشتر این رقم برای استفاده از ذخایر پروتئینی به هنگام جوانه زنی است. نتایج نشان داد که فعالیت آنزیم پروتئاز برعکس روند میزان پروتئین بود. آنزیم پروتئاز موجب تجزیه ذخایر پروتئینی بذر می‌شود و با افزایش فعالیت آن، میزان پروتئین کمتری در بذر باقی خواهد ماند. بیشترین میزان فعالیت پروتئاز در همه ارقام به دمای ۲۰ درجه تعلق داشت و کمترین آن ابتدا در دمای ۱۰ و سپس، دمای ۳۰ درجه دیده شد (جدول ۲). در بین ارقام نیز بیشترین میزان فعالیت پروتئاز به رقم MV17 و دمای ۲۰ درجه تعلق داشت (جدول ۲).

میچالکوا و همکاران (Michalcová *et al*., 2012) نشان دادند که فعالیت پروتئازهای تجزیه کننده گلوتن ۴۰ ساعت پس از جوانه زنی به حداکثر می-رسد و در روز هفتم جوانه زنی در کمترین مقدار دیده می‌شود. این امر موجب می‌شود که حداقل مقدار پروتئین باقی مانده در بذر در دمای ۲۰ درجه و روز هفتم مشاهده گردد. چنین نتایجی توسط کومارشاها و همکاران (Kumar Shaha *et al*., 2002) نیز تایید شده است.

وزن خشک بذر و گیاهچه

بیشترین مقدار وزن خشک ریشه چه و ساقه چه در دمای ۲۰ درجه در همه ارقام مشاهده شد، در حالی در همین دما وزن خشک باقی مانده بذر در حداقل بود (جدول ۲). رقم MV17 از نظر وزن خشک ساقه چه و ریشه چه برتر از سایر ارقام بود. کمترین میزان وزن خشک ساقه چه و ریشه چه نیز در دمای ۱۰ و ۳۰ درجه مشاهده گردید.

حسن و همکاران (Hasan *et al*., 2004) نشان دادند که در همه ارقام گندم مورد مطالعه، وزن خشک ساقه چه با افزایش دمای جوانه زنی از ۱۵ به ۳۵ درجه افزایش داشت، ولی وزن خشک ریشه چه در دمای ۲۵ درجه بیشتر از سایر دماها بود.

کارایی تحرک ذخایر غذایی بذر

نتایج نشان داد که کارایی تحرک ذخایر غذایی بذر در دمای ۲۰ درجه بیشتر از سایر دماهاست و ارقام مختلف از این نظر تفاوتی با یکدیگر نداشتند (جدول ۲). در دمای ۳۰ درجه نیز کارایی تحرک ذخایر غذایی بیشتر از دمای ۱۰ درجه بود.

میچالکوا و همکاران (Michalcová *et al*., 2012) گزارش کردند که کمترین میزان تحرک ذخایر بذر در ارقام گندم در دمای ۲۰ درجه و pH ۵/۵ صورت می‌پذیرد. کومارشاها و همکاران (Kumar Shaha *et al*., 2002) نشان دادند که بیشترین کارایی تحرک ذخایر بذر در دمای ۲۵ درجه روی می‌دهد و ارقام متحمل کمتر از ارقام حساس تحت تاثیر دما قرار گرفتند.ایسمین و همکاران(Eessmine *et al*., 2010) دو رقم گندم را در دماهای متفاوت ۵، ۱۵، ۲۵ ، ۳۵ و ۴۵ درجه سانتی گراد جوانه دار و مشاهده کردند که بعد از روز چهارم جوانه زنی، کارایی تحرک ذخایر غذایی کاهش می‌یابد و بیشترین تحرک غذایی در دمای ۳۵ درجه سانتی گراد صورت می-پذیرد و بالاتر از آن دما تحرک ذخایر غذایی کاهش می‌یابد و این کاهش تحرک غذایی را به کاهش قوه نامیه بذر نسبت دادند. بلوم و سینمنا (Blum & Sinmena, 1994) واکنش جوانه زنی ۱۸ رقم گندم را در سه دمای ۱۵، ۲۵ و ۳۵ درجه سانتی گراد بررسی و گزارش کردند که حداکثر کارایی تحرک غذایی در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد به دست آمد و با افزایش دما از ۲۵ به ۳۵ درجه سانتی گراد کارایی تحرک غذایی کاهش یافت.

جدول ۱. تجزیه واریانس اثر دما بر جوانه‌زنی و تحرک ذخایر پروتئینی بذور ارقام گندم.

Table 1. Analysis of variance for the effect of temperature on seed germination and reserves remobilization of wheat cultivars

منابع تغییر SOV	درجه آزادی df	درصد جوانه زنی Germination percentage	سرعت جوانه زنی Germination rate	میانگین مدت جوانه زنی Mean of germination time	میزان پروتئین Protein content	وزن خشک ریشه چه Radicle dry weight	وزن خشک ساقه چه Plumule dry weight	وزن خشک باقی مانده بذر Seed residual dry weight	تنفس بذر Seed respiration	کارایی تحرک ذخایر بذر Seed reserves remobilization efficiency	فعالیت پروتئاز Protease activity	توزیع ماده خشکدر Distribution of dry matter in ریشه چه Radicle	ساقه چه Plumule	باقیمانده بذر Seed residual
		میانگین مربعات(Mean Squares)												
دما Temperature (T)	2	1816.42 **	118.97 **	1.23 **	76.7 **	709.7 **	6170.3 **	29369.7 **	325.8 **	0.62 **	749.9 **	29.09 **	257 **	1172.56 **
رقم Cultivar (C)	2	37.37 **	0.14 **	0.006 **	1.17 **	3.12 **	3.86 **	227.06 **	336.3 **	0.0005	2.95 **	0.102 **	0.398 **	2.49 **
T*C	4	9.5 **	0.03 **	0.003 **	0.15 **	1.66 **	1.37 **	218.08 **	214.6 **	0.003	0.48 **	0.07 **	0.056 **	0.98 **
خطاError	18	0.07	0.003	0.0003	0.03	0.02	0.019	0.03	6.8	0.0012	0.023	0.002	0.006	2.31
ضریب تغییر CV		0.32	1.2	4.27	3.12	0.74	0.26	0.05	3.48	3.85	1.08	1.15	0.69	0.52

** معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد.

** significant at 1% probability level.

میزان ذخایر تنفس شده بذر

نتایج حاصل از اندازه گیری بخشی از ذخایر بذر که صرف تنفس شده است (جدول ۲)، نشان می‌دهد که در همه ارقام با افزایش دمای جوانه زنی شدت تنفس بذر نیز افزایش داشته است. این روند در همه ارقام مشابه بود، ولی رقم MV17 نسبت به سایر ارقام

از تنفس بیشتری برخوردار بود. چنین نتایجی توسط حسن و همکاران (Hasan *et al*., 2004) نیز گزارش شده است.

مقدار توزیع ماده خشک در بذر و گیاهچه

واژه توزیع ماده خشک بیانگر تقسیم ذخایر بذر جهت رشد یا تنفس بذر است و ممکن است که بخشی نیز در بذر باقی بماند. بنابراین، مجموع انرژی ذخایر بذر می‌تواند برای تولید ریشه چه، ساقه چه و تنفس به کار رود. نتایج حاصل نشان داد که در دمای ۲۰ و سپس، ۳۰ درجه حداکثر مقدار توزیع در ریشه چه و ساقه چه صورت پذیرفته است، در حالی که در دمای ۱۰ بیشترین توزیع ذخایر مربوط به باقی مانده بذر است (جدول ۲). در رقم MV17 بیشترین توزیعدر ریشه چه و در دمای ۲۰ درجه بوده است و بیشترین مقدار آن در ساقه چه نیز در این دما مربوط به رقم فینیکان بود.

حسن و همکاران (Hasan *et al*., 2004) نشان دادند که در دمای ۱۵ درجه کمترین مقدار توزیع ماده خشک به ریشه چه و ساقه چه در مقایسه با دمای ۲۵ و ۳۵ درجه دیده می‌شود.

جدول ۲. مقایسه میانگین (به همراه انحراف معیار) اثر دما بر جوانه‌زنی و تحرک ذخایر پروتئینی سه رقم گندم نان.

Table 2. Comparison of means (with standard deviation, SD) for the effect of temperature on germination and protein reserves remobilization in three bread wheat cultivars

رقم Cultivar	دما (°C) Temperature	درصد جوانه زنی Germination percentage	سرعت جوانه زنی (بذر در روز) Germination rate (Seed day^{-1})	میانگین مدت جوانه زنی (روز) Mean of germination time (Day)	میزان پروتئین (درصد) Protein content (%)	وزن خشک (میلی گرم) ریشه چه Radicle dry weight (mg)	وزن خشک ساقه چه (میلی گرم) Plumule dry weight (mg)	وزن خشک باقی مانده بذر (میلی گرم) Seed residual dry weight (mg)	تنفس بذر (درصد) Seed respiration (%)	کارایی تحرک ذخایر بذر (میلی گرم بر میلی گرم) Seed reserves remobilization efficiency (mg^{-1})	پروتئاز (بر میلی گرم پروتئین) Protease (unit per mg protein)	توزیع ماده خشک در (٪) Distribution of dry matter in: ریشه چه Radicle	ساقه چه Plumule	باقیمانده بذر Seed residuale
سرداری (Sardari)	10	62.2±0.25	1.19±0.015	0.86±0.016	8.7±0.2	11.77±0.15	23.4±0.1	395.3±0.2	10.76±2.4	0.68±0.03	5.2±0.1	2.44±0.04	4.85±.0.02	81.95±0.39
	20	92.47±0.15	8.41±0.1	0.14±0.015	3.16±0.15	28.5±0.1	75.6±0.15	307.7±0.25	17.29±2.19	1.21±0.03	13.37±0.1	5.72±0.02	15.19±0.084	61.8±0.27
	30	84.47±0.32	4.3±0.05	0.25±0.02	4.8±0.15	20.2±0.11	59.17±0.15	318.5±0.1	18.92±3.96	0.857±0.03	23.5±0.1	4.12±0.03	12.05±0.10	64.91±0.51
فینکان (Finikan)	10	65.3±0.25	1.39±0.06	0.74±0.015	7.93±0.2	11.67±0.15	25.1±0.1	401.4±0.11	10.77±0.8	0.696±0.008	74.63±0.15	2.37±0.02	5.1±0.027	81.76±0.14
	20	92.47±0.35	8.6±0.05	0.12±0.016	3±0.25	29.2±0.2	76.2±0.11	290.3±0.15	17.77±4.39	1.23±0.064	13.5±0.2	6.07±0.09	15.84±0.13	60.32±0.53
	30	86.13±0.35	4.55±0.087	0.24±0.02	4.72±0.057	19.9±0.15	58.4±0.2	301.4±0.15	19.51±1.4	0.85±0.014	22.3±0.21	4.22±0.28	12.38±0.06	63.89±0.17
MV17	10	69.97±0.25	1.22±0.02	0.85±0.019	7.75±0.2	12.27±0.15	25.8±0.15	410.8±0.15	10.03±2.3	0.76±0.039	5.5±0.15	2.56±0.03	5.17±0.05	82.24±0.36
	20	95.37±0.2	8.53±0.025	0.13±0.016	2.46±0.1	31.2±0.2	76.77±0.15	300.5±0.25	17.98±2.89	1.2±0.04	14.1±0.1	6.27±0.07	15.4±0.06	60.35±.036
	30	85.97±0.15	4.12±0.025	0.25±0.014	4.38±0.2	20.2±0.1	59.5±0.1	304.7±0.2	20.21±1.9	0.82±0.017	24.3±0.15	4.19±0.03	12.35±0.05	63.25±0.24

نتیجه گیری کلی

در دمای ۲۰ درجه اغلب صفات نسبت به سایر دماها از ارزش بیشتری برخوردار بود. همچنین، رقم MV17 از نظر درصد جوانه‌زنی و فعالیت آنزیم پروتئاز در دمای ۲۰ درجه برتر از سایر ارقام بود. توزیع مواد غذایی به گیاهچه، مقدار پروتئین موجود در باقی مانده بذر یا وزن خشک گیاهچه هر کدام می‌توانند معیار مناسبی برای انتخاب ارقام برتر در شرایط تنش دما باشند. در دمای ۱۰ درجه کارایی تحرک ذخایر پروتئینی در رقم MV17 نسبت به سایر ارقام بیشتر بود، ولی در دمای ۳۰ درجه رقم فینیکان کارایی بیشتری داشت. به نظر می‌رسد که رقم MV17

به دماهای پایین و رقم فینیکان به دماهای بالا تحمل بیشتری دارند.

منابع References

Akram Ghaderi, F., A.Soltani and H.R. Sadeghipour, 2008. Effect of temperature and water potential on germination of medicinal pumpkin (*Cucurbita pepo.* convar. pepo var. styriaca), black cumin (*Nigella sativa* L.) and borago (*Borago officinalis* L.). J. Agric. Sci. Natur. Resour. 15(5): 157-170.

Anonymous, 2014. A guide to kjeldahl nitrogen determination methods and apparatus. LABCONCO. Texas. USA. Accessed online at www.ExpotechUSA.com.

Baskin, C.C., and J.M. Baskin, 2001. Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy andgermination. Academic Press, San Diego, California, p 666.

Blum, A. and B.Sinmena, 1994. Wheat seed endosperm utilization under heat stress and its relation to thermotolerance in the autotrophic plant.Field Crops Res. 37:185–191.

Bradford, K.J. 2002. Application of hydrothermal time to quantifying and modeling seed germination and dormancy. Weed Sci. 50: 248-260.

Eessmine, J., S.Ammar,and S.Bouzid, 2010. Impact of heat stress on germination and growthin higher plants: physilogical, Biochemical and Molecular Repercussions and Mechanism of Defence.J. Biol.Sci. 10(6):565-572.

Ellis, R.A. and E.H. Roberts, 1981. The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. Seed Sci. Technol. 9: 373-409.

Foley, M.E. and S.A. Fennimore, 1998. Genetic basis for seed dormancy. Seed Sci. Res. 8: 173-179.

Hasan, M. A., J. U., Ahmed, M. M.Hossain, and M.A. Ullah, 2004. Germination characters and seed reserve mobilization during germination of different wheat genotypes under variable temperature regimes. J.Natan.Sci.Foundation Srilanka. 32:97-107.

Holwerda, B.C. and J.C. Rogers, 1992. Purification and characterizationofaleurain. Plant Physiol.**99:**848-855.

Kamaha, C. and J.D. Maguire, 1992. Effect of temperature on germination of six winter wheatcultivars. Seed Sci. Technol. 20: 181-185.

Kebreab, E. and A.J. Murdoch, 2000. The effect of water stress on the temperature range forgermination of *Orobanch esaegyptiaca* seeds. Seed Sci. Res. 10: 127-133.

Kumar Shaha, R., N.K., Sana, N., Roy, K.K.Biswas, and A.Mamun, 2002. Partial purification and characterization of protease from germinating wheat seeds (*Triticum aestivum* L.). Pak. J. Biol. Sci. 5(3):317-320.

Meyer, S.E. and R.L. Pendleton, 2000. Genetic regulation of seed dormancy in *Purshiatridentata* (Rosaceae). Ann. Bot. 85: 521-529.

Michalcová, E., E., Potocká, D.Chmelová, and M.Ondrejovič, 2012. Study of wheat protein degradation during germination.J Microbiol. Biotech. Food Sci. 1(6):1439-1447.

Qiu, J., Y., Bai, B.Coulman, and J.T. Romo, 2006. Using thermal time modelsto predict seedling emergence of orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.) underalternating temperature regimes. Seed Sci. Res. 16: 261-271.

Soltani, A., S., Galeshi, E.Zeinali, and N. Latifi, 2002. Germination, seed reserve utilization and seedling growth of chickpea as affected by salinity and seed size. Seed Sci. Technol. 30: 51-60.

Soltani, A., M.Gholipoor, and E.Zeinali, 2006. Seed reserve utilization and seedling growth ofwheat as affected by drought and salinity. Env. Exp. Bot. 55:195-200. 15.

Tavakkol Afshari, R., A. Abbasi Suraki, and A. Ghasemi, 2008. Seed technology and its biological basis. University of Tehran Press.

Thygerson, T., J.M., Harris, B.N., Smith, L.D., Hansen, R.L. Pendleton, and D.T. Booth, 2002. Metabolic response to temperature for six populations ofwinterfat (*Eurotia lanata*). Thermochimica Acta. 394: 211-217.

Windauer, L., A.Altuna, and R. Benech-Arnold, 2007. Hydrotime analysis of *Lesqueralla fendleri* seed germination response to priming treatments.Indust. Crops Products. 25: 70-74.

Zeinali, E., A., Soltani, S.Galeshi, and S.J. Sadati, 2010. Cardinal temperatures, response to temperature and range of thermal tolerance for seed germination in wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. Electronic J. Crop Production. 3 (3): 23-42.