"نشریه علوم و فناوری بذر ایران"
جلد هشتم، شماره 2، پاییز و زمستان 98
(ص 100-87)

Iranian Journal of
Seed Science and Technology
Vol.: 8, No.: 2, Autumn and Winter 2020
(pp: 87-100)
DOI: 10.22034/ijsst.2019.115587.1133

تاثیر هورمون‌های گیاهی بر بهبود بذر زوال‌یافته طبیعی و مصنوعی گندم (*Triticum aestivum*) تحت تنش شوری

راضیه سادات جهانمیر[1]، رضا توکل افشاری[2*]، کاظم پوستینی[3]

1و2 و 3. دانش‌آموخته‌ی کارشناسی ارشد و اساتید دانشگاه فردوسی مشهد و پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
(تاریخ دریافت: 1396/07/03؛ تاریخ پذیرش: 1397/11/23)

چکیده

زوال یا پیری به عنوان یکی از عوامل کاهش دهنده بنیه و محدودکننده‌ی جوانه‌زنی بذر می‌باشد. انبارداری نامناسب در محل‌های ذخیره‌سازی مخصوصا بانک‌های ژن می‌تواند سبب تسریع فرایند پیری در انواع بذور شود. در این مطالعه به منظور بهبود اثرات نامطلوب حاصل از زوال بذر، تاثیر تیمار هورمونی با اسیدجیبرلیک، سیتوکنین، اکسین و اسید سالیسیلیک در غلظت‌های صفر، 50، 100 و 150 میکرولیتر بر کیفیت بذرهای زوال یافته طبیعی و مصنوعی گندم به صورت آزمایشگاهی در آزمایشگاه های بذر پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران در سال 1395 مورد بررسی قرار گرفت. پس از تیمار هورمونی، جوانه زنی بذرها تحت شرایط تنش شوری در سه سطح صفر، 4- و 8- بار بررسی شد. نتایج نشان داد بذور طبیعی پیر شده در تمام صفات مشاهده شده میانگین بالاتری را داشتند. در میان هورمون‌های گیاهی هورمون سیتوکنین در صفات درصد و سرعت جوانه‌زنی و شاخص جوانه‌زنی بیشتری را نشان داد. غلظت‌های هورمونی نسبت به تیمار شاهد (آب مقطر) در تمام صفات بهتر عمل کرده و سبب افزایش تحمل تنش شوری شده است. تنش شوری توانست تمام صفات به جز متوسط زمان جوانه‌زنی را تحت تاثیر قرار دهد.

واژه‌های کلیدی: اسیدجیبرلیک، اسیدسالیسیلیک، اکسین، پیری تسریع شده.

The effects of plant hormones on improvement natural and artificial aging wheat under salt stress

R.S. Jahanmir[1], R. Tavakkol-Afshari[2*], K. Postini[3]

1 & 2. Graduated and Professors College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran.
3. Professors of Ferdowsi University of Mashhad
(Received: Sept. 25, 2017 – Accepted: Feb. 12, 2019)

Abstract

Dehydration or Aging is one of the vigor reducing and seed germination limiting agents. Inappropriate storage places, especially the gene banks, can speed up the aging process in a variety of seeds. In this study, to improve the adverse effects of seed aging, hormone treatments with GA, Cytokinin, Auxin and Salicylic acid in concentrations of 50, 100 and 150 ppm (and distilled water as a control) on the quality of the naturally and synthetic deteriorated seeds of wheat were studied in the seed laboratory of Agriculture and natural resources college, Tehran University in 2015. After hormonal treatment, germination under salt stress in three levels, 0, -4 and -8 bar were investigated. The results showed that the naturally aged seeds had a higher mean value for all the traits. Treatment with Cytokinin hormone showed higher percentage and germination rate and WGI between others hormones and all the hormonal treatments were better than control treatment (distilled water) in all traits and increased salinity stress tolerance. Salinity stress could affect all traits except the Mean Germinations Time.

Keywords: Gibberellic acid, Salicylic acid, Auxin, Accelerated aging.

* Email: tavakolafshari@ferdowsi.um.ac.ir

مقدمه

گندم[1] مهمترین گیاه زراعی دنیا است که نقش مهمی در تامین نیاز غذایی انسانها دارد. این محصول تأمین کننده 20 درصد انرژی و 93-78 درصد پروتئین موجود در جیره غذایی بشر می‌باشد (Ghorbani *et al*., 2005). این گیاه به عنوان یکی از مهم ترین گیاهان زراعی در تولید فراورده های غذایی مطرح بوده و افزایش روزافزون جمعیت و مصرف سرانه بالای نان نیاز به تولید بیشتر این محصول را مبرم ساخته است. مطالعات انجام شده، در ارتباط با ارزیابی صفت تحمل به شوری در گندم، این گیاه را به عنوان گیاهی نیمه حساس تا نیمه متحمل به شوری طبقه‌بندی کرده است (Mizrahi *et al*., 1971). نگهداری و انبارداری بذر تا فصل بعدی رشد یا زمان فروش یکی از مراحل مهم در صنعت بذر است، عدم توجه دقیق و کافی به آن سبب می‌شود بذر دچار خسارت فیزیکی و فیزیولوژیک شده و در نتیجه زوال بذر تشدید می‌شود (Ma *et al*., 2004). رطوبت بذر و دما دو عمل محیطی اصلی در نگهداری بذر هستند. همچنین کیفیت بذر پس از نگهداری با رطوبت بذر و دمای نگهداری همبستگی منفی دارد (Yaja *et al*., 2005).

بهبود کیفیت بذر یا پرایمینگ بذر، روشی آسان، کم هزینه و تکنیکی کم‌هزینه و با خطر پایین می‌باشد که رویکردی دیگری برای مقابله با تنش شوری می‌باشد. تنظیم کننده‌های رشد گیاهی به عنوان یکی از عوامل پرایمینگ، برای مقابله با اثر تنش شوری بر جوانه‌زنی و رشد تعدادی از گونه‌های گیاهی با موفقیت به کار برده شده‌اند (Gadallah 1999; Debez *et al*., 2001; Iqbal & Ashraf 2005). آگاهی از وقوع ترمیم در طب آبنوشی بذر، سبب شده است که در صنعت بذر، پرایم کردن برای بسیاری از محصولات مورد استفاده قرار گیرد. پرایم کردن بذر شامل جذب آب با استفاده از دستورالعمل‌های مختلف و سپس خشک کردن بذر به منظور مدیریت معمول آن می‌باشد. افزایش سرعت جوانه‌زنی، یکنواختی بیشتر در سبز شدن، جوانه‌زنی تحت دامنه وسیع‌تری از شرایط محیطی و بهبود بنیه و رشد بذر از مزایای پرایمینگ می‌باشد (Ajouri *et al*., 2004). پرایمینگ می تواند جوانه زنی بذور پیر شده را بهبود بخشد (Van Pijlen *et al*., 1995; Bailly *et al*., 1998).

هورمون‌های رشدی که به طور معمول برای پرایمینگ بذر استفاده می‌شود شامل اکسین‌ها، جیبرلین‌ها (GA)، کینتین، اسیدآبسیزیک، پلی‌آمین‌ها، اتیلن، برسینواستروئیدها و اسیدسالیسیلیک‌ها هستند (Ashraf & Foolad, 2005).

اسیدسالیسیلیک جزء اسیدهای آلی (ترکیبات فنلی) با نام شیمیایی اورتوهیدروکسی بنزوئیک اسید است. بر اساس بسیاری از تحقیقات، این هورمون سبب مقاومت به تنش‌های مختلف از جمله گرما (Dat 1998)، سرما (Tasing *et al*., 2003) و خشکی (Singh & Usha, 2003) در گیاهان مختلف می‌شود. حسینی‌خواه و همکاران (Hoseinikhah et al., 2013) بیان کردند که تیمار بذور قبل از اعمال 48 ساعت زوال، با غلظت 50 میکرولیتر سالیسیلیک اسید، با شاخص جوانه زنی 82 یکی از بهترین غلظت‌های هورمونی بود.

جیبرلین‌ها اعضای خانواده بزرگ و متنوعی از ترکیبات گیاهی به نام ترپنوئیدها هستند. جیبرلین‌ها بیشترین کاربرد مستقیم را در کنترل و تسریع جوانه‌زنی دارند (Artekam 1995). پرایمینگ هورمونی با جیبرلیک‌اسید با غلظت 100 میکرولیتر موجب بهبود بنیه‌ی بذور زوال یافته علف گندمی بلند شد (Eisvand *et al*, 2010). به طورکلی، سیتوکنین‌ها (CKs) می‌توانند به گیاه در عبور از شرایط تنش کمک کنند (Wang *et al*., 2001). پاسخ‌های کمی و کیفی گیاهان در برابر سیتوکنین‌های مختلف از جمله کینتین (KIN) و بنزیل آمینوپورین (BAP) ممکن است به صورت قابل توجهی متفاوت باشد. BAP فعال تر از هر سیتوکنین دیگر در جوانه‌زنی و همچنین شکستن خواب بذور کرفس و کاهو موثر می‌باشد (Thomas *et al*., 1975).

[1] *Triticum aestivum*

یکی از آزمون‌ها برای سنجش بنیه‌ی بذر، آزمون پیری تسریع شده می‌باشد. این آزمون در ابتدا به عنوان آزمونی برای تعیین مدت زمان ذخیره‌سازی هر بذر استفاده می‌شد ولی بعد به عنوان شاخصی برای تعیین قدرت بذر استفاده گردید (Dehghan-Shoar *et al*., 1996). طبق مطالعات بر روی گندم نتایج بدست آمده نشان داد که در آزمون جوانه‌زنی استاندارد و آزمون پیری تسریع شده، سرعت جوانه‌زنی و درصد جوانه‌زنی بذر همبستگی مثبت و بالایی با درصد پوشش و عملکرد دانه در مزرعه دارند (Ghasemi-Golozari *et al*., 1996).

هدف این مطالعه علاوه بر یافتن راهکاری مناسب بر پایه تقویت بنیه‌ی بذرهای پیر شده گندم، افزایش بنیه‌ی بذر آن برای تحمل شرایط شوری با استفاده از پرایمینگ هورمونی در طی جوانه‌زنی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

بذر گندم رقم خزر1 از بانک ژن گروه زراعت و اصلاح نباتات تهیه گردید. از میان نمونه بذرهای مختلف گندم، نمونه‌ای انتخاب شد که به مقدار لازم بذر طبیعی پیر شده آن برای انجام آزمایشات وجود داشت و همچنین همان سال در برنامه احیاء و ارزیابی ارقام گندم در مزرعه پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران تکثیر شده بود. از بذرهای زوال یافته طبیعی برای انجام آزمون‌های لازم در زمینه پیری طبیعی و از بذرهای جدید، برای انجام آزمون‌های لازم و تحقیق در زمینه پیری مصنوعی استفاده گردید.

بذرهای زوال یافته طبیعی در سال 1390 در مزرعه پردیس کشاورزی و منابع طبیعی برداشت شده بودند و در سردخانه با دمای 10 درجه سانتیگراد نگهداری شده بودند. قوه نامیه در شروع آزمایش 62٪ بود. علاوه بر افت قوه نامیه آن؛ در آزمایش‌های مقدماتی نیز سرعت جوانه‌زنی، طول گیاهچه و وزن خشک گیاهچه در نمونه بذری مورد آزمایش با نمونه تازه برداشت شده آن کاهش قابل توجهی داشت و خصوصیات بذر زوال یافته را دارا بود.

این تحقیق بهار 1395 در آزمایشگاه تکنولوژی بذر گروه زراعت و اصلاح نباتات پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران انجام شد. بذور تازه برداشت شده با استفاده از آزمون پیری تسریع شده (بذور در ظروف پلاستیکی روی توری فلزی به مدت 72 ساعت در دمای 1±40) دچار زوال مصنوعی شدند. بذرها در محلول‌هایی با چهار غلظت صفر، 50، 100 و 150 میکرولیتر از هریک از هورمون‌های سیتوکنین، اکسین، اسیدجیبرلیک و اسید سالیسیلیک به طور جداگانه در دمای 1±20 تیمار شده و پس از گذشت 12 ساعت، از محلول‌های پرایم خارج و در هوای آزاد به مدت 24 ساعت خشک شدند.50 عدد بذر از هر تیمار پرایمینگ پس از ضدعفونی سطحی با هیپوکلریت سدیم 5٪ به مدت 10 دقیقه و سه بار شستشو با آب مقطر، روی یک لایه کاغذ صافی داخل ظرف پتری استریل با قطر 90 سانتیمتر قرار داده شدند. بذرهای با آب دیونیزه شده هم به عنوان شاهد کشت شدند. برای اعمال تنش شوری از محلول سدیم کلرید در سه سطح صفر، 4- و 8- بار استفاده شد. پتانسیل های اسمزی براساس فرمول وانتهوف محاسبه شد. سه تکرار برای هر تیمار در نظر گرفته شد. ظرف‌های پتری حاوی بذر به ژرمیناتور با دمای ثابت 1±20 درجه سانتیگراد منتقل شدند. ظرف‌های پتری به طور روزانه شمارش شدند. فرآیند جوانه‌زنی با جذب آب توسط بذر شروع و با خروج ریشه‌چه کامل می شود. بر این اساس خروج 1 میلیمتری ریشه چه به عنوان معیار بذر جوانه زده در نظر گرفته شد. آزمون جوانه‌زنی 7 روز طول کشید. در پایان آزمایش طول گیاهچه اندازه‌گیری شد. در نهایت، گیاهچه‌ها به آون 70 درجه سانتیگراد منتقل شده و بعد از 3 روز وزن خشک آنها اندازه‌گیری شد. با استفاده از روابط زیر، درصد جوانه‌زنی،سرعت جوانه‌زنی وزنی، محاسبه شد.

فرمول سرعت جوانه زنی وزنی (Walker-simmons 1992):

$$WGI = \frac{\sum (D_i \times n_i) + (D_{(i-1)} \times n_i) + (D_{i-2} \times n_i) + \ldots + (D_{(i-(d-1))} \times n_i)}{D \times n}$$

ni: تعداد بذور جوانه زده روز i ام، Di تعداد روز پس از شروع آزمایش، D تعداد کل روزها، n: تعداد کل بذور

جوانه زده

بررسی نرمال بودن داده ها با نرم افزار Minitab 17 انجام شد. تجزیه واریانس بر اساس آزمون فاکتوریل (چهار فاکتوره؛ نوع پیری، نوع هورمون، غلظت‌های هورمون، سطوح تنش) در قالب طرح کاملا تصادفی با نرم‌افزار SAS 9.0 انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که در آزمایش اعمال تیمارهای هورمون پس از زوال، تمامی اثرات ساده به جز اثر نوع هورمون برای تمامی صفت‌ها به جز متوسط زمان جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی معنی دار نبوده است (جدول 1).

جدول 1- تجزیه واریانس اثرات نوع پیری، نوع هورمون، غلظت‌های هورمون در سطوح تنش شوری بر بهبود برخی صفات اندازه‌گیری شده گندم.

Table1- Analysis of variance of the effects of Aging, Hormones, Hormone levels and stress levels on germination characteristics of *Wheat*.

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares				
		درصد جوانه‌زنی Germination (%)	شاخص جوانه‌زنی وزنی WGI	متوسط زمان جوانه‌زنی MGT	شاخص بنیه 1 SV1	سرعت جوانه‌زنی Rate of germination
پیری Aging	1	38364.5**	7.84**	210.64**	0.024**	50273.16**
نوع هورمون Hormones	3	128.40ns	0.01ns	0.68**	0.002ns	71.21**
غلظت‌های هورمونی Hormone levels	3	4111.00**	0.45**	1.00**	0.11**	1218.76**
سطوح تنش شوری Stress levels	2	2496.1**	0.27**	1.99**	0.03**	621.57**
نوع پیری در نوع هورمون Aging*hormones	3	132.01ns	0.006ns	0.36ns	0.001ns	41.40**
نوع پیری در غلظت‌های هورمون Aging*hormone levels	3	6773.05**	0.66**	0.34ns	0.02**	1570.11**
نوع پیری در سطوح تنش Aging*stress levels	2	442.54**	0.03**	0.53*	0.000ns	33.52*
نوع هورمون در غلظت‌های هورمون Hormones*hormone levels	6	66.07ns	0.006ns	0.12ns	0.001ns	13.30ns
نوع هورمون در سطوح تنش Hormones*stress levels	6	55.19ns	0.002ns	0.09ns	0.000ns	5.48ns
غلظت‌های هورمون در سطوح تنش Hormone levels*Stress levels	6	309.84**	0.02**	0.10ns	0.003ns	18.83*
نوع پیری در هورمون در غلظت‌های هورمون Aging*hormones*hormone levels	9	36.37ns	0.002ns	0.08ns	0.000ns	6.04ns
نوع پیری در هورمون در سطوح تنش Aging*hormones*stress levels	6	73.17ns	0.002ns	0.09ns	0.000ns	5.07ns
نوع پیری در غلظت‌های هورمون در سطوح تنش Aging*hormone levels*stress levels	6	180.04*	0.007ns	0.18ns	0.003ns	7.29ns
نوع در غلظت‌های هورمون در سطوح تنش Hormones*hormone levels*stress levels	18	25.81ns	0.001ns	0.11ns	0.001ns	2.48ns
نوع پیری در هورمون در غلظت‌های هورمون در سطوح تنش Aging*hormones*hormone levels*stress levels	18	25.73ns	0.001ns	0.08ns	0.000ns	1.98ns
خطای آزمایش Error	192	62.69	0.004	0.17	0.001	8.14
ضریب تغییرات C.V		11.70	11.18	18.49	40.57	13.59

*و **: به ترتیب معنی داری در سطح 5 و 1 درصد.

*,**: Significant at 1&5% probablity

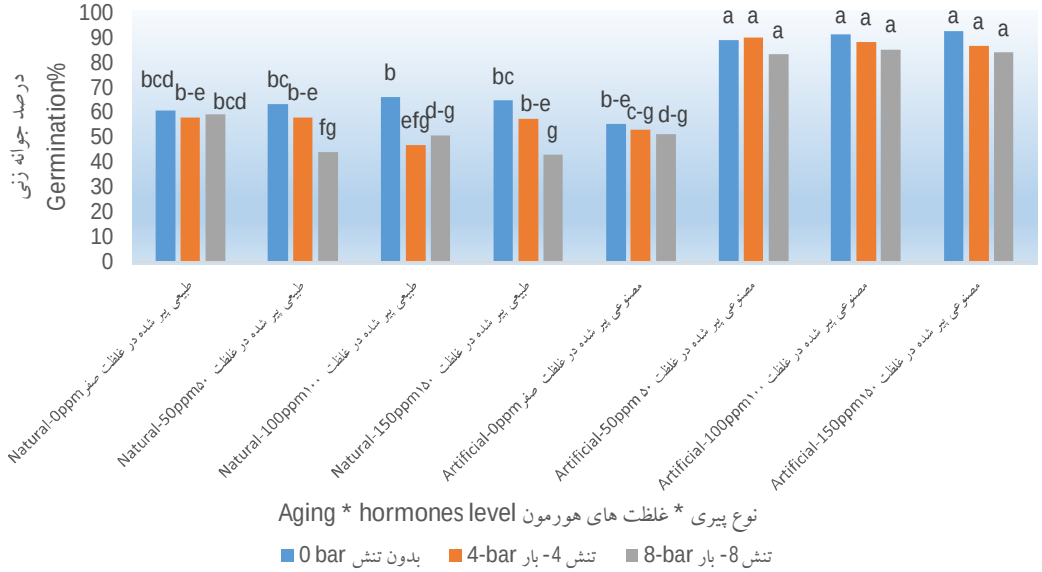
درصد جوانه‌زنی

همه تیمارها بجز نوع هورمون‌ها درصد جوانه‌زنی را به طور معناداری تحت تاثیر قرار دادند (جدول 1). بذور مصنوعی پیر شده با غلظت‌های هورمونی به جز صفر با افزایش سطح تنش شوری تفاوت معنی‌داری در آن‌ها مشاهده نشد. در میان سایر تیمارها بذور پیر شده طبیعی و پرایم شده با غلظت‌های هورمونی به جز صفر تفاوت معنی‌داری کمی مشاهده شد (شکل 1).

در شکل 2 ملاحظه می‌شود که بذور مصنوعی پیر شده و پرایم شده با غلظت‌های 50، 100 و 150 ppm در نوع هورمون تفاوت معنی‌داری نداشته اما با سایر گروه‌های تیماری تفاوت معنی‌داری مشاهده شد. در میان بذور طبیعی پیر شده نیز همین روند مشاهده شد. زوال، یکی از عوامل فیزیولوژیکی مهم است که سبب کاهش درصد جوانه‌زنی و بنیه‌ی بذر می شود. در مطالعه‌ای بر روی بنیه‌ی بذر نخود انجام گرفت مشاهده شد که افزایش زمان زوال سبب کاهش بنیه‌ی بذر و درصد جوانه‌زنی شد (Hampton *et al.*, 2004).

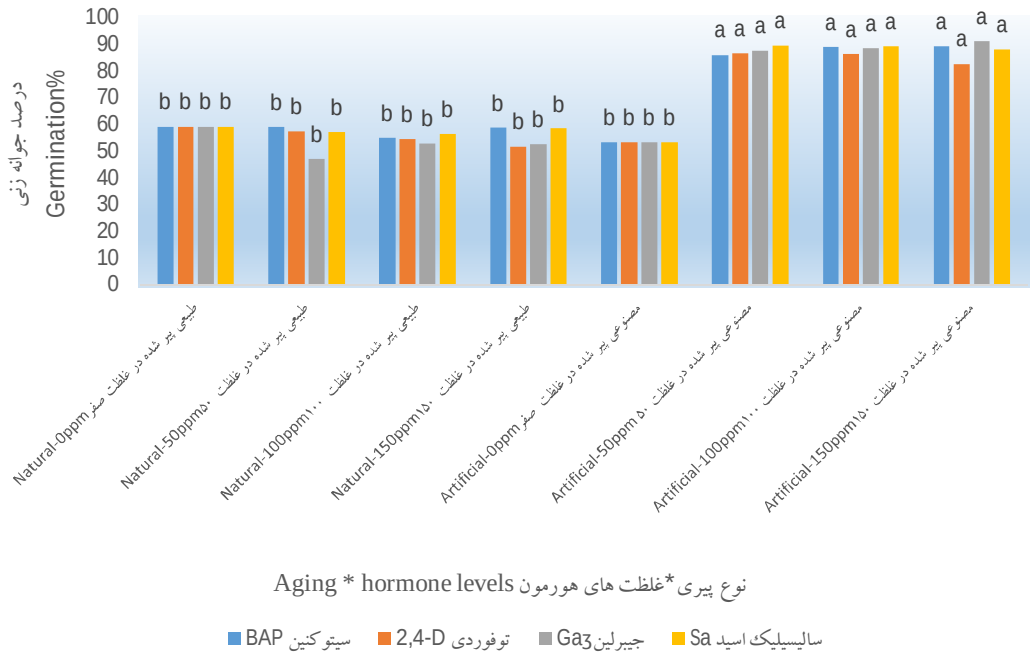
در اثر اعمال تیمار پرایمینگ، شاخص‌های فیزیولوژیک بذور زوال‌یافته بهبود می‌یابند. بذور پرایم شده معمولا افزایش در سرعت جوانه‌زنی، یکنواختی بیشتر در جوانه‌زنی و در بعضی موارد جوانه‌زنی کلی بیشتری از خود نشان می‌دهند (Basra *et al.*,2005). در این مطالعه هم در اثر پرایمینگ بذور زوال یافته طبیعی و مصنوعی، بهبود در درصد و سرعت جوانه‌زنی و دیگر شاخص‌های مورد بررسی مشاهده شد.

اسیدجیبرلیک‌ها اعضای خانواده بزرگ و متنوعی از ترکیبات گیاهی به نام ترپنوئیدها هستند. تاکنون بیش از 125 نوع اسیدجیبرلیک شناسایی شده است و بارزترین اثر آنها بر گیاهان، طویل کردن خیلی زیاد ساقه‌های سالم خصوصا در گیاهان پا کوتاه می‌باشد (Hopkins and Huner, 2004). اسید جیبرلیک ظرفیت فتوسنتز گندم را در مرحله رویشی هم در شرایط شور و هم در شرایط غیر شور افزایش می‌دهد (Ashraf *et al.*, 2002). در طی جوانه‌زنی تاج خروس، بالاترین فعالیت آنزیم‌های سوپر اکسید دیسموتاز (SOD) و کاتالاز (CAT) قبل از خروج ریشه‌چه است در حالیکه بیشترین فعالیت پراکسیداز (POD) در زمان خروج ریشه‌چه و نمو گیاهچه می‌باشد و اسید جیبرلیک (GA_3) سبب افزایش فعالیت SOD و CAT می‌شود (Dučić *et al.*, 2003).



شکل 1-بررسی اثر متقابل نوع پیری و غلظت‌های هورمون و سطوح تنش شوری در صفت درصد جوانه زنی گندم.

Figure1- The interaction of Aging *Hormones levels * stress levels (salt stress) on germination percent*age in Wheat.*



شکل 2- بررسی اثر متقابل نوع پیری و غلظت‌های هورمون و نوع هورمون در صفت درصد جوانه زنی گندم.

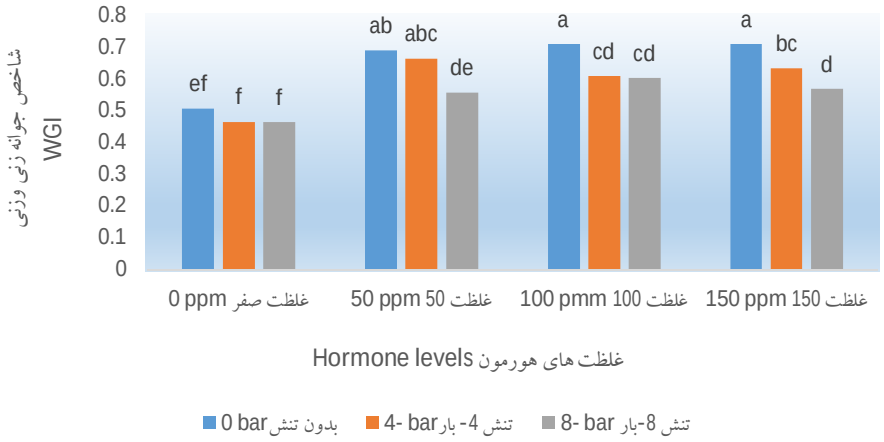
Figure2- The interaction of Aging *Hormones levels * Hormones on germination percent*age in Wheat*.

شاخص جوانه‌زنی وزنی

طبق جدول تجزیه واریانس مشاهده شد که اثرات متقابل غلظت‌های هورمون در سطوح تنش و اثر نوع پیری در سطوح تنش و اثر متقابل نوع پیری در غلظت‌های هورمون در سطح احتمال 1٪ معنی‌دار شدند. در سطح بدون تنش غلظت‌های 50، 100 و 150 ppm نسبت غلظت صفر تاثیر مثبت بیشتری در این شاخص داشتند. در سطح تنش 4- بار غلظت 50ppm و در سطح تنش 8- بار، غلظت 100 ppm، بالاترین میانگین را نشان دادند (شکل 3). بذرو مصنوعی پیر شده در تمام سطوح تنش میانگین بالاتری را نسبت به بذور مصنوعی پیر شده نشان دادند (شکل 4).

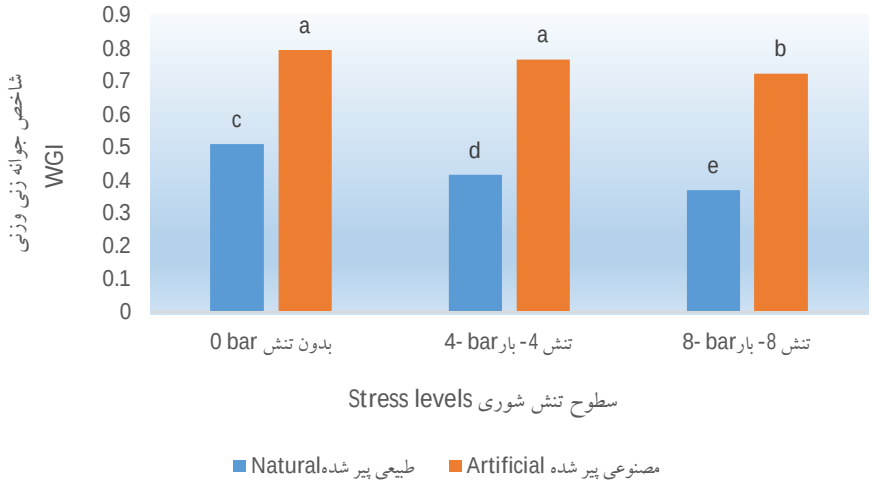
سرعت جوانه‌زنی توسط پرایمینگ بذر (هیدروپرایمینگ، اسموپرایمینگ) تحت شرایط تنش بهبود می‌یابد. در پژوهشی گزارش شد که سرعت جوانه‌زنی بذرهای *Agropyron elongatum* و *Bromus inermis* تحت شرایط تنش خشکی نسبت به بذور پرایم نشده تحت همان شرایط عملکرد بهتری را نشان داشتند (Rouhi *et al.*, 2011). تنش شوری منجر به تاثیرات منفی متنوع بر جوانه‌زنی، رشد گیاهچه و عملکرد گیاهان دارد. بیش از شوری عوارض جانبی مانند سمیت یون، فشار اسمزی، عدم تعادل عوامل تغذیه‌ای و مهار رشد گیاهی وجود دارد (Zhu, 2001). با افزایش غلظت نمک از 0 تا 250 میلی مولار در 6 رقم ذرت مورد استفاده در مطالعه، درصد و شاخص سرعت جوانه‌زنی به طور قابل توجهی کاهش پیدا کرد، اما واکنش ارقام به شوری متفاوت بود و رقم C-995 مقاوم‌ترین و رقم Progen-1550 حساس‌ترین رقم مشخص شدند (Carpýcý *et al.*, 2009). کاهش فعالیت آنزیم کاتالاز در بذرهای زوال یافته ممکن است منجر به تجمع پراکسید هیدروژن شود که از طریق تشکیل رادیکال‌های آزاد بر جوانه‌زنی اثر می‌گذارند. در آزمایشی که بر روی گیاه آفتابگردان توسط انجام شد، مشخص گردید که سرعت جوانه‌زنی ارتباط نزدیکی با

فعالیت آنزیم کاتالاز دارد (Bailly, 2004). در مطالعه‌ای که بر روی بذور زوال یافته کلزا انجام گرفت، گزارش شد که اسید سالیسیلیک و اسید جیبرلیک سبب بهبود خصوصیات جوانه‌زنی از جمله سرعت جوانه‌زنی و درصد جوانه‌زنی شده است (Aalivand *et al.*, 2012). در مطالعه‌ای گزارش شده است که اثر اصلی پرایمینگ بر روی بذور گوجه فرنگی از طریق کوتاه کردن زمان لازم جهت بیدار شدن یا فعال شدن نهایی آندوسپرم و افزایش توانایی جنین برای جذب آب صورت می‌گیرد (Dahal, P., & Bradford., 1990)، همچنین در پژوهشی اعلام شد که پرایمینگ سبب ایجاد برخی تغییرات فیزیولوژیکی از قبیل تغییر در مقدار قند و ترکیبات آلی و یون‌های تجمع یافته در بذر، ریشه و حتی برگ‌های گیاه می‌شود که باعث افزایش سرعت جوانه زنی و مقاومت بیشتر آن به شرایط نامساعد می‌شود (Hurly *et al.*, 1991).



شکل3- بررسی اثر متقابل غلظت‌های هورمون و سطوح تنش، در سرعت جوانه‌زنی وزنی گیاه گندم.

Figure3- The interaction of Hormone levels * stress levels (salt stress) on WGI *in Wheat*.



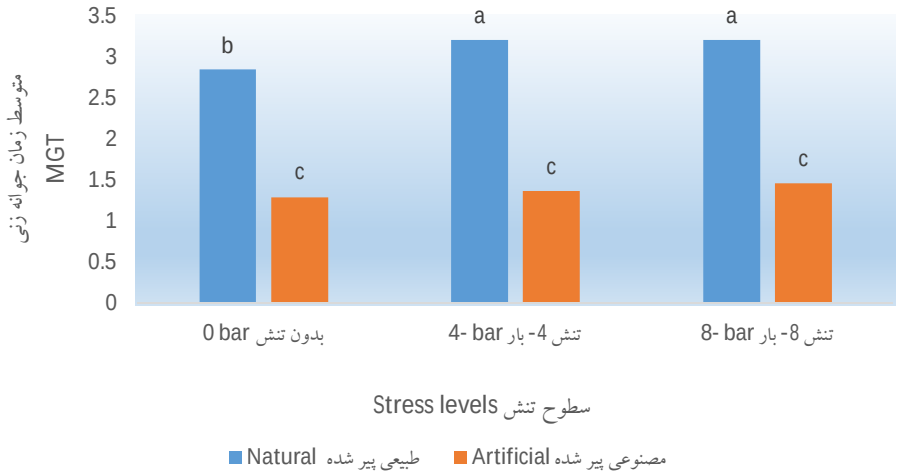
شکل4- بررسی اثر متقابل نوع پیری و سطوح تنش شوری در سرعت جوانه‌زنی گیاه گندم.

Figure4 - The interaction of Aging * stress levels (salt stress) on WGI *in Wheat*.

متوسط زمان جوانه‌زنی

کاهش پتانسیل اسمزی سبب افزایش متوسط زمان جوانه‌زنی شد. یکی از دلایل احتمالی این امر، تاخیر در جذب آب توسط بذر می‌باشد. نتایج جدول تجزیه واریانس نشان می‌دهد که این صفت در تمام تیمارهای اصلی در سطح 1٪ معنی دار بود. در میان اثرات متقابل تنها اثر پیری در سطوح تنش در سطح 5٪ معنی دار شد (جدول 1). بذور طبیعی پیر شده در سطوح تنش شوری 4- و 8- بار بالاترین میانگین این شاخص را نشان دادند. با افزایش سطوح تنش شوری در متوسط زمان جوانه‌زنی بذور مصنوعی پیر شده تفاوتی مشاهده نشد (شکل 10).

در پژوهشی که عکس العمل تعدادی از لاین‌های آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) را نسبت به تنش خشکی بررسی می‌کردند مشاهده شد که با افزایش پتانسیل اسمزی، متوسط زمان جوانه‌زنی افزایش یافت (Ahmad *et al*., 2009). بذور برای انجام فعالیت‌های حیاتی و شروع به جوانه‌زنی احتیاج به آب کافی دارند چنانچه جذب آب دچار اخلال شود و یا به کندی صورت گیرد، فعالیت‌های داخل بذر به کندی صورت می‌گیرد و مدت زمان لازم برای خروج ریشه از بذر افزایش می‌یابد، به عبارتی سرعت جوانه‌زنی کاهش می‌یابد. به نظر می‌رسد در جوانه‌زنی تحت تنش شوری و خشکی بدلیل افت پتانسیل اسمزی، فرایند جذب آب مختل شده و در ادامه نیز از فعالیت آلفا-آمیلاز بازداری می‌شود. تنش شوری باعث می‌شود که بذر نتواند رطوبت مورد نیاز خود را به مقدار کافی جذب نماید و با ایجاد نوعی خشکی فیزیولوژیکی، میزان جوانه‌زنی و سرعت آن را کاهش می‌دهد. در تنش شوری به علت کاهش پتانسیل آب محیط اطراف بذر، مدت زمان بیشتری طول می‌کشد تا بذر بتواند آب مورد نیاز خود را بدست آورد (Afzal, 2005).



شکل5- تاثیر اثر متقابل نوع پیری در سطوح تنش بر صفت متوسط زمان جوانه‌زنی در گندم.

Figure5 - The interaction of Aging * stress levels (salt stress) on MGT *in Wheat*.

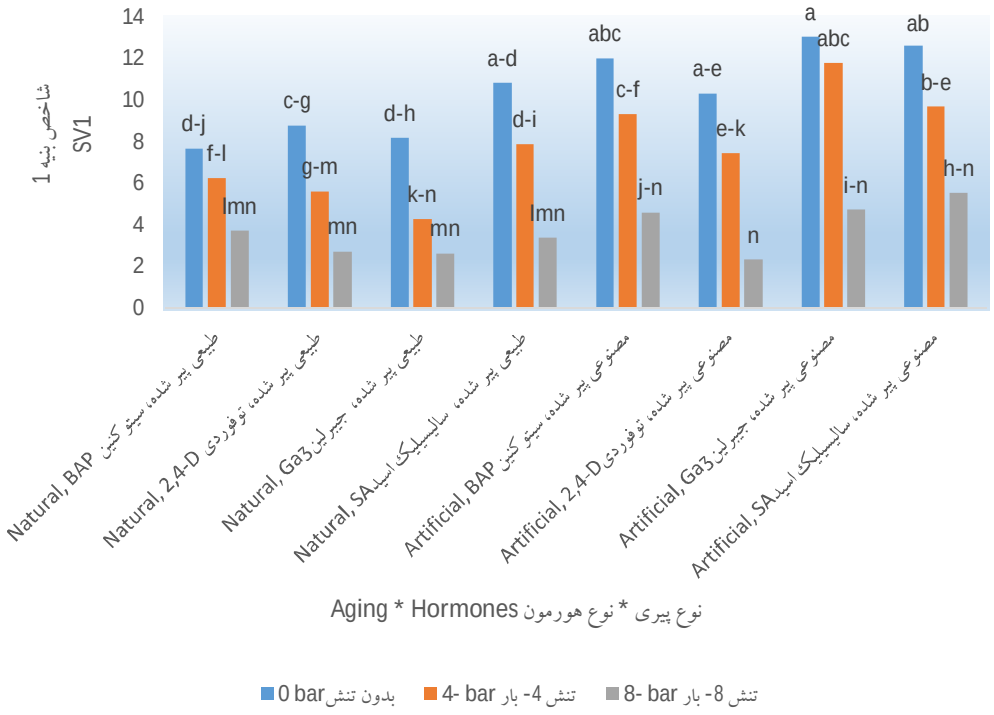
شاخص بنیه 1

طبق جدول تجزیه واریانس مشاهده می‌شود که تمام تیمارهای ساده مورد استفاده در این شاخص به جز تیمار نوع هورمون در سطح 1٪ معنی‌دار شده‌اند. تنها اثر متقابل نوع پیری در غلظت‌های هورمون در سطح 1٪ معنی دار شدند(جدول 1). بذور مصنوعی پیر شده و پرایم شده با تمام هورمون‌ها و بذور طبیعی پیر شده و پرایم شده با

هورمون سالیسیلیک اسید در سطح بدون تنش در سطح اول گروهبندی دانکن قرار گرفتند. روند مشابهی در سطح تنش 4- بار مشاهده شد. بذور مصنوعی پیر شده و تیمار شده با هورمون جیبرلیک اسید با مقدار 13/03 در اولین گروهبندی دانکن قرار گرفت و تیمار با هورمون توفوردی کمترین میزان شاخص بنیه1 (2/33) در بذور زوال یافته مصنوعی را دارا بود. نتایج نشان می‌دهد که با افزایش سطوح تنش، کاهش شاخص بنیه 1 رخ می‌دهد (شکل 6).

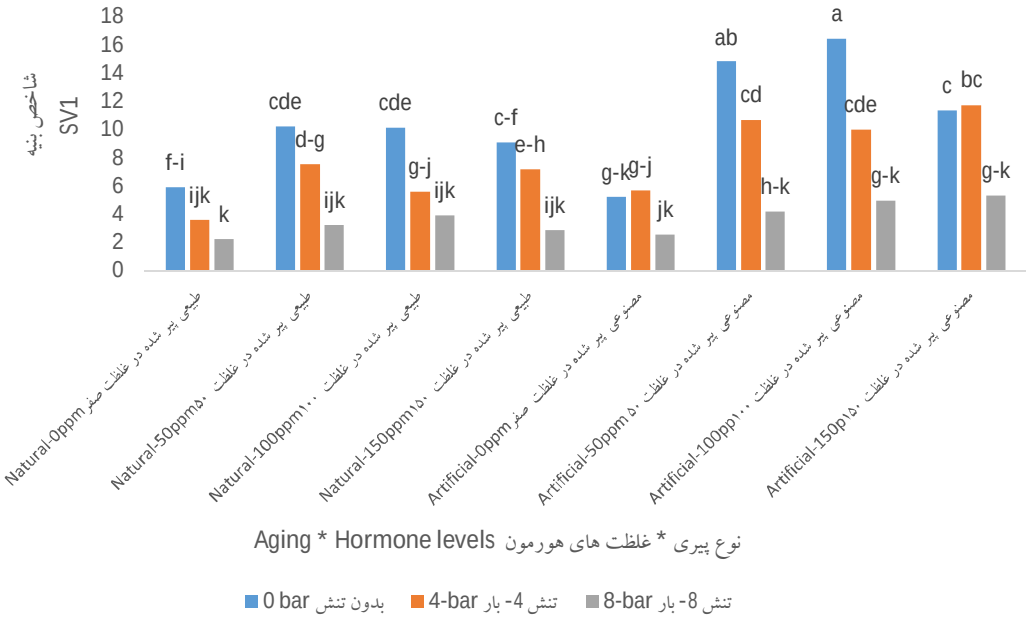
در میان غلظت‌های هورمونی غلظت 50 و 100ppm بالاترین میانگین را در شکل 7 نشان دادند. در بذور طبیعی پیر شده غلظت‌های غیر از صفر با غلظت صفر تفاوت معنی‌داری داشتند اما در بذور مصنوعی پیر شده غلظت‌های 50 و 100ppm بالاترین میانگین این شاخص را نشان دادند. در اکثر تیمارهای موجود با افزایش سطح تنش روند مشابهی مشاهده شد (شکل 12).

کاهش شاخص بنیه ناشی از کاهش اجزای آن یعنی درصد جوانه‌زنی، طول گیاهچه و وزن خشک است که هر سه در شرایط زوال کاهش می‌یابند. نتایج بدست آمده از پرایمینگ هورمونی بذور هویج با جیبرلین و سالیسیلیک اسید نیز نشان داد که این دو هورمون بر درصد سبز شدن، بنیه و طول ریشه و ساقه تاثیر مثبت داشته‌اند (Eisvand *et al.*, 2011). بنابر گزارشی (Hoseinikhah *et al.*, 2013)، اعمال تیمارهای آلفاتوکوفرول و اسید آسکوربیک در بذرهای کنجد زوال یافته داراب 2 و 14 در مدت زوال 24 و 48 ساعت و در دو شرایط پیش تیمار و تیمار پس از زوال سبب بهبود درصد جوانه‌زنی، طول گیاهچه و وزن خشک شد که به افزایش شاخص‌های بنیه 1 و 2 انجامید. به طوریکه در مدت فرسودگی 48 ساعت و در داراب 2 غلظت 150 میلی گرم در لیتر اسید آسکوربیک با شاخص های بنیه‌ی 1 و 2 به ترتیب 645/8 و 2/427، و در داراب 14، 404/4 و 552/313 بهترین غلظت‌های استفاده شده بودند.



شکل 6- بررسی اثر متقابل نوع پیری در نوع هورمون‌ها در سطوح مختلف تنش شوری بر صفت شاخص بنیه 1 گندم.

Figure 6- The interaction of Aging *Hormones * stress levels (salt stress) on SV1 *in Wheat*.



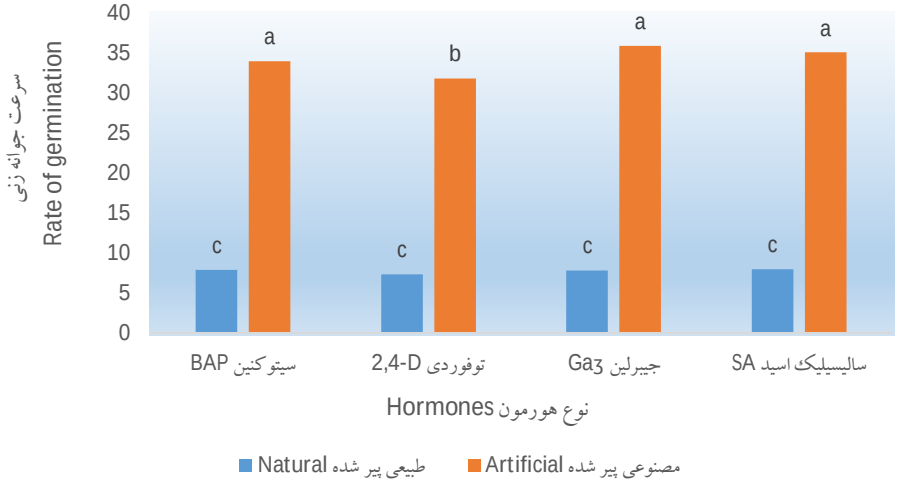
شکل 7- اثر متقابل نوع پیری در غلظت‌های هورمون در سطوح تنش شوری بر صفت شاخص بنیه1 گندم.

Figure7- The interaction of Aging *Hormones levels * stress levels (salt stress) on SV1 *in Wheat*.

سرعت جوانه‌زنی

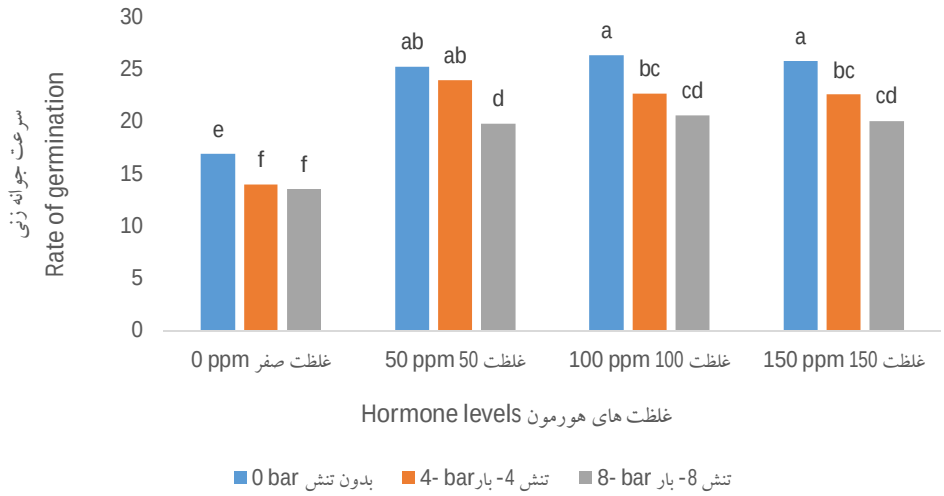
طبق جدول تجزیه واریانس مشاهده می کنیم که تمامی اثرات ساده در سطح 1٪ معنی دار شدند. در اثرات متقابل تنها اثرات نوع پیری در نوع هورمون، نوع پیری در غلظت‌های هورمون، نوع پیری در سطوح مختلف تنش و اثر غلظت‌های هورمون در سطوح تنش در سطح 1٪ و 5% معنی دار شدند (جدول 1). در تیمار با تمام هورمون‌های گیاهی بذور مصنوعی پیر شده نسبت به بذور طبیعی پیر شده میانگین سرعت جوانه‌زنی بالاتری را داشتند اما این میانگین در تیمار با هورمون توفوردی اندکی کمتر بود. در بذور مصنوعی پیر شده پرایم کردن با انواع هورمون‌های گیاهی تفاوت معنی داری بین هورمون‌ها مشاهده نشد (شکل 8). در میان غلظت‌های هورمونی تمام غلظت‌ها غیر از غلظت صفر بالاترین میانگین را در سطح بدون تنش نشان دادند. با افزایش سطوح تنش کاهش معنی داری در حداقل بین دو سطح تنش مشاهده شد و این کاهش در غلظت 50 ppm کمترین میزان را داشت (شکل 9).

در گزارشی مشاهده شد که سرعت جوانه‌زنی در سطح 80 میلی مول کلسیم کلراید 32٪ نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت که این کاهش توسط تیمار با هورمون سالیسیلیک اسید به طرز چشمگیری افزایش یافت (Nasiri *et al.*, 2014). اثرات تنش، پرایمینگ و اثرات متقابل تنش و پرایمینگ در سرعت جوانه‌زنی بسیار قابل توجه است بالاترین سرعت جوانه‌زنی در تیمار بدون تنش مشاهده می‌شود. در این تحقیق مشاهده می‌شود که تنش شوری اثر بیشتری بر کاهش جوانه‌زنی نسبت به تنش خشکی دارد و سرعت جوانه‌زنی در حد متوسط از تنش شدید بیشتر بود. پرایمینگ با اوره سرعت جوانه‌زنی بالاتری داشت و تفاوتی میان تیمار با آب مقطر و KNO_3 مشاهده نشد (Piraste Anoshe *et al.*, 2011). در تحقیقی که بر روی گیاه کلزا انجام گرفته است مشاهده می‌شود که سرعت جوانه‌زنی در6 ساعت اول خیساندن روند افزایشی داشته است و در ساعات 6 تا 10 این روند ثابت شده و در بیش از 10 ساعت یک روند کاهشی مشاهده شده است (Torabi and Rabii., 2013).



شکل 8- اثر متقابل نوع پیری در نوع هورمون بر صفت سرعت جوانه‌زنی بذور گندم.

Figure8- The interaction of Aging *Hormones on Rate of germination *in Wheat*.



شکل 9- بررسی اثر متقابل غلظت‌های هورمون در سطوح تنش بر صفت سرعت جوانه‌زنی گندم.

Figure9- The interaction of Hormones levels * stress levels (salt stress) on Rate of germination *in Wheat*.

Reference

منابع

Aalivand, R., R. Tavakkol-Afshari, and F. Sharifzade. 2012. Effect of gibberlic acid, Salicylic acid and Ascorbic acid, on improving seed germination deterioration of rapeseed. J. Field Crop Sci. 43(4): 561-571. (In Persian)

Afzal, I. 2005. Seed enhancements to induced salt tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.). Ph.D. Thesis, Agricultural University of Faisalabad, Pakistan.

Afzal, I., S.M.A. Basra, N. Ahmad, and M. Farooq. 2005. Optimization of hormonal priming techniques for alleviation of salinity stress in wheat (*Triticum aestivum* L.). Caderno de Pesquisa Se'r. Biogeosci. 17: 95–109.

Ahmad, S., R.M.Y. Ahmad, M. Ashraf, E.A. Ashraf, and A.Waraich. 2009. Sunflower (*Helianthus annuus* L.) response to drought stress at germination and seedling growth stage. J. Bot. 41(2):647-654.

Ajouri, A., H. Asgedum, and M. Becker. 2004. Seed priming enhances germination and seedling growth of barley under conditions of P and Zn deficiency. J. Plant Nutr. Soil Sci. 167: 630-636.

Anosheh, H. P., H. Sadeghi, and Y. Emam. 2011. Chemical priming with urea and KNO3 enhances maize hybrids (*Zea mays L.*) seed viability under abiotic stress. J. Crop Sci. Biotechnol. 14(4): 289-295.

Artecam, N. R. 1995. Plant growth substances: principles and applications. Springer, Boston.

Ashraf, M., and M.R. Foolad. 2005. Presowing seed treatment, a shot gun approach to improve germination, plant growth, and crop yield under saline and non-saline conditions. J. Adv. Agron. 88: 223-271.

Atkins, P., and J. De Paula. 2006. Physical Chemistry. W.H. Freeman and company.

Bailly, C. 2004. Active oxygen species and antioxidants in seed biology. Seed. Sci. Res. 14(02): 93-107.

Bailly, C., A. Benemar, F. Corbineau, and D. Come. 1998. Free radical scavenging as affected by accelerated aging and subsequent priming in sunflower seeds. J. Physiol. Planta. 104: 646-652.

Basra, S. M. A., M. Farooq, R. Tabassam, and N. Ahmad. 2005. Physiological and biochemical aspects of pre-sowing seed treatments in fine rice (*Oryza sativa L.*). Seed Sci. Technol. 33(3): 623-628.

Brault, M., and R. Maldiney. 1999. Mechanisms of cytokinin action. Plant Physiol. Biochem. 37: 403–412.

Carpýcý, E. B., N. Celýk, and G. Bayram. 2009. Effects of salt stress on germination of some maize (Zea mays L.) cultivars. J. Biotechnol. 8(19): 4918-4922.

Dahal, P., and K.J. Bradford. 1990. Effects of priming and endosperm integrity on seed germination rates of tomato genotypes II. Germination at reduced water potential. J. Exp. Bot. 41(11): 1441-1453.

Dat, J. F., C.H. Foyer, and I.M. Scott. 1998. Changes in salicylic acid and antioxidants duringinduced thermotolerance in mustard seedlings. J. Plant Physiol. 118: 1455-1461.

Debez, A., W. Chaibi, and S. Bouzid. 2001. Effect de NaCl et de regulateurs de crossance sur la germination d'Atriplex halimus L. Cahires. Agric. 10: 135-138.

Dehghan-Shoar, M., A. Hamidi, and S. Mobaser. 1996. Method to evaluate the seed vigor. Agricultural Education Press. (In Persian)

Dučić, T., I. Lirić-Rajlić, A. Mitrović, and K. Radotić. 2003. Activities of antioxidant systems during germination of Chenopodium rubrum seeds. Biol. Plantarum. 47(4): 527-533.

Eisvand, H. R., R. Tavakkol-Afshari, F. Sharifzadeh, H. Maddah-Arefi, and S. Hesamzadeh Hejazi. 2010. Effects of hormonal priming and drought stress on activity and isozyme profiles of antioxidant enzymes in deteriorated seed of tall wheatgrass (*Agropyron elongatum* Host). J. Seed Sci. Technol. 38: 280-297.

Eisvand, H. R., S. Shahrosvand, B. Zahedi, S. Heidari, and Sh. Afroughe. 2011. Effects of hydropriming and hormonal priming by gibberellin and salicylic acid on seed and seedling quality of carrot (*Daucus carota var. sativus*). J. Plant Physiol. 1: 233-239.

Fariduddin, Q., S. Hayat, and A. Ahmad. 2003. Salicylic acid influences net photosynthetic rate, carboxylation efficiency, nitrate reductase activity, and seed yield in *Brassica Juncea*. Photosynthetic. 41(2): 281-284.

Farooq, M., T. Aziz, S.M.A. Basra, M.A. Cheema, and H. Rehman. 2008. Chilling tolerance in hybrid maize induced by seed priming with salicylic acid. J. Agron Crop Sci. 194(2): 161-168.

Gadallah, M.A.A. 1999. Effects of proline and glycinebetaine on *Vicia faba* responses to salt stress. Biol. Plant. 42: 249–257.

Ghasemi-Golozari, K., K. Salehian, F. Rahimzade-Khoy, and M. Moghaddam. 1996. The effect of seed vigor on seedling emergence of wheat and wheat grain yield. J Agric. Sci. Nat. Resour. 2: 48-54. (In Persian).

Ghorbani, M., A. Soltani, and S. Amiri. 1384. Effect of Salinity and seed size on germination and seedling growth of wheat reactions. J. Agric. Sci. Nat. Resour. 14(6): 60-56. (In Persian)

Hopkins, W.G., and N.P.A. Huner. 2004. Introduction to plant physiology. 3rd ed. John Wiley and Sons, Hoboken, N.J.

Hoseinikhah, F. S., S. Parsa, R. Tavakkol-Afshari, and A. Esmaeili. 2013. Effect of ascorbic acid (Vitamin C) and alpha-tocopherol (Vitamin E) on seed deterioration process of two sesame *(Sesamum indicum L.)* cultivars. Seed Plant Prod. J. 2: 83-100.

Hur, S.N. 1991. Effect of osmo conditioning on the productivity of Italian ryegrass and sorghum under suboptimal conditions Korean. J. Animal Sci. 33:101-105.

Hurly, R. F., J. Staden, and M.T. Smith. 1991. Improved germination in seeds of guayule (Parthenium argentatum Gray) following polyethylene glycol and gibberellic acid pretreatments. Ann. Appl. Biol. 118(1): 175-184.

Iqbal, M., and M. Ashraf. 2006. Wheat seed priming in relation to salt tolerance, growth, yield and levels of free salicylic acid and polyamines. Ann. Bot. Fennici. 43(4): 250-259.

Kapoor, N., A. Arya, M.A. Siddiqui, and A. Amir. 2011. Physiological and biochemical changes during seed deterioration in aged seeds of rice (*Oryza sativa L.*). J. Am. Plant Physiol. 6(1): 28-35.

Ma, F., E.W.A. Cholewa, T. Mohamed, C.A. Peterson, and M. Gijzen. 2004. Cracks in the palisade cuticle of soybean seed coats correlate with their permeability to water. Ann. Bot. 94(2): 213-228.

Michel, B. E., and M.R. Kaufmann. 1973. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. Plant physiol. 51(5): 914-916.

Mizrahi, Y., A. Blumenfeld, S. Bittner, and A.E. Richmond. 1971. Abscisic acid and cytokinin contents of leaves in relation to salinity and relative humidity. Plant Physiol. 48(6): 752-755.

Nasiri, Y., P. Feyzi, and A. Javanmard. 2014. Effects of hydro and hormonal seed priming on seed germination of Milk thistle under saline stress condition. Notulae Scientia Biologicae. 6(3): 347-380.

Rashotte, A.M., H.S. Chae, B.B. Maxwell, and J.J. Kieber. 2005. The interaction of cytokinin with other signals. Physiol. Plant. 123: 184-194.

Rouhi, H. R., M.A. Aboutalebian, and F. Sharif-Zadeh. 2011. Effects of hydro and osmopriming on drought stress tolerance during germination in four grass species. Int. J. Agrisci. 1(2): 107-114.

Schmülling, T., S. Schäfer, and G. Romanov. 1997. Cytokinins as regulators of gene expression. Physiol. Plantarum. 100(3): 505-519.

Singh, B., and K. Usha. 2003. Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedlings under water stress. Plant Growth Regul. 39(2): 137-141.

Tasing, E., O. Atic, and B. Nalbantoglu. 2003. Effect of salicylic acid on freezing tolerance in winter wheat leafs. Plant Growth Regul. 41: 231-236.

Thomas, T.H., D. Palevitch, N.L. Biddington, and R.B. Austing. 1975. Growth regulators and the phytochrom-mediated dormancy of celery seeds. Physiol. Plant. 35: 101–106.

Torabi, B., and A. Rabii. 2013. Germination response of canola (*Brassica napus* L.) to pre-Soaking duration. J. Agric. Crop Sci. *5*(4): 421.

Van Pijlen, J.C., H.L.R. Kraak, J. Bino, and C.H.R. De Vose. 1995. Effects of aging and osmopriming on germination characteristics and choromosome aberrations of tomato (*Lycopersicum esculantum* Mill.) seeds. Seed Sci. Technol. 29: 823-830.

Wang, H., L.G. Ma, J.M. Li., Y.H. Zhao, and X.W Deng. 2001. Direct interaction of *Arabidopsis cryptochromes* with COP1 in light control development. Sci. 294: 154–158.

Wang, F., W. Jing, and W. Zhang. 2012. Quantitative dissection of lipid degradation in rice seeds during accelerated aging. Plant Growth Regul. 66(1): 49-58.

Yaja, J., E. Pawelzik, and S. Vearasilp. (ed) 2005. Proc. International Agricultural Research for Development conf., Stuttgart-Hohenheim. 11-13. October 2005. Germany.

Zhu, J. K. 2001. Plant salt tolerance. Trends in Plant sci. 6(2): 66-71.