

صلى الله عليه وآله



دانشگاه صنعتی پشاور

دانشکده کشاورزی

رساله دکتری مهندسی زراعت

نگارنده:

فهیمه هلالی سلطان احمدی

استاد راهنما:

دکتر محمدرضا عامریان

اساتید مشاور:

دکتر حمید عباس دخت

دکتر مهدی قیاسی

خرداد ۱۴۰۰

تقدیم بہ:

یگانہ یاوران زندگی ام

مادر مہربانم

پدر بزرگوارم

ہمسفر عزیزم

تقدیم بہ فرزندان دلبندم

آنیل و آرتین

قدردانی و تشکر

حمد و سپاس یکتای بی همتا را که لطفش بر ما عیان است، ادای شکرش را بیچ زبان و دریای فضلش را بیچ کران نیست و اگر در این وادی، مستقیم، همه محبت اوست.

سپاس بیکران بر همدلی، همراهی و هم گامی مادر دلسوز، و مهربان پدر بزرگوارم که همواره در طول حیاتم تکیه گاه مشکلاتم بودند و تشکر

و قدردانی ویژه از، همسر عزیزم که در تمامی مراحل اجرا و تدوین این اثر از حمایت های همه جانبه ایشان برخوردار بودم.

سپاس و قدردانی خویش را از زحمات استاد محترم و کرامتدارم جناب آقای دکتر محمد رضا عامریان

که با حسن خلق و فروتنی از بیچ لکمی در این عرصه بر من دریغ نمودند، بهمنین ابراز می دارم

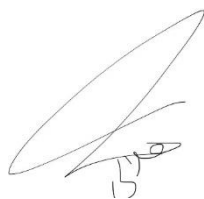
از زحمات بی دریغ و مشاوره های ارزشمند اساتید گرامی جناب آقای دکتر حمید عباس دخت، جناب آقای دکتر مهدی قیاسی که با نظرات شیوا و راه گشایشان بر غنای علمی این تحقیق افزودند، تشکر و قدردانی می نمایم.

بهمنین از الطاف بی دریغ استاد بزرگوار جناب آقای دکتر حسن کاریان مدیر گروه محترم در طول تحصیل سپاسگزارم.

تعهدنامه

اینجانب فهیمه هلالی سلطان احمدی دانشجوی دوره دکتری رشته مهندسی کشاورزی - فیزیولوژی گیاهان زراعی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده رساله مطالعه تأثیر پرایمینگ بر القای مقاومت به تنش خشکی در مرحله جوانه‌زنی و عملکرد کمی و کیفی همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L) تحت راهنمایی دکتر محمدرضا عامریان و مشاوره دکتر حمید عباس دخت و دکتر مهدی قیاسی متعهد می‌شوم.

- تحقیقات در این پایان‌نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهش‌های محققان دیگر به مرجع مورداستفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان‌نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد و مقالات مستخرج بانام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا «Shahrood University of Technology» به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان‌نامه تأثیرگذار بوده‌اند در مقالات مستخرج از پایان‌نامه رعایت می‌گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافت‌های آن‌ها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است
- در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.



امضای دانشجو

تاریخ

مالکیت نتایج و حق نشر

کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه های رایانه ای ، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود. استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

چکیده

تنش خشکی مهم‌ترین عامل محدودکننده رشد و عملکرد گیاهان دارویی ازجمله همیشه‌بهار است. با توجه به کمبود آب در کشور و اهمیت آن در تولید گیاهان دارویی، اعمال روش‌های مدیریتی که با حداقل آبیاری عملکرد مناسبی تولید کند، ضروری به نظر می‌رسد. از این رو پیش تیمار بذر با استفاده از مواد آلی و نانو کودها به منظور کنترل دقیق آزادسازی عناصر غذایی بذر و به علت ایجاد تغییرات فیزیولوژیک و مورفولوژیک می‌تواند گامی مؤثر در جهت دستیابی به کشاورزی پایدار و سازگار با محیط‌زیست و افزایش تحمل گیاه به تنش باشد. به منظور بررسی اثرات پیش تیمار بذر بر تحمل به خشکی، رشد و مواد مؤثره گیاه دارویی همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L) آزمایشی در سال ۹۵-۹۶ به صورت مرکب (تکرار در مکان) انجام گرفت. این آزمایش در دو بخش مستقل (شامل آزمایش جوانه‌زنی و آزمایش مزرعه‌ای) اجرا گردید. آزمایش جوانه‌زنی، در طی دو آزمایش مستقل و جداگانه اجرا شد، آزمایش اول به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار اجرا شد تیمارهای آزمایش عبارت بود از سطوح خشکی ناشی از پلی‌اتیلن گلیکول در چهار سطح (شاهد، ۳-، ۶- و ۹- بار) و پرایم با کودهای نانو (شاهد، اکسید آهن، اکسیدروی و اکسید بر با غلظت دو در هزار) بود و آزمایش دوم به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد که تیمارهای آزمایش عبارت بود از سطوح خشکی ناشی از پلی‌اتیلن گلیکول در چهار سطح (شاهد، ۳-، ۶- و ۹- بار) و تیمارهای پرایمینگ، اسید هیومیک (۷۲ میلی‌گرم در لیتر) و اسید سالیسیلیک (۲۰۰۰ میکرومول) و اسید آسکوربیک (۲۰۰ ppm) و شاهد اجرا گردید. فاز مزرعه‌ای به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار به صورت مرکب (تکرار در مکان) واقع در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی ارومیه و سلماس اجرا شد. فاکتور اول نحوه آبیاری در دو سطح شامل آبیاری و قطع آبیاری در مرحله شروع گلدهی و فاکتور دوم تیمارهای پرایمینگ در هفت سطح شامل بذر پرایم شده با کودهای نانو (اکسید آهن، اکسیدروی و اکسید بر با غلظت دو در هزار) و پرایم شده با مواد آلی (اسید هیومیک ۷۲ میلی‌گرم در لیتر، اسید سالیسیلیک ۲۰۰۰ میکرومول و اسید آسکوربیک ۲۰۰ ppm) و شاهد بود.

نتایج آزمایش جوانه‌زنی نشان داد که با افزایش سطوح خشکی ناشی از پلی‌اتیلن گلیکول به طور معنی‌داری شاخص‌های مربوط به جوانه‌زنی کاهش می‌یابد به طوری که بیشترین مقدار به دست آمده از صفات اندازه‌گیری شده در آبیاری نرمال و در تیمارهای پرایمینگ مشاهده شد و کمترین مقدار صفات مذکور در سطح خشکی ۹- بار ناشی از پلی‌اتیلن گلیکول در بذر بدون پیش تیمار ملاحظه گردید. در آزمایش اول جوانه‌زنی بیشترین تأثیر در شرایط تنش خشکی در صفات درصد نهایی جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر، طول ریشه‌چه، و طول گیاهچه در اثر پیش تیمار با نانو اکسید آهن به دست آمد و در صفات سرعت جوانه‌زنی و طول ساقچه نانو اکسید آهن و روی هردو بیشترین تأثیر را داشتند. بیشترین ضریب آلو متری در آبیاری نرمال در اثر

پیش تیمار با نانواکسید آهن به میزان ۳/۲۷ درصد بود و کمترین آن در سطح خشکی ۹- بار در تیمار شاهد (عدم کاربرد پیش تیمار) به مقدار ۱/۹۶ درصد تعلق داشت که تفاوت معنی داری با تیمارهای پرایمینگ داشت. در آزمایش دوم جوانه زنی اثر متقابل پیش تیمار با مواد آلی و تنش خشکی بر طول ساقه چه، طول ریشه چه، وزن خشک ساقه چه، ضریب آلو متریک، شاخص بنیه بذر، درصد جوانه زنی و سرعت جوانه زنی در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود. با توجه به نتایج حاصله به طور کلی، با افزایش تنش خشکی پارامترهای جوانه زنی اندازه گیری شده کاهش یافت، به طوری که حداقل مقادیر پارامترهای جوانه زنی در سطح خشکی ۹- بار مشاهده شد. در سطح خشکی ۹- بار کلیه تیمارهای پرایمینگ باعث افزایش معنی دار درصد جوانه زنی و سرعت جوانه زنی نسبت به بذور بدون پیش تیمار شدند. در صفات شاخص بنیه بذر، وزن خشک گیاهچه و طول ساقه چه بیشترین تأثیر در اثر پیش تیمار با اسید سالسیلیک بود. بیشترین تأثیر بر طول ریشه چه در کلیه سطوح خشکی بر اثر پیش تیمار با اسید هیومیک به دست آمد. تأثیر پیش تیمار با اسید سالسیلیک و اسید هیومیک بر صفت طول گیاهچه در کلیه سطوح خشکی معنی دار بود ولی تفاوت معنی داری بین این دو تیمار وجود نداشت. در تمام سطوح خشکی بیشترین ضریب آلو متری در اثر پرایمینگ با اسید سالسیلیک به دست آمد که افزایش معنی داری نسبت به بذور بدون پیش تیمار و بقیه تیمارهای پرایم شده داشت.

نتایج تجزیه مرکب داده های آزمایش مزرعه ای حاکی از این بود که استفاده از پرایمینگ بذور با مواد نانو و مواد آلی در صفاتی نظیر ارتفاع بوته، تعداد کاپیتول، وزن خشک بوته، وزن خشک ریشه، عملکرد دانه، شاخص برداشت، درصد اسانس و درصد عنصر معدنی فسفر واکنش مثبتی نشان داده و باعث افزایش و بهبود صفات یاد شده و عملکرد کمی و کیفی همیشه بهار خصوصاً در شرایط تنش خشکی گردید. پیش تیمار با نانو اکسید روی و آهن باعث افزایش معنی دار عملکرد روغن نسبت به شاهد و سایر تیمارهای پرایمینگ گردید. نتایج تجزیه مرکب داده های آزمایش حاکی از این بود که در شرایط تنش خشکی کاربرد پیش تیمار اسید سالسیلیک، باعث افزایش قابل توجهی در تجمع پروتئین نسبت به شاهد شد. در خصوص صفات آنتی اکسیدانی در شرایط تنش خشکی کاربرد پیش تیمار نانواکسید آهن، اسید هیومیک و اسید سالسیلیک، فعالیت آنزیم های کاتالاز و پراکسیداز نسبت به شاهد (عدم تیمار) و سایر تیمارها افزایش معنی داری نشان دادند. به طور کلی، پیش تیمار بذر با سطوح مختلف اسید سالسیلیک و نانواکسید آهن و روی به طور معنی-داری باعث کاهش اثرات سوء ناشی از تنش خشکی بر اغلب صفات مورد بررسی گردید. بوته های حاصل از بذرهایی که با اسید سالسیلیک و نانواکسید روی و آهن تیمار شده بودند از تحمل به تنش بالاتری برخوردار بودند. نتایج این تحقیق بیانگر افزایش توان تحمل به تنش خشکی و بهبود عملکرد همیشه بهار در شرایط تنش با اعمال پرایمینگ بذر با اسید سالسیلیک و نانواکسید آهن و نانواکسید روی بود که در کشاورزی پایدار و ارگانیک قابل توصیه هست.

کلمات کلیدی: همیشه بهار، مواد آلی، مواد نانو، پیش تیمار بذر، تنش خشکی، آنتی اکسیدان.

لیست مقالات مستخرج از پایان نامه

۱- بررسی تأثیر پرایمینگ بذر بر عملکرد، اجزا عملکرد و غلظت عناصر معدنی تحت تنش خشکی در همیشه بهار (نشریه علمی پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، اسامی نویسندگان: فهیمه هلالی، محمدرضا عامریان، مهدی قیاسی، حمید عباس دخت، تاریخ ارسال ۹۶/۸/۲۰ و در شماره ۴ آبان ماه ۹۷ به چاپ رسید

۲- اثرات تیمار بذر بر فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان و عملکرد همیشه بهار

در شرایط تنش خشکی نشریه خشک بوم دانشگاه یزد، اسامی نویسندگان: فهیمه هلالی، محمدرضا عامریان، مهدی قیاسی، حمید عباس دخت، تاریخ ارسال ۹۷/۱۰/۱۵ و در دوره ۱۰ شماره ۱ (بهار-تابستان ۹۹) به چاپ رسید

۳- دو مقاله در کنفرانس بین‌المللی کشاورزی ارگانیک در دانشگاه محقق اردبیلی

اسامی نویسندگان: فهیمه هلالی، محمدرضا عامریان، مهدی قیاسی، حمید عباس دخت

تاریخ اجرا کنفرانس ۲۶ و ۹۶/۵/۲۵ تحت عناوین ذیل پذیرش و به صورت سخنرانی ارائه گردید.

الف- بررسی اثر پرایمینگ بذر با مواد آلی (اسید سالیسیلیک، اسید آسکوربیک و اسید هیومیک) بر عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی همیشه بهار در شرایط تنش خشکی

ب- بررسی اثر محرک پیش تیمار کودهای نانو (اکسید آهن، اکسید بر و اکسید روی) بر عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی همیشه بهار در شرایط تنش خشکی

ج- مقاله پوستر کنفرانس بین‌المللی دانشگاه دولتی وان 8/5/2018 ترکیه با عنوان

Investigating the effect of seed priming on yield, yield components and phosphorus mineral content under drought stress in Marigold (*Calendula officinalis*)

۴- مقالات در دست تهیه و ارسال: مقاله خارجی برای نشریات دارای نمایه آی اس آی

Effect of organic matter pre-treatment on germination and Seedlings growth indices on *Calendula officinalis* L. under drought stress

فهرست مطالب

فصل اول مقدمه و کلیات	۱
۱-۱- مقدمه	۲
۲-۱- همیشه بهار	۵
۱-۲-۱- منشأ و مناطق کشت	۵
۲-۲-۱- خصوصیات گیاه‌شناسی همیشه بهار	۵
۳-۲-۱- نیازهای اکولوژیکی	۶
۴-۲-۱- مواد و عناصر غذایی مورد نیاز	۷
۵-۲-۱- مواد مؤثره و ترکیبات شیمیایی	۷
۶-۲-۱- خواص دارویی	۸
فصل دوم بررسی منابع	۱۱
۱-۲- پیش تیمار بذر	۱۲
۱-۱-۲- تأثیرات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی پیش تیمار بذر	۱۵
۲-۱-۲- تأثیر تیمارهای پیش از کاشت بذر بر عملکرد	۱۷
۲-۲- تنش خشکی	۲۰
۱-۲-۲- سیستم دفاع آنتی اکسیدانی به تنش خشکی	۲۱
۲-۲-۲- تأثیر تنش خشکی بر محتوای پرولین	۲۲
۳-۲- تعریف فناوری نانو	۲۳
۱-۳-۲- تاریخچه نانوتکنولوژی	۲۳
۲-۳-۲- کاربرد تکنولوژی نانو در تولید کودهای کشاورزی	۲۴
۴-۲- ترکیبات نانو کود	۲۴
۱-۴-۲- عنصر روی	۲۴
۱-۴-۲- ۱- نقش روی در گیاه	۲۵
۲-۴-۲- ۱-۲- تأثیر روی در مقاومت به تنش خشکی در گیاه	۲۸
۲-۴-۲- ۲- آهن	۲۸
۱-۴-۲- ۲- نقش آهن در گیاه	۲۹
۴-۲- ۲-۲- تأثیر آهن در مقاومت به تنش خشکی در گیاه	۳۱
۳-۴-۲- ۳- بر	۳۱
۳-۴-۲- ۱- نقش بر در گیاه	۳۳
۳-۴-۲- ۲- تأثیر بور در مقاومت به تنش خشکی در گیاه	۳۴
۵-۲- مواد آلی	۳۴

۳۴.....	۲-۵-۱-اسید هیومیک
۳۵.....	۲-۵-۱-۲- تأثیر مواد هیومیکی بر متابولیسم و فیزیولوژی گیاه
۳۷.....	۲-۵-۱-۳- نقش مواد هیومیکی در مقابله با تنش خشکی
۳۸.....	۲-۵-۲- اسید سالیسیلیک
۳۹.....	۲-۵-۲-۱- تأثیر اسید سالیسیلیک بر متابولیسم و فیزیولوژی گیاه
۴۰.....	۲-۵-۲-۲- نقش اسید سالیسیلیک در مقابله با تنش خشکی
۴۰.....	۲-۵-۳- اسید آسکوربیک
۴۱.....	۲-۵-۳-۱- تأثیر اسید آسکوربیک بر متابولیسم و فیزیولوژی گیاه
۴۲.....	۲-۵-۳-۲- نقش اسید آسکوربیک در مقابله با تنش خشکی
۴۳.....	فصل سوم مواد و روش‌ها
۴۴.....	۳-۱-۱- آزمایش مزرعه‌ای
۴۴.....	۳-۱-۱-۱- موقعیت و تیمارهای مورد مطالعه
۴۴.....	۳-۱-۲- میزان نزولات
۴۶.....	۳-۱-۳- مشخصات رقم و تیمارهای آزمایش
۴۷.....	۳-۱-۴- عملیات کاشت و داشت و برداشت
۴۸.....	۳-۱-۵- نحوه اعمال تیمارهای پیش از کاشت بذر
۴۹.....	۳-۲- آزمایش جوانه‌زنی
۴۹.....	۳-۲-۱- آزمایش اول
۵۰.....	۳-۲-۲- آزمایش دوم
۵۰.....	۳-۳- صفات اندازه‌گیری شده در آزمایش جوانه‌زنی
۵۰.....	۳-۳-۱- طول ساقچه و طول ریشه‌چه
۵۰.....	۳-۳-۲- سرعت جوانه‌زنی GR
۵۱.....	۳-۳-۴- طول گیاهچه
۵۱.....	۳-۳-۵- وزن خشک گیاهچه
۵۲.....	۳-۳-۶- شاخص بنیه گیاهچه SVI
۵۲.....	۳-۳-۷- اندازه‌گیری ضریب آلو متریک
۵۲.....	۳-۴- صفات اندازه‌گیری شده در آزمایش مزرعه‌ای
۵۳.....	۳-۴-۱- ارتفاع بوته
۵۳.....	۳-۴-۲- تعداد کاپیتول در بوته
۵۳.....	۳-۴-۳- وزن خشک بوته
۵۳.....	۳-۴-۴- وزن خشک گل و قطر طبق
۵۳.....	۳-۴-۵- وزن خشک ریشه
۵۴.....	۳-۴-۶- وزن هزار دانه
۵۴.....	۳-۴-۷- درصد روغن دانه
۵۵.....	۳-۴-۸- پروتئین محلول

۵۵.....	۳-۴-۹-استخراج اسانس
۵۶.....	۳-۴-۱۰-عملکرد دانه
۵۶.....	۳-۴-۱۱-درصد فسفر برگ
۵۶.....	۳-۴-۱۲-اندازه گیری فعالیت آنزیم پراکسیداز
۵۷.....	۳-۴-۱۳-اندازه گیری فعالیت آنزیم کاتالاز
۵۷.....	۳-۴-۱۴-اندازه گیری مقدار پرولین
۵۸.....	۳-۴-۱۵-شاخص برداشت گل
۵۸.....	۳-۵-تجزیه واریانس و تحلیل داده ها
۵۹.....	فصل چهارم نتایج و بحث
۶۰.....	۴-۱-آزمایش جوانه زنی
۶۰.....	۴-۱-۱-آزمایش اول (تیمار با مواد نانو)
۶۰.....	۴-۱-۱-۱-درصد جوانه زنی
۶۱.....	۴-۱-۱-۲-سرعت جوانه زنی
۶۳.....	۴-۱-۱-۳-شاخص بنیه بذر
۶۵.....	۴-۱-۱-۴-طول ساقه چه
۶۶.....	۴-۱-۱-۵-طول ریشه چه
۶۸.....	۴-۱-۱-۶-طول گیاهچه
۷۰.....	۴-۱-۱-۷-وزن خشک گیاهچه
۷۱.....	۴-۱-۱-۸-ضریب آلومتریک
۷۳.....	۴-۱-۲-آزمایش دوم (تیمار با مواد آلی)
۷۳.....	۴-۱-۲-۱-درصد جوانه زنی
۷۴.....	۴-۱-۲-۲-سرعت جوانه زنی
۷۶.....	۴-۱-۲-۳-شاخص بنیه بذر
۷۷.....	۴-۱-۲-۴-وزن خشک گیاهچه
۷۸.....	۴-۱-۲-۵-طول ساقه چه
۸۰.....	۴-۱-۲-۶-طول ریشه چه
۸۱.....	۴-۱-۲-۷-طول گیاهچه
۸۳.....	۴-۱-۲-۸-ضریب آلومتریک
۸۴.....	۴-۱-۳-نتیجه گیری نهایی از دو فاز آزمایشگاهی (آزمایش اول و دوم)
۸۵.....	۴-۲-آزمایش مزرعه ایی
۸۵.....	۴-۲-۱-ارتفاع بوته
۸۷.....	۴-۲-۲-وزن خشک بوته
۸۹.....	۴-۲-۳-وزن خشک ریشه
۹۱.....	۴-۲-۴-تعداد کاپیتول
۹۳.....	۴-۲-۵-قطر طبق

۹۴.....	۶-۲-۴-وزن خشک گل
۹۶.....	۷-۲-۴-وزن هزار دانه
۹۸.....	۸-۲-۴-عملکرد دانه
۱۰۱.....	۹-۲-۴-شاخص برداشت
۱۰۲.....	۱۰-۲-۴-درصد اسانس
۱۰۵.....	۱۱-۲-۴-درصد فسفر
۱۰۶.....	۱۲-۲-۴-درصد روغن
۱۰۸.....	۱۳-۲-۴-عملکرد روغن
۱۱۰.....	۱۴-۲-۴-پروتئین محلول
۱۱۱.....	۱۵-۲-۴-محتوای پرولین برگ
۱۱۳.....	۱۶-۲-۴-آنزیم پراکسیداز
۱۱۵.....	۱۷-۲-۴-آنزیم کاتالاز
۱۱۷.....	۱۸-۲-۴-نتیجه‌گیری آزمایش مزرعه‌ایی
۱۱۶.....	منابع

فهرست اشکال

- شکل (۱-۴) تأثیر اثر متقابل پیش تیمار بذر و تنش خشکی بر درصد نهایی جوانه‌زنی ۶۱
- شکل (۲-۴) اثر متقابل پیش تیمار و تنش خشکی بر سرعت جوانه‌زنی ۶۳
- شکل (۳-۴) اثر متقابل پیش تیمار و تنش خشکی بر شاخص بنیه بذر ۶۴
- شکل (۴-۴) - اثر متقابل پیش تیمار و تنش خشکی بر طول ساقچه ۶۶
- شکل (۵-۴) اثر متقابل پیش تیمار و تنش خشکی بر طول ریشه‌چه ۶۸
- شکل (۶-۴) اثر متقابل پیش تیمار و تنش خشکی بر طول گیاهچه ۶۹
- شکل (۷-۴) اثر متقابل پیش تیمار و تنش خشکی بر وزن خشک گیاهچه ۷۱
- شکل (۸-۴) اثر متقابل پیش تیمار و تنش خشکی بر ضریب آلو متریک ۷۲
- شکل (۹-۴) اثر متقابل پیش تیمار و تنش خشکی بر درصد جوانه‌زنی ۷۴
- شکل (۱۰-۴) اثر متقابل پیش تیمار و تنش خشکی بر سرعت جوانه‌زنی ۷۵
- شکل (۱۱-۴) اثر متقابل پیش تیمار و تنش خشکی بر شاخص بنیه بذر ۷۷
- شکل (۱۲-۴) اثر متقابل پیش تیمار و تنش خشکی بر وزن خشک گیاهچه ۷۸
- شکل (۱۳-۴) اثر متقابل پیش تیمار و تنش خشکی بر طول ساقچه ۷۹
- شکل (۱۴-۴) اثر متقابل پیش تیمار و تنش خشکی بر طول ریشه‌چه ۸۱
- شکل (۱۵-۴) اثر متقابل پیش تیمار و تنش خشکی بر طول گیاهچه ۸۲
- شکل (۱۶-۴) اثر متقابل پیش تیمار و تنش خشکی بر ضریب آلو متریک ۸۳
- شکل (۱۷-۴) اثرات متقابل پیش تیمار و تنش خشکی بر ارتفاع بوته ۸۷
- شکل (۱۸-۴) اثرات متقابل پیش تیمار و تنش خشکی بر وزن خشک بوته ۸۸
- شکل (۱۹-۴) اثرات متقابل پیش تیمار و تنش خشکی بر وزن خشک ریشه ۹۰
- شکل (۲۰-۴) اثرات متقابل پیش تیمار و تنش خشکی بر تعداد کاپیتول ۹۲
- شکل (۲۱-۴) اثرات متقابل پیش تیمار و تنش خشکی بر قطر طبق ۹۴
- شکل (۲۲-۴) اثرات متقابل پیش تیمار و تنش خشکی بر وزن خشک گل ۹۵
- شکل (۲۳-۴) مقایسه میانگین اثر متقابل پیش تیمار و تنش خشکی بر وزن هزار دانه ۹۷
- شکل (۲۴-۴) اثرات متقابل پیش تیمار و تنش خشکی بر عملکرد دانه ۱۰۰
- شکل (۲۵-۴) اثر متقابل پیش تیمار و تنش خشکی بر شاخص برداشت ۱۰۲
- شکل (۲۶-۴) اثرات متقابل پیش تیمار و تنش خشکی بر درصد اسانس ۱۰۴
- شکل (۲۷-۴) اثرات متقابل پیش تیمار و تنش خشکی بر درصد فسفر ۱۰۶
- شکل (۲۸-۴) اثر متقابل پیش تیمار و تنش خشکی بر درصد روغن ۱۰۸
- شکل (۲۹-۴) اثر متقابل پیش تیمار و تنش خشکی بر عملکرد روغن ۱۰۹
- شکل (۳۰-۴) اثر ساده پیش تیمار بذر بر درصد پروتئین محلول ۱۱۱
- شکل (۳۱-۴) اثر متقابل پیش تیمار و تنش خشکی بر پرولین آزاد برگ ۱۱۳
- شکل (۳۲-۴) اثر متقابل پیش تیمار و تنش خشکی بر محتوی پراکسیداز ۱۱۵
- شکل (۳۳-۴) اثر متقابل پیش تیمار و تنش خشکی بر محتوی کاتالاز ۱۱۷

فهرست جداول

- جدول ۱-۳ -آمار هواشناسی شش ماهه اول سال ۱۳۹۵ ایستگاه هواشناسی شهرستان ارومیه ۴۵
- جدول ۲-۳- وضعیت بارندگی و دمایی شهرستان سلماس طی سال ۱۳۹۵ ۴۶
- جدول ۳-۳- خواص فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش (شهرستان ارومیه) ۴۷
- جدول ۴-۳- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش (شهرستان سلماس) ۴۷
- جدول ۱-۴- تجزیه واریانس تأثیر پیش تیمار نانو بر شاخص های جوانه زنی گیاه همیشه بهار تحت تنش خشکی ۱۲۰
- جدول ۲-۴- تجزیه واریانس تأثیر پیش تیمار مواد آلی بر شاخص های جوانه زنی گیاه همیشه بهار تحت تنش خشکی ۱۲۰
- جدول ۳-۴- مقایسه میانگین اثرات متقابل تأثیر پیش تیمار مواد آلی بر شاخص های جوانه زنی گیاه همیشه بهار تحت تنش خشکی ۱۲۱
- جدول ۴-۴- مقایسه میانگین اثرات متقابل تأثیر پیش تیمار مواد نانو بر شاخص های جوانه زنی گیاه همیشه بهار تحت تنش خشکی ۱۲۲
- جدول ۵-۴ الف - نتایج تجزیه واریانس پرایمینگ بذر در شرایط تنش خشکی بر عملکرد، اجزای عملکرد گیاه همیشه بهار در شرایط مزرعه ای ۱۲۳
- جدول ۵-۴ ب - نتایج تجزیه واریانس پرایمینگ بذر در شرایط تنش خشکی بر عملکرد، اجزای عملکرد گیاه همیشه بهار در شرایط مزرعه ای ۱۲۴
- جدول ۶-۴ - مقایسه میانگین اثرات متقابل پرایمینگ بذر در شرایط تنش خشکی بر عملکرد، اجزای عملکرد گیاه همیشه بهار ۱۱۳
- ادامه جدول ۶-۴ - مقایسه میانگین اثرات متقابل پرایمینگ بذر در شرایط تنش خشکی بر عملکرد، اجزای عملکرد گیاه همیشه بهار ۱۱۴
- جدول ۷-۴- مقایسه میانگین اثر ساده آبیاری و پیش تیمار بذر بر درصد پروتئین محلول برگ همیشه بهار ۱۱۵

فصل اول

مقدمه و کلیات

۱-مقدمه و کلیات

۱-۱-مقدمه

در قرن حاضر تحقیقات گسترده‌ای بر روی گیاهان دارویی انجام پذیرفته و داروهایی با مواد مؤثره طبیعی جدیدی را برای جامعه پزشکان و داروسازان پژوهشگر گشوده است. به‌طوری‌که در حال حاضر حدود یک‌سوم داروهای مورد استفاده در جوامع بشری را داروهایی با منشأ طبیعی و گیاهی تشکیل می‌دهد و صنایع داروسازی در تلاش هستند تا ساخت شیمیایی اقلام مربوط به دوم سوم بقیه داروها را نیز به‌تدریج به‌وسیله منابع گیاهی جایگزین کنند (امید بیگی، ۱۳۷۶).

گیاه همیشه‌بهار *Calendula officinalis L*، از خانواده کاسنی (compositae) است. همیشه‌بهار تا مدت‌ها به‌عنوان گیاهی زینتی کشت می‌شد تا اینکه خواص دارویی آن شناخته و امروز به‌عنوان گیاه دارویی نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد (اکرام و همکاران، ۲۰۱۴). هدف از کشت این گیاه،

تولید دارو و مواد مؤثره موجود در گل‌ها و به‌خصوص در گلبرگ‌ها است. کشت این گیاه در اروپا از قرن هفدهم آغاز شد. گل‌های بدون کاسبرگ همیشه‌بهار، در برخی از فارماکوپه‌ها به‌عنوان دارو معرفی شده‌اند و برای مداوای بیماری‌های معده و روده استفاده می‌شوند (کوزمینسکا و همکاران، ۲۰۱۷).

گل همیشه‌بهار حاوی مقادیر کم اسانس روغنی فرار، ساپونین، رزین، اسیدهای آلی، کالندولین، صمغ، مواد لعابی، آلبومین و یک ماده رنگی در گلبرگ‌های خشک و اینولین (در ریشه)، اسید سالیسیلیک، اسید لوریک، اسیدازپالمیتیک و کلسترول است (کاری و همکاران، ۲۰۱۴). مهم‌ترین مواد مؤثره این گیاه را فلاونوئیدهای محلول در آب (۲۰ درصد وزن خشک گل)، تشکیل می‌دهند. از مواد دیگر می‌توان از کاروتنوئیدها (۳۰ درصد وزن خشک گل)، مواد موسیلاژی محلول در آب و ویتامین ای نام برد (بوتناریو و کوردینی، ۲۰۱۲). ساخت مواد مؤثره در گیاهان دارویی به‌طور بارزی تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد به‌طوری‌که عوامل محیطی علاوه بر تغییراتی که در رشد گیاهان دارویی و مقدار و کیفیت مواد مؤثره آن‌ها نیز تأثیر می‌گذارند (خان و همکاران، ۲۰۱۰). استقرار ضعیف گیاهچه به دلیل خشکی، فقدان آبیاری کافی یکی از مهم‌ترین مشکلات مناطق خشک و نیمه‌خشک به‌ویژه کشورهای در حال توسعه می‌باشد (حسینی و همکاران، ۲۰۰۶).

کمبود آب عامل محدودکننده رشد محصولات کشاورزی است. خشکی مهم‌ترین عامل محدودکننده رشد و عملکرد گیاهان بوده و ۴۰ تا ۶۰ درصد اراضی جهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد اثر تنش خشکی بر رشد و عملکرد بستگی به گونه گیاهی، طول مدت تنش، شرایط آب و هوایی و مرحله نمو گیاهان زراعی دارد (نقوی و همکاران، ۲۰۱۵).

خشکی یکی از تنش‌های محیطی بوده که روی اکثر مراحل رشد، ساختار و فعالیت‌های گیاهی آثار مخرب و زیان‌آوری وارد می‌سازد. کاهش رشد در اثر تنش خشکی به مراتب بیشتر از سایر تنش‌های محیطی دیگر است که به دلیل کاهش جذب مواد غذایی توسط ریشه است، بنابراین تنش خشکی می‌تواند پتانسیل تولید را کاهش دهد (بلوم، ۲۰۱۱). گیاهان با تغییرات مورفولوژیک، فیزیولوژیک و متابولیک در تمام اندام‌های خود نسبت به خشکی پاسخ می‌دهند (هونگ و همکاران، ۲۰۰۸).

جوانه‌زنی یکی از مراحل حساس در چرخه زندگی گیاهان به شمار می‌رود و بیشترین حساسیت به تنش‌های محیطی نظیر خشکی در مرحله جوانه‌زنی گیاه است (یاگمور و کیدان، ۲۰۰۸).

اگرچه اصلاح خاک از طریق آبیاری و زهکشی برای کاهش خشکی خاک به کار برده می‌شود، اما این روش‌ها معمولاً مقرون به صرفه یا کاربردی نبوده، بر همین اساس به کارگیری روش‌هایی که بتواند اثرات نامناسب تنش خشکی را کاهش داده و عملکرد کمی و کیفی گیاه را بهبود ببخشد مورد توجه قرار می‌گیرد (خان و همکاران، ۲۰۱۰). یکی از این شیوه‌ها استفاده از پیش تیمار بذر است که یک تکنیک اقتصادی، ساده و قابل توصیه به کشاورزان برای بهبود جوانه‌زنی، سبز شدن، استقرار گیاهچه‌ها و عملکرد اغلب گیاهان می‌باشد (مینگ و همکاران، ۲۰۱۲). پیش تیمار بذر در واقع یک نوع تیمار قبل از کاشت بذر است و تکنیکی است که به واسطه آن بذور به علت تغییرات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی پس از قرار گرفتن در بستر خود در مواجهه با شرایط اکولوژیکی و محیطی نامساعد، آمادگی جوانه‌زنی را به دست می‌آورند (بلوچی، ۱۳۹۲). خاک‌های زراعی در ایران به دلایل متعددی از جمله آهکی بودن، بی‌کربناتی بودن آب آبیاری، تنش خشکی و پایین بودن مقدار مواد آلی دچار کمبود شدید از نظر برخی عناصر غذایی به ویژه عناصر کم مصرف نظیر روی، آهن، منگنز و بر هستند (ملکوتی و ریاضی همدانی، ۱۳۷۰). بذور همیشه بهار اغلب جوانه‌زنی یکنواختی ندارند در این رابطه استفاده از پیش تیمار یک روش مؤثر در بهبود جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه می‌باشد یکی از

مزیت‌های مهم تیمار پوشش‌دار کردن بذر این است که مواد مستقیماً بر روی بذر و بلافاصله در اطراف گیاهچه‌های در حال جوانه‌زده قرار می‌گیرند و همچنین عناصر ریزمغذی شرایط عمومی گیاه را بهبود می‌بخشند (الکادی و همکاران، ۲۰۱۷). خیس کردن بذر در آب، محلول نمک غیر آلی، محلول‌های آلی مختلف اسمزی، مواد تنظیم‌کننده رشد (هورمون‌ها)، قرارگیری بذرها در دماهای بالا و پایین، مرطوب کردن با استفاده از ترکیبات بیولوژیکی و تیمار با ماده جامد ماتریکی به‌عنوان روش‌های مهم پیش تیمار بذر شناخته‌شده‌اند (زارعی و همکاران، ۱۳۹۵). پیش تیمار بذر باعث افزایش متابولیسم پروتئین‌ها، افزایش فعالیت آنزیم‌هایی مانند استروئاز، فسفاتاز و فسفو گلیسیرید دهیدروژناز که به‌نوبه خود متابولیسم مواد ذخیره‌ای بذر مثل کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها و پروتئین‌ها را افزایش می‌دهند و افزایش سنتز پروتئین در جنین و درنهایت باعث افزایش جوانه‌زنی بذر می‌شود (اسمعیلی پور، ۱۳۸۸، کریم زاده و حسینیان، ۱۳۹۲). مطالعات در این خصوص نشان داده است که نتایج کاربرد پیش تیمار بذر در کشورهای چون هندوستان، زیمبابوه، پاکستان و نپال بسیار امیدوارکننده بوده است (هاریس، ۲۰۱۰). با توجه به اهمیت کشت گیاهان دارویی و اثرات مثبت پیش تیمار بذر در مقابله با تنش‌ها، تحقیق حاضر باهدف تعیین حدود و مکانیسم احتمالی مقاومت به خشکی گیاه همیشه‌بهار و بررسی اثرات پیش تیمار بذر بر خصوصیات مورفولوژیکی، عملکرد و میزان مواد مؤثره گیاه همیشه‌بهار تحت شرایط تنش خشکی موردبررسی قرار گرفت.

بر اساس توضیحات ذکرشده، این تحقیق به‌منظور دستیابی به اهداف زیر اجرا شد:

- ۱- بررسی اثر پوشش‌دار کردن بذر با عناصر ریزمغذی و مواد آلی بر برخی شاخص‌های جوانه‌زنی و عملکرد کمی و کیفی گل همیشه‌بهار
- ۲- استفاده از تکنیک پوشش‌دار کردن بذر (پیش تیمار بذر) باهدف، افزایش مقاومت به تنش خشکی، افزایش درصد، سرعت و یکنواختی جوانه‌زنی بذر و استقرار اولیه گیاهچه و افزایش کمی و کیفی محصول.
- ۳- تعیین بهترین روش پرایمینگ بذر و تأثیر آن در کاهش اثرات سوء تنش خشکی.

۱-۲- همیشه بهار

همیشه بهار گیاهی است بانام علمی *Calendula officinalis L* و نام انگلیسی Pot marigold که متعلق به خانواده آستراسه (compositae) می باشد (اکرام و همکاران، ۲۰۱۴).

۱-۲-۱- منشأ و مناطق کشت

گیاه همیشه بهار تا مدت ها به عنوان گیاه زینتی کشت می شد تا اینکه خواص دارویی آن شناخته شد و به عنوان گیاه دارویی مورد استفاده قرار گرفت. منشأ این گیاه مدیترانه و غرب آسیا گزارش شده است و کشت آن در اروپا از قرن هفدهم آغاز شد. این گیاه در کشورهای آلمان، استرالیا، چکاسلواکی، اتریش، سوئیس، مجارستان و اخیراً در مصر و سوریه به عنوان گیاه دارویی کشت می شود (اکرام و همکاران، ۲۰۱۴).

۱-۲-۲- خصوصیات گیاه شناسی همیشه بهار

همیشه بهار گیاهی علفی، دارای ساقه ای به طول ۲۰ تا ۵۰ سانتی متر است، برگ های ساده بیضوی، دراز، پوشیده از کرک، با کناره های موجدار و به رنگ سبز، مایل به سبز روشن دارد، روی ساقه منشعب آن کاپیتول های درشت و زیبا ظاهر می گردد که به تناسب گرما و رطوبت محیط زندگی، به طور منظم صبح ها در فاصله ساعت ۷ تا ۱۱ شکفته و سپس در بعد از ظهرها بین ساعات ۲ تا ۵ جمع می گردد. کاپیتول های آن دارای دو نوع گل یکی لوله ای و دیگر زبانه ای به رنگ زرد مایل به نارنجی و واقع در حاشیه نهنج است. میوه فندقه و قهوه ای رنگ و سطح آن ناصاف هست (علی زرگری، ۱۳۸۷) دوره رویشی این گیاه بلند ۲۰۰ روز بوده و چنانچه هوا در فصل پاییز خیلی سرد شود و درجه حرارت به زیر صفر برسد گیاه قادر به ادامه رویش نخواهد بود. بذرها ۵ تا ۶ سال قوه رویشی مناسبی دارند و در شرایط اقلیمی مناسب پس از ۲ تا ۵ روز جوانه می زنند (عامری و همکاران، ۱۳۸۶). همیشه بهار، رشد و نمو سریعی دارد، به طوری که ۲۰ تا ۵۰ روز پس از سبز شدن بذر، گیاهان به گل می نشینند. اگر گل ها بلافاصله پس از باز شدن چیده شوند، جوانه های زایشی جدید به وجود می آیند (اکرام و همکاران، ۲۰۱۴). در ایران اولین گل ها اواخر بهار (اوایل خرداد) ظاهر

می‌شوند و تا اواخر فصل پاییز، قبل از بروز سرما همچنان روی گیاه مشاهده می‌شوند (علی زرگری، ۱۳۸۷).
متوسط عملکرد گلبرگ همیشه‌بهار ۳۸ تن در هکتار است (یزدانی و همکاران، ۱۳۸۳).

۱-۲-۳- نیازهای اکولوژیکی

از آنجاکه منشأ این گیاه نواحی گرم مدیترانه است، در طول رویش به گرما و تابش نور نیاز دارد. همیشه‌بهار، به‌خوبی قادر است خشکی را تحمل کند. بذرها در دمای ۰ تا ۸ درجه سانتی‌گراد پس از ۲ تا ۵ روز جوانه می‌زنند (ساگر، ۲۰۱۷). کشت این گیاه در مناطقی که میانگین درجه حرارت در ماه خرداد ۱۷ تا ۲۸ درجه سانتی‌گراد و در ماه‌های تیر و مرداد ۲۹ تا ۳۹ درجه سانتی‌گراد باشد، موفقیت‌آمیز خواهد بود (امیدبیگی، ۱۳۸۴). اواخر زمستان (نیمه دوم اسفند) زمان مناسبی برای کاشت همیشه‌بهار است. بذرها در ردیف‌هایی به فاصله ۲۰ تا ۵۰ سانتی‌متر کشت می‌شوند. عمق بذر همیشه‌بهار در موقع کاشت، باید ۲ تا ۳ سانتی‌متر باشد (مولی و همکاران، ۲۰۰۹). کاشت و تکثیر همیشه‌بهار به‌وسیله بذر صورت می‌گیرد و گیاهان را ردیفی در زمین اصلی کشت می‌کنند (رورونی و همکاران، ۲۰۰۸). همیشه‌بهار درجه حرارت‌های پایین را به‌خوبی تحمل می‌کند. حتی برای مدت محدودی قادر به تحمل درجه حرارت‌های زیر صفر است (اکرام و همکاران، ۲۰۱۴). اگرچه این گیاه در خاک‌های فقیر نیز گل‌های زیبایی تولید می‌کند، ولی در این شرایط حداقل مقدار ماده مؤثره را خواهند داشت (عامری و همکاران، ۱۳۸۶). بافت خاک‌هایی که در آن‌ها همیشه‌بهار کشت می‌شود، باید طوری باشد که عمل تهویه به‌آسانی انجام گیرد و خاک‌های سنگین رسی مناسب کشت نیست (اسمعیلی پور، ۱۳۸۸). سطح زمین باید کاملاً صاف باشد، زیرا پستی‌وبلندی سبب آب ایستایی می‌شود که برای رویش گیاه خطرناک است. این گیاه می‌تواند خشکی را تحمل کند (بلوچی، ۱۳۹۲). برای افزایش کیفیت مواد مؤثره تحت آبیاری منظم و مناسب قرار گیرند. رطوبت زیاد برای همیشه‌بهار مضر است و خطر گسترش بیماری‌های قارچی را افزایش می‌دهد. پی‌اچ خاک برای همیشه‌بهار بین ۴/۵ تا ۸/۲ مناسب است (کرول، ۲۰۱۲).

۱-۲-۴- مواد و عناصر غذایی موردنیاز

نیتروژن یکی از عناصر اصلی موردنیاز گیاه است. اغلب ترکیبات آلی در گیاهان حاوی نیتروژن هستند که از میان آن‌ها اسیدهای آمینه، اسیدهای نوکلئیک، بیشتر آنزیم‌ها و ترکیبات انتقال انرژی مثل آدنوزین دی فسفات و آدنوزین تری فسفات را می‌توان نام برد. نیتروژن در گیاهان به صورت نترات یا آمونیوم جذب می‌شود. در گیاه، نترات نیز به آمونیوم تبدیل شده و با ترکیبات کربنی درون گیاه ادغام شده و گلوتامیک اسید را می‌سازد که آن‌هم به نوبه خود به بیست اسیدآمینه مختلف تبدیل می‌شود که از آن‌ها پروتئین‌ها ساخته می‌شوند. نیتروژن زیاد برای همیشه بهار مناسب نیست، زیرا سبب تحریک رشد رویشی و کاهش رشد زایشی می‌شود و در نتیجه کاهش تعداد گل‌ها می‌شود (امیدبیگی، ۱۳۸۴). در فصل بهار و پس از رویش گیاهان (بین ماه‌های خرداد-تیر) ۲۰ تا ۶۰ کیلوگرم در هکتار ازت، ۶۰ تا ۸۰ کیلوگرم در هکتار اکسید فسفر و ۸۰ تا ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار اکسید پتاس به خاک در فصل پاییز به هنگام آماده ساختن زمین، برای گیاهان مفید است (بوتاریو و کوردینی، ۲۰۱۲). زمین‌هایی که همیشه بهار در آن‌ها کشت می‌شود نباید مواد آلی فراوان داشته باشند. از این رو اضافه کردن کودهای حیوانی به خاک باید با دقت انجام گیرد (هنان، ۲۰۰۷). عناصری مانند بر، کلر، روی، مس، آهن، منگنز، مولیبدن و نیکل، جزء عناصر کم مصرف یا عناصر میکرو به

شمار می‌آیند، زیرا این عناصر تنها در غلظت‌های نسبتاً کمی (۵-۱۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم) در بافت‌های گیاهان موردنیاز هستند (علوی و همکاران، ۲۰۰۸). عناصر کم مصرف نقش زیادی در سیستم‌های آنزیمی گیاهان بر عهده دارند.

۱-۲-۵- مواد مؤثره و ترکیبات شیمیایی

بیشتر مواد مؤثره این گیاه در گل‌ها ساخته و ذخیره می‌شوند. مهم‌ترین آن‌ها را فلاونوئیدهای محلول در آب (۰/۰۰۲ درصد) تشکیل می‌دهند. از مواد دیگر می‌توان از کاروتنوئیدها ۳٪ که در آب و چربی محلول‌اند، اسانس (۱ درصد)، مواد موسیلاژی محلول در آب و ویتامین E نام برد (بوتاریو و کوردینی، ۲۰۱۲). همیشه بهار دارای نوعی ماده تلخ، اسیدهای آلی، رزین، ماده‌ای به نام کالاندولین، صمغ، لعاب، آلومین،

اسانس، ساپونین می‌باشد و ریشه آن حاوی اینولین و گل‌های همیشه‌بهار دارای کالاندولین، ساپونین، کلسترول، استرول و استر اسید لانوریک می‌باشد (طهماسب پور، ۱۳۸۹). در بین مواد معدنی پتاسیم، کلسیم،

فسفر و منیزیم در دانه غالب هستند، درحالی‌که سدیم، آهن، منگنز، روی و مس نیز در مقادیر قابل توجه وجود دارند. بیشتر مواد معدنی در مقادیر کم برای بدن لازم هستند. این عناصر به‌عنوان کوفاکتور در فعالیت آنزیم‌های مختلف نقش ایفا می‌کنند (آتا، ۲۰۰۳؛ چیخ روحو و همکاران، ۲۰۰۷).

۱-۲-۶- خواص دارویی

تاریخ دقیق استفاده از همیشه‌بهار در طبابت به‌خوبی مشخص نیست زیرا مدت‌ها آن را در سالاد با گیاهان دیگر استفاده می‌نمودند. نخستین بار ماتیول که در زمان او گل همیشه‌بهار پراکندگی فراوانی در ایتالیا داشته است (به هردو حالت وحشی و پرورش‌یافته)، مصرف آن را از نظر درمانی قاعده آور و رفع کننده التهاب چشم در آثارش وارد نمود (کوزمینسکا و همکاران، ۲۰۱۷). از این زمان به بعد برای مدتی طولانی استفاده از این گیاه به فراموشی سپرده شد و با آنکه موفقیت‌هایی از آن در درمان بیماری‌ها به دست آمد ولی باید گفت که استفاده از این گیاه در طبابت درواقع از آغاز قرن بیستم وارد مرحله جدیدی گردید و از آن نتایج مفید در معالجه بیماری‌ها به دست آمد (کوزمینسکا و همکاران، ۲۰۱۷). از یک دهه قبل تاکنون، همیشه‌بهار از منابع مهم تولید پروتئین‌های دارویی در دنیا محسوب می‌شود. امروزه تولید پروتئین‌های نو ترکیب مثل آنتی‌بادی-ها، واکسن‌ها، پروتئین‌های تنظیم‌کننده و آنزیم‌ها یک صنعت دارویی رو به رشد در دنیا محسوب می‌شوند (ریکو و همکاران، ۲۰۱۱).

گل همیشه‌بهار، دارای خاصیت ضد تعرق با اثر قوی، تصفیه‌کننده خون، قاعده آور و التیام دهنده است و از آن به‌عنوان نیرو دهنده، ضد تشنج و رفع استفراغ استفاده به عمل می‌آورند، اثر قاعده آور آن مخصوصاً در مبتلایان به ضعف اعصاب و کم‌خونی قطعی است. اختلالات کبدی و زردی نیز با مصرف گل همیشه‌بهار از بین می‌رود زیرا دارای اثر قطعی بر روی کبد و ترشحات صفراست. ضمناً اثر کم کننده فشارخون به علت اتساع عروق سطحی دارد (رپی سو و همکاران، ۲۰۰۷). مصرف گل یا برگ همیشه‌بهار برای دفع التهاب و

زخم معده و دستگاه گوارش و در استعمال خارجی اثر دادن بر روی زخم‌های سطحی بدن، سوختگی‌ها، سرمازدگی، دانه‌های جلدی، اگزما و غیره توصیه شده است (عزیز و همکاران، ۲۰۰۷). همیشه بهار در طب سنتی به نحوی ویژه برای التیام زخم، یرقان، پاک‌سازی خون و به عنوان یک ضد اسپاسم به کار می‌رود (مولی و همکاران، ۲۰۰۹). این گیاه، حاوی رنگ‌دانه لیکوپن است که به عنوان یک بازدارنده فعال تکثیر سلول‌های تومور عمل می‌کند. کاروتنوئیدهای اکسیژن‌دار نیز به خاطر خصوصیات آنتی‌اکسیدانی، ویژگی‌های بیولوژیکی دارند. گل‌ها را می‌توان به عصاره، تنتور و پماد تبدیل کرد و مستقیماً بر روی پوست استفاده کرد تا زخم‌ها را التیام بخشیده و پوست ملتهب و آسیب‌دیده را تسکین دهد (برناس، ۲۰۰۰). نتایج پژوهشی نشان‌دهنده اثر حفاظتی عصاره همیشه بهار بر روی کبد می‌باشد (باقری و همکاران، ۱۳۸۵). همچنین خاصیت ضدویروس و ضدالتهاب عصاره همیشه بهار به اثبات رسیده است علاوه بر آن عصاره همیشه بهار دارای اثرات دارویی از قبیل التیام زخم، ضدالتهاب، ضد باکتری، تحریک ایمنی، ضد تومور، ضد ایدز و غیره است (اکبری نیا و همکاران، ۱۳۸۵). اثرات ضدویروسی، ضد توموری، آنتی موتاژنی و آنتی‌اکسیدانی گل‌های همیشه بهار نیز مشخص شده است؛ اما در حال حاضر، یکی از مهم‌ترین استفاده آن در درمان بیماری‌های پوستی و التهابی می‌باشد (باقری و همکاران، ۱۳۸۵).

فصل دوم

بررسی منابع

۲- بررسی منابع

۲-۱- پیش تیمار بذر

خیساندن بذور در آب قبل از کاشت جدید نیست. با مرور تاریخچه تحقیقات جوانه‌زنی مشخص می‌شود که کشاورزان در یونان باستان بذور کدو را برای افزایش جوانه‌زنی و سبز شدن قبل از کاشت برای مدتی در آب یا شیر و عسل قرار می‌دادند. از ۴۰ سال قبل پیش تیمار بذور با مواد مختلف شروع شده و این تیمار بذر برای افزایش سرعت و یکنواختی سبز شدن در تعدادی از سبزیجات، گل‌ها و برخی مواقع برای گیاهان زراعی نظیر حبوبات و غلات مورد استفاده قرار گرفته است (سودی و ما، ۲۰۰۵). افزایش کیفیت بذور اغلب فرایندی کاملاً پیچیده یا نیازمند تجهیزات ویژه‌ای از قبیل روش‌های پیشرفته برای وضعیت‌های کنترل حرارتی، کنترل دقیق آبیگری و معمولاً هوادهی برای جلوگیری از صدمات ناشی از جذب آب و استفاده از شبکه مواد جامد و کنترل جذب آب می‌باشد (تیریاکی و همکاران، ۲۰۰۵). پیش تیمار بذر تکنیکی برای پیش جوانه‌زنی می‌باشد که باعث جوانه‌زنی سریع، هم‌زمان و یکنواخت بذور می‌گردد. پیش تیمار بذر دوره کاشت تا استقرار گیاهچه را کوتاه کرده و صدمات ناشی از قرارگیری بذور در شرایط محیطی نامساعد را کاهش می‌دهد (سیادت و همکاران، ۲۰۱۱). پیش تیمار بذر با محدود کردن آبیگری بذر به وسیله محلول‌های اسمزی باعث توسعه‌ی فاز انتقال می‌گردد (هاریس و همکاران، ۲۰۰۱). پیش تیمار بذر باعث از بین رفتن موانع جوانه‌زنی شده و جوانه‌زنی بذر سریع‌تر و هم‌زمان صورت می‌گیرد (هاریس و همکاران، ۲۰۰۱). پیش تیمار شامل فرایندهایی است که بذر آب جذب کرده و پس از خشک کردن بذور، آن‌ها را برای مدت تعیین شده در محیطی با درجه حرارت خاص قرار می‌دهند که این تکنیک همچنین بر سبز شدن هم‌زمان بذور و در نتیجه استقرار گیاهان زراعی در مزرعه تأثیرگذار است (راشید و همکاران، ۲۰۰۴). هدف از پیش تیمار بذر، آبیگری بذر تا حدی است که در آن فرایند مربوط به جوانه‌زنی آغاز شده اما کامل نیست. بذورهای تیمار شده دوباره خشک می‌شوند. به رطوبت اولیه خود می‌رسند که در شرایط عادی و یا استرس وقتی دوباره آب جذب کنند باعث افزایش سرعت جوانه‌زنی می‌شود. چنین جذب آب کنترل شده‌ای، جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاهچه را در مقایسه با گیاهچه‌های رشد کرده از بذر تیمار نشده بهبود می‌بخشد. از پیش خیساندن و یا انواع پرایمینگ برای افزایش سرعت و یکنواختی جوانه‌زنی بذر استفاده می‌شود (حبیب و

همکاران، ۲۰۱۰). برای بهینه‌سازی تولید، استقرار اولیه هر گیاه زراعی از اهمیت برخوردار است. در شرایط نامطلوب محیطی جوانه‌زنی ضعیف و به دنبال آن استقرار ضعیف یک پدیده شایع است. به‌عنوان مثال گزارش شده است که یکی از موانع اصلی برای عملکرد بالا و تولید گیاهان زراعی، عدم استقرار یکنواخت محصولات با توجه به شرایط آب و هوایی و خاک ضعیف است (حبیب و همکاران، ۲۰۱۰). از سوی دیگر، گاهی اوقات بذرها در بسترهایی که دارای رطوبت نامطلوب به دلیل عدم بارش در زمان کاشت قرار می‌گیرند جوانه‌زنی ضعیف و غیریکنواخت دارند (آنگادی و انتز، ۲۰۰۲). پرایمینگ بذر یک استراتژی قبل از کاشت است که بر جوانه‌زنی و توسعه گیاهچه‌ها از طریق تنظیم فعالیت‌های متابولیکی قبل از جوانه‌زنی و ظهور ریشه‌چه و به‌طور کلی افزایش سرعت جوانه‌زنی و عملکرد گیاه مؤثر است (المنصوری و همکاران، ۲۰۰۱). صادقیان و یآوری (۲۰۰۴) گزارش کردند که تنش خشکی منجر به افزایش گیاهچه‌های غیریکنواخت در چغندر قند شد. پرایمینگ بذر ممکن است در کاهش خطر استقرار ضعیف گیاهچه در شرایط تنش خشکی و شوری مفید باشد و امکان رشد یکنواخت‌تر در شرایط بارندگی نامنظم، خشکی و خاک‌های شور مؤثر باشد. پیش تیمار بذر مطلوب بایستی غیر سمی، اقتصادی و تأثیرگذار بر فرآیند جوانه‌زنی و استقرار بوته‌ها باشد (هریس و همکاران، ۲۰۰۱).

اثرات غیرمستقیم پیش تیمار بذر بر روی رشد و سرعت رشد گیاهان بیش از اثرات مستقیم آن می‌باشد. در زمان انجام پیش تیمار بذر، بذور نباید در درون آب جوانه بزنند و قبل از ظهور ریشه‌چه باید بذور را از آب خارج کرد، اساساً بذوری که در زمان عملیات پیش تیمار بذر جوانه‌زنی کرده‌اند، پس از خشک شدن نمی‌توانند سریع جوانه‌زده و توسعه یابند (صادقیان و یآوری، ۲۰۰۴). نجفی پر و همکاران (۱۳۸۷) اظهار داشتند که پیش تیمار بذر بر فرایندهای مرتبط با جوانه‌زنی به‌صورت انتخابی اثر می‌گذارد. این محققین همچنین بیان کردند که فرایندهای مورد بحث در رشد سلولی و طولیل شدن سلولی با افزایش غلظت یا کاهش پتانسیل اسمزی محلول پیش تیمار بذر ممکن است متوقف یا کاهش یابد. به‌هر حال شرایط مطلوب پیش تیمار بذر برای بذور مختلف متفاوت می‌باشد و اثرات سودمند پیش تیمار بذر پس از خشک کردن بذور نیز برای یک دوره زمانی باقی می‌ماند (قیاسی و تاج‌بخش، ۱۳۹۰). اساساً مطالعات پیش تیمار بذر در ارتباط با پارامترهای خاصی از تیمار بذور می‌باشد (پیریا و همکاران، ۲۰۱۱). برای هر توده از بذور پرایم شده بر

اساس اهمیت آن چهار پارامتر باید تعریف شود. این موارد چهارگانه عبارت‌اند از ۱- اثرات ویژه املاح ۲- اهمیت پتانسیل اسمزی محلول پیش تیمار بذر ۳- مدت‌زمان پیش تیمار بذر ۴- اثر دما بر روی پیش تیمار بذر. اگرچه رفتار متنوعی در بین گونه‌های مختلف دیده‌شده، اما اینکه سودمندی پیش تیمار بذر به کدام عامل پیش تیمار بذر (عوامل چهارگانه) وابسته است به‌روشنی مشخص نیست همچنین مشخص نیست که این ارتباط در ارتباط با پتانسیل اسمزی، مواد محلول یا ترکیبی از این دو باشد (هاریس، ۲۰۰۱).

در تعدادی از مطالعات گزارش‌شده که مدت‌زمان پیش تیمار بذر بر تأثیر پیش تیمار بذر اثر کمی دارد یا اصلاً هیچ اثری ندارد. البته این مطالعات در مدت‌زمان‌های کوتاه (۴ تا ۳۶ ساعت) انجام شد (شومبر و همکاران، ۲۰۰۵). سیادت و همکاران (۲۰۱۱) دریافت که سودمندی پیش تیمار بذر صورت گرفته در مدت ۲ تا ۳ هفته بر روی جوانه‌زنی بذور بیش‌ازپیش تیمار بذر انجام‌شده در مدت ۱ هفته بوده است. با توجه به نتایج حاصله مدت‌زمان پیش تیمار بذر، دما، پتانسیل آب و محلول پیش تیمار بذر گونه، رقم، کیفیت بذر خشک کردن پس از پیش تیمار بذر و ذخایر بذر، عوامل مؤثر بر موفقیت پیش تیمار بذر می‌باشند. به‌طور کلی انجام پیش تیمار بذر با دمای پایین و دوره زمان طولانی‌تر سودمندی آن را بیشتر از پیش تیمار بذر با دمای بالا و کوتاه‌مدت می‌کند که این وضعیت می‌تواند به علت کاهش فعالیت‌های فیزیولوژیکی در دمای پایین باشد. در زمان پیش تیمار بذر و پس‌از آن تغییراتی در رویدادهای فیزیولوژیکی ایجاد می‌شود (فیضی و همکاران، ۱۳۹۰).

امروزه روش‌های مختلفی برای پرایمینگ بذر مورد استفاده قرار گرفته است. مهم‌ترین این روش‌ها شامل هیدروپرایمینگ (سابدی و ما، ۲۰۰۵؛ فاروغ و همکاران، ۲۰۰۶؛ جعفر و همکاران، ۲۰۱۱)، اسمو پرایمینگ (چین و آروا، ۲۰۱۱؛ چین و همکاران، ۲۰۱۱)، هالو پرایمینگ (سابدی و ما، ۲۰۰۵) و (فاروغ و همکاران، ۲۰۰۶؛ جعفر و همکاران، ۲۰۱۱)، پرایمینگ با ماتریکس جامد (چیو و همکاران، ۲۰۰۶)، هورمون پرایمینگ (درمان و همکاران، ۱۹۸۷؛ کالکرنی و اشانا، ۱۹۸۸؛ پائول و چادهوری، ۱۹۹۱؛ هریس و همکاران، ۱۹۹۹؛ کاپرون و همکاران، ۲۰۰۰؛ چیو و همکاران، ۲۰۰۲؛ سابدی و ما، ۲۰۰۵؛ فاروغ و همکاران، ۲۰۰۸؛ جعفر و همکاران، ۲۰۱۱) و ویتامین پرایمینگ (سابدی و ما، ۲۰۰۵؛ فاروغ و همکاران، ۲۰۰۶؛ جعفر و همکاران، ۲۰۱۱) است.

۲-۱-۱- تأثیرات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی پیش تیمار بذر

فرآیند جوانه‌زنی بذر آمیخته‌ای از واکنش‌های متعدد بیوشیمیایی و متابولیکی است که بدون کارکرد آنزیم‌ها تحقق آن‌ها غیرممکن می‌باشد. بیان و میزان فعالیت آنزیم‌هایی مثل آلفا و بتا آمیلاز، پروتئاز، لیپاز، ATP سینتتازها، Endo- β -1, 3 Glucanase و سایر آنزیم‌ها نقشی حیاتی در پیشبرد فرآیند جوانه‌زنی به شکلی مطلوب بر عهده‌دارند. برخی از این آنزیم‌ها واکنش‌های تجزیه مواد غذایی بذر را تسهیل کرده و از این طریق تأمین انرژی و ماده اولیه برای رشد گیاهچه را محقق می‌سازند. برخی دیگر از این آنزیم‌ها در فرآیند تنفس و انجام واکنش‌های متابولیکی و بیوشیمیایی مربوط به جوانه‌زنی نقش دارند (آرزو، ۲۰۰۹). در ابعاد سلولی مولکولی نیز نحوه بیان پروتئین‌ها به‌ویژه در محور جنینی بذر بر چگونگی رشد گیاهچه تأثیر قابل‌توجهی دارند. افزایش بیان پروتئین‌هایی مثل HSP70، WD-40 و BiP isoform B در بذر طی فرآیند جوانه‌زنی و رشد گیاهچه منجر به بهبود رفتار زیستی بذر و گیاهچه حاصل از آن به‌ویژه تحت شرایط تنش‌های محیطی مثل شوری، خشکی، سرما و سایر تنش‌های محیطی غیرزنده می‌شود (سیلوا و آبرو، ۲۰۱۰). در شرایط تنش‌های یادشده امکان بروز تنش اکسیداتیو نیز در طی فرآیند جوانه‌زنی و رشد گیاهچه محتمل می‌باشد. این تنش ناشی از تولید و تجمع ترکیباتی موسوم به گونه‌های فعال اکسیژن (Reactive oxygen species) می‌باشد. سوپر اکسید (O_2^-)، پر اکسید هیدروژن (H_2O_2) و رادیکال هیدروکسیل ($OH^\cdot$) از مهم‌ترین این ترکیبات به شمار می‌روند. گونه‌های فعال اکسیژن میل ترکیبی شدیدی با بسیار از مولکول‌های مهم زیستی مثل انواع پروتئین‌ها، لیپیدها، اسیدهای نوکلئیک و غیره دارند. در اثر عمل این ترکیبات عمل پر اکسیداسیون چربی‌ها و دنا توره شدن پروتئین‌ها و ایجاد اختلالات کروموزومی حادث می‌گردد. در سلول‌هایی که غلظت و میزان فعالیت گونه‌های فعال اکسیژن از حد مشخصی فراتر رود آسیب شدید به غشاء سلولی امری گریزناپذیر بوده و درنهایت احتمال مرگ سلول وجود دارد. سیستم‌های آنزیمی آنتی اکسیدانسی نقش حیاتی در تعدیل خسارات ناشی از ایجاد و تجمع ترکیبات یادشده در سلول‌ها دارند. کاتالاز، سوپر اکسید دیسموتاز و آسکوربات پراکسیداز آنزیم‌هایی هستند که در این رابطه بیشترین نقش را در سلول ایفا کرده و مانع ایجاد خسارات جدی ناشی از ترکیبات مذکور شده و در کنار سایر مکانیسم‌های

غیر آنزیمی از بروز تنش اکسیداتیو ممانعت می‌نمایند (کریمیان و مدد پور، ۲۰۱۲). نتایج برخی از تحقیقات نشان داده است که در پی انجام تیمارهای پیش از کاشت بذر سنتز و فعالیت آنزیم‌های ضد اکسیداتیو در جنین بذور و گیاهچه در حال رشد افزایش یافته و در پی این امر احتمال خسارات مربوط به تنش اکسیداتیو در طی فرآیند جوانه‌زنی به‌طور چشمگیری کاهش می‌یابد (دراگانیک و لکیچ، ۲۰۱۲).

به‌طور کلی با انجام تیمارهای پیش از کاشت بیان ژن‌های مربوط به سنتز پروتئین‌ها در بذر افزایش می‌یابد و از این طریق بسیاری از واکنش‌های حیاتی وابسته به حضور ترکیبات پروتئینی و آنزیم‌ها به نحو مطلوب‌تری انجام می‌پذیرند (سیادت و همکاران، ۲۰۱۱).

به اعتقاد محققین، اثرات سودمند پیش تیمار بذر به بازسازی و تجمع اسیدهای نوکلئیک سنتز پروتئین‌ها و بازسازی غشاها مربوط است (مک دونالد، ۲۰۰۰). پرایمینگ بذر همچنین فعالیت آنتی اکسیدانی را افزایش می‌دهد (وانگ و همکاران، ۲۰۰۳؛ هسو و همکاران، ۲۰۰۳).

یافته‌های مرادی و همکاران (۱۳۸۹) و یوان و همکاران (۲۰۱۰) حاکی از آن بود که تیمار هیدروپرایمینگ بذر ارقام مختلف برنج، محتوای مالون دی آلدئید و قند محلول را به‌طور معنی‌داری کاهش داد؛ اما در مقابل مقدار پروتئین و پروتئین محلول را افزایش داد. آنان همچنین دریافتند که فعالیت آنزیم‌های فنیل آلانین آمینولیز، سوپر اکسید دسموتاز، پراکسیداز و کاتالاز در بذور پرایم شده افزایش معنی‌داری نشان داد.

همچنین افزایش غلظت پلی‌اتیلن گلیکول در فرایند اسموپرایمینگ بذر، سبب بهبود مقدار ترکیبات مفید در بذر شد. در بذور پرایم شده برنج افزایش فعالیت آنزیم آلfa آمیلاز و مقدار قندهای محلول و همبستگی قوی بین این دو صفت به دست آمد (فاروغ و همکاران، ۲۰۰۲). پرایمینگ بذر کدو، فعالیت آنزیم‌های ایزوسیترات لیز و مالات سنتتاز را در اندامک گلی اکسی زوم افزایش داد که به‌نوبه خود موجب بهبود سبز شدن و رشد گیاه شد (لین و سانگ، ۲۰۰۱). نتایج بررسی دیگر در بذر ذرت حاکی از افزایش فعالیت آنزیم آلfa آمیلاز و مقدار قندهای محلول در پرایمینگ با اسید سالیسیلیک نسبت به شاهد در هر دو شرایط نرمال و تنش سرما بود (فاروغ و همکاران، ۲۰۰۸). همچنین یافته‌ها مبین آن بود که تحت تأثیر تیمارهای پرایمینگ بذر، مقدار ترکیب مضر مالون دی آلدئید و پر اکسیداسیون کل مواد به‌طور معنی‌داری کاهش یافت و در مقابل، آنتی اکسیدان‌های اسیدآسکوربیک، گلوکاتایون کاهش یافته، سوپر اکسید دسموتاز، کاتالاز، آسکورات

پراکسیداز، گلوکاتینون ریداکتاز و ترکیبات ایزوسیترات لیاز، ملات سنتتاز و مقدار پروتئین محلول در بذره‌های پرایم شده افزایش معنی‌داری داشت و همبستگی بالایی بین مقدار آنتی‌اکسیدان‌های اندازه‌گیری شده و صفات درصد و میانگین مدت‌زمان سبز شدن وجود داشت (چیو و همکاران، ۲۰۰۶). محققین دریافتند، پرایمینگ با هورمون اسید سالسیلیک مقدار آنتی‌اکسیدان‌های سوپر اکسید دسموتاز، کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز را در گیاهچه‌های ذرت و در شرایط تنش سرما افزایش داد (فاروغ و همکاران، ۲۰۰۸). مقادیر مالون دی‌آلدئید تولیدشده در بذور پرایم شده اسفناج نیز نسبت به شاهد کمتر بود (چین و آروا، ۲۰۱۱). افزایش غلظت پلی‌اتیلن گلیکول در فرایند اسموپرایمینگ بذر، سبب بهبود مقدار ترکیبات مفید در بذر شد. در بذور پرایم شده برنج افزایش فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز و مقدار قندهای محلول و همبستگی قوی بین این دو صفت به دست آمد (فاروغ و همکاران، ۲۰۰۶). تحقیقات چین و همکاران (۲۰۱۱) نشان داد که اسموپرایمینگ بذر اسفناج موجب افزایش تجمع پروتئین‌های LEA با وزن مولکولی ۲۶،۳۰ و ۱۹ کیلو دالتون شد. تأثیر پرایمینگ بر همانندسازی و ترمیم DNA یکی از موارد بسیار مهم در افزایش سرعت جوانه‌زنی بذر به شمار می‌رود.

۲-۱-۲- تأثیر تیمارهای پیش از کاشت بذر بر عملکرد

گزارش‌های متعددی در دست است که نشان می‌دهد تیمارهای مختلف پیش از کاشت بذر منجر به بهبود عملکرد و اجزای عملکرد در محصولات مختلف شده‌اند (حبیب، ۲۰۱۰). جوانه‌زنی سریع و ایجاد سبز مزرعه مطلوب در کوتاه‌ترین زمان ممکن یکی از مهم‌ترین پیش‌شرط‌های حصول حداکثر عملکرد ممکن می‌باشد. جوانه‌زنی سریع و یکنواخت منجر به استقرار گیاه در فاصله زمانی کوتاه‌تری می‌گردد. این امر از دیدگاه اکولوژیک مزیتی مهم برای گیاه به شمار می‌رود. به‌طوری‌که با تحقق این امر امکان بهره‌برداری حداکثری از نهاده‌های اکولوژیکی در ابتدای فصل رشد و رسیدن به حداکثر رشد ممکن و طی مراحل اولیه فنولوژیکی در زمانی کوتاه‌تر فراهم می‌گردد. این بدان معنی است که در چنین شرایطی گیاه سطح سایه‌انداز خود را هر چه سریع‌تر کامل کرده و در بازه زمانی کوتاه‌تری به حداکثر فتوسنتز ممکن خواهد رسید و در نتیجه ماده آلی بیشتری تولید و ذخیره خواهد نمود. لذا در این شرایط امکان استفاده از ذخایر غذایی گیاه در طی فرایند

انتقال مجدد افزایش یافته و در نتیجه استحصال محصول بیشتر به فرض وجود سایر شرایط لازم تسهیل خواهد شد (باسرا و همکاران، ۲۰۰۶). همچنین طی این شرایط با توجه به استقرار زودتر گیاه زراعی خسارات ناشی از علف‌های هرز کاهش یافته و شانس توقف اکولوژیک گیاه زراعی در رقابت با این نباتات به‌طور قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد. این امر به‌ویژه در رابطه با محصولاتی مثل چغندر قند که از روش دگرآسیبی برای غلبه بر علف‌های هرز پیرامون خود استفاده می‌کند حائز اهمیت می‌باشد. چراکه در چنین مواردی کارایی استفاده از روش یادشده غالباً منوط به استقرار زودتر گیاه زراعی نسبت به علف هرز می‌باشد (هاریس و همکاران، ۲۰۰۱). در کنار این موارد از اثرات مهم استقرار سریع و یکنواخت گیاه پس از کاشت افزایش تعداد نبات در واحد سطح و ایجاد زمینه برای رسیدن به عملکرد مطلوب و در نتیجه افزایش محصول می‌باشد (افضل و همکاران، ۲۰۰۲). استفاده از بذور تیمار شده با توجه به ارتقا بنیه و سرعت جوانه‌زنی و تسریع در استقرار گیاه، با در نظر گرفتن موارد فوق می‌تواند منجر به افزایش عملکرد استحصال شده گردد. علاوه بر موارد فوق نتایج برخی مطالعات نشان داده است گیاهان حاصل از کشت بذور تیمار شده سیستم ریشه‌ای خود را سریع‌تر از گیاهان شاهد گسترش داده و از این طریق امکان استفاده بهینه‌تر گیاه از آب و مواد غذایی فراهم می‌گردد (سوبدی و ماو، ۲۰۰۵). بهبود جذب عناصری مثل مولیبدن، روی، فسفر و ازت در پی استفاده از تیمارهای پیش از کاشت بذور در محصولات مختلف گزارش شده است (جانسون و همکاران، ۲۰۰۴).

استفاده از بذور تیمار شده می‌تواند منجر به کاهش ابتلا به آفات و امراض در مزرعه گردد. هریس و همکاران در سال ۲۰۰۵ گزارش نمودن که در پی اعمال تیمار هیدروپرایمینگ بر روی بذور نخود بیماری پوسیدگی ریشه (*Sclerotium rolfsii*) به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. همچنین کاهش علائم و یا ابتلا به بیماری‌های ویروسی نیز در گیاهان حاصل از زراعت بذور تیمار شده گزارش شده است. برای مثال تیمار پیش از کاشت بذور منجر به کاهش قابل توجه علائم بیماری ویروسی موزاییک زرد در ماش شده است (موسی و همکاران، ۲۰۰۱). همچنین کاشت بذور تیمار شده غلاتی مثل ارزن، یولاف و جو منجر به کاهش سفیدک کاذب در این محصولات گردیده است (هاریس و همکاران، ۲۰۰۱). مکانیسم و دلیل مشخص کاهش ابتلا به بیماری در پی استفاده از بذور تیمار شده کاملاً مشخص نمی‌باشد؛ اما بی‌تردید این امر شرایط را برای افزایش

محصول فراهم می‌آورد. تیمار پیش از کاشت بذر با ارتقا بنیه و قابلیت‌های حیاتی بذر کارایی آن را در راستای جوانه‌زنی و استقرار مطلوب‌تر در شرایط وجود تنش‌های محیطی مثل شوری، خشکی، سرما، گرما، تنش اسمزی و غیره بهبود داده و از این طریق می‌تواند منجر به افزایش عملکرد گردد (بجان دی و همکاران، ۲۰۰۹). محمدی در سال ۲۰۰۹ گزارش نمودند که تیمار بذر سویا با محلول‌های نیتрат آمونیوم، نیترات سدیم، نیترات کلسیم و نیترات پتاسیم ۱٪ در شرایط محدودیت دسترسی به آب منجر به بهبود شاخص‌های جوانه‌زنی از جمله مدت‌زمان رسیدن به ۵۰٪ جوانه‌زنی (T50)، متوسط زمان جوانه‌زنی (MGT)، نرخ جوانه‌زنی (GR)، افزایش شدت رشد و وزن گیاهچه، بهبود کارایی انتقال مواد غذایی بذر به جنین در حین جوانه‌زنی و حصول سبز یکنواخت در زمانی کوتاه‌تر در مقایسه با بذور تیمار نشده (شاهد) می‌گردد. بر اساس نتایج این تحقیق بهبود جوانه‌زنی و استقرار در بذور تیمار شده نهایتاً منجر به افزایش شاخص سطح برگ (LAI)، تعداد غلاف در هر بوته، تعداد دانه در هر غلاف، وزن هزار دانه و عملکرد نهایی شده است. این یافته‌ها منطبق بر نتایجی است که دهقانی و همکاران (۲۰۱۱) و فرهودی و تفتی (۲۰۱۱) در آزمایش‌هایی جداگانه بر روی سویا به دست آورده بودند. تأثیر تیمارهای پیش از کاشت بر بهبود شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه در شرایط وجود تنش شوری نیز در محصولاتی مثل گندم (افضل و همکاران، ۲۰۰۸: قیاسی و همکاران، ۲۰۰۸)، کلزا (محمدی، ۲۰۰۹) گزارش شده است. تیمار بذر گندم با NaHCO_3 در غلظت ۱٪ تحت شرایط تنش خشکی منجر به افزایش تعداد پنجه بارور، افزایش تعداد دانه در سنبله، افزایش عملکرد دانه و پروتئین در واحد سطح گردید (شهزاد و همکاران، ۲۰۰۷). در شرایط وجود تنش خشکی و عدم فراهمی آب انجام تیمارهای هالوپرایمینگ، هیدروپرایمینگ، اسموپرایمینگ و هورمونال پرایمینگ منجر به بهبود قابلیت جوانه‌زنی، استقرار، تسریع در شروع میوه دهی و افزایش عملکرد محصول در فلفل می‌گردد (امجد و همکاران، ۲۰۰۷). شکاری و همکاران (۱۳۸۹) نیز مشاهده نمودند که پرایمینگ بذر با اسید سالسیلیک تحت شرایط محدودیت آبی منجر به بهبود عملکرد و اجزای عملکرد در لوبیا چشم‌بلبلی شده است. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق غلظت دی‌اکسید کربن در اتاقک زیر روزنه در گیاهان مربوط به تیمار شاهد در شرایط القا تنش خشکی به‌طور معنی‌داری بیشتر از نباتات حاصل از کشت بذور تیمار شده بود. این امر مؤید بهبود کارایی واکنش‌ها فتوسنتزی در اثر استفاده از تیمار پیش از کاشت بذر می‌باشد؛ زیرا

کم بودن غلظت گاز دی اکسید کربن در اتاقک زیر روزنه گیاهان مربوط به بذور تیمار شده، نشان از مصرف بهینه آن در فرآیند فتوسنتز تحت شرایط محدودیت آبی می باشد که نتیجه بدیهی آن افزایش تولید ماده خشک و عملکرد است.

۲-۲- تنش خشکی

آب یکی از مهم ترین فاکتورهای محیطی در تولید گیاهان محسوب می شود و کمبود آن آسیب جدی به رشد و نمو گیاهان دارویی وارد می کند. الگوی بارشی نامنظم در مناطق خشک و نیمه خشک نظیر ایران این گیاهان را بیشتر در معرض تنش خشکی قرار می دهد. در اغلب موارد دمای هوای بالا و تغذیه نامناسب نیز این اثرات خشکی را تشدید می کند. تقریباً تمام فرایندهای گیاه به طور مستقیم یا غیرمستقیم با ذخیره آبی گیاه مرتبط هستند. یکی از اثرات تنش خشکی برهم زدن تعادل تغذیه ای در گیاه است (لوپس و مک فارلین، ۱۹۸۶).

تنش خشکی ازجمله تنش های محیطی است که با تأثیرگذاری بر رشد و نمو گیاهان می تواند باعث کاهش رشد و عملکرد آنان شود. تنش خشکی به سه روش کاهش فتوسنتز و جذب انرژی نورانی در گیاه، به دلیل کاهش کانوپی گیاهی از طریق پژمرده و لوله شدن، کاهش ماده خشک تولیدی به ازای تشعشعات فعال فتوسنتزی جذب شده و کاهش شاخص برداشت باعث کاهش عملکرد در گیاهان دارویی و معطر می شود (شرف زاده و زارع، ۲۰۱۱).

درواقع تنش خشکی با اختلال در عمل روزنه ها و سیستم فتوسنتزی، تخریب پروتئین ها و آنزیم ها، کاهش سطح برگ و ریزش گل و میوه موجب کاهش عملکرد گیاهان می گردد (آزاد نوری و حاجی باقری، ۲۰۰۸).

تنش های محیطی همچنین موجب تغییراتی در بیان ژن و متابولیسم سلولی تا پیری برگ و ایجاد پژمردگی دائم و رشد و عملکرد گیاه می شود. نوع و میزان خسارت ناشی از این تنش به شدت و مقاومت گیاه نیز بستگی دارد (خزایی، ۲۰۰۲). وقوع تنش خشکی در مرحله زایشی باعث پیری زودرس و کاهش سطح برگ و نیز کاهش سهم انتقال مجدد مواد ذخیره شده در ساقه به دانه و درنهایت موجب کاهش عملکرد به

سبب کاهش وزن دانه‌ها می‌شود (رامروای و همکاران، ۲۰۱۱). تنش خشکی همچنین موجب تخریب رنگدانه‌های فتوسنتزی، کاهش مقدار کلروفیل برگ و درنهایت تخریب تشکیلات فتوسنتزی می‌گردد (کیرناک و همکاران، ۲۰۰۱). علاوه بر این تنش خشکی فعالیت‌های فتوشیمیایی در گیاه را محدود و فعالیت آنزیم‌ها در سیکل کالوین را کاهش داده است (موناخوا و همکاران، ۲۰۰۲). با افزایش شدت تنش خشکی اختلال در انتقال مواد و عناصر به دانه را به دنبال خواهد داشت (خان و همکاران، ۲۰۰۳). با تکمیل مصرف عناصر غذایی کم‌مصرف از طریق محلول‌پاشی، خاک مصرف و یا پیش تیمار بذر می‌توان وضعیت رشد گیاه را در شرایط تنش بهبود بخشید. تغذیه مناسب تحت شرایط تنش می‌تواند تا حدی به گیاه در تحمل تنش‌های مختلف کمک کند. با مصرف کودهای محتوی عناصر ریزمغذی اولاً عملکرد گیاه افزایش می‌یابد، ثانیاً افزایش غلظت این عناصر در محصولات کشاورزی نقش مهمی در افزایش کیفیت غذایی و بهبود سلامتی جامعه دارد (ملکوتی و تهرانی، ۲۰۰۴).

۲-۲-۱- سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی به تنش خشکی

طیف وسیعی از اختلالات مولکولی که سبب آسیب‌های فیزیولوژیکی در گیاهان تحت تنش خشکی می‌شوند را می‌توان ناشی از تولید رادیکال‌های فعال و مخرب اکسیژن در زمان تنش دانست. فعالیت‌های آنزیمی آنتی‌اکسیدانت در سلول‌های گیاهی غالباً در مواجهه گیاه با تنش‌های محیطی افزایش یافته و از این طریق گیاهان قادرند از خسارت رادیکال‌های آزاد اکسیژن ایجادشده بکاهند. سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز، گلوکاتایون پراکسیداز از جمله آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت هستند که نقش اساسی در متابولیسم کردن ترکیبات فعال اکسیژن و جلوگیری از خسارات ناشی از تنش اکسیداتیو را به عهده‌دارند (یگاپان و همکاران، ۱۹۸۲). سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی در سلول‌های گیاهی شامل مکانیسم‌های آنزیمی مثل سوپر اکسید دیسموتاز (SOD)، کاتالاز (CAT)، پراکسیداز (POX)، آسکوربات پراکسیداز (APX) و گلوکاتایون ردوکتاز (GR) و غیر آنزیمی مثل گلوکاتایون احیاء، آسکوربات و توکوفرول است. آنزیم SOD با تولید پراکسید هیدروژن (H_2O_2)، آنیون سوپر اکسید را حذف می‌کند. آب‌اکسیژنه تولیدشده سپس توسط آنزیم‌های CAT و POX حذف‌شده و سلول سم‌زدایی می‌شود. آنزیم APX نیز در چرخه آسکوربات-گلوکاتایون، با مصرف

آسکوربات به عنوان دهنده الکترون مقدار پر اکسید هیدروژن را کاهش می دهد (عبدالجلیل و همکاران، ۲۰۰۹). فنل ها جز متابولیت های ثانویه ای هستند که در طیف وسیعی از اعمال فیزیولوژیکی اختصاصی شرکت می کنند. از آنجایی که ترکیبات فنلی، فعالیت آنتی اکسیدانی قوی دارند و در دفاع علیه گونه های اکسیژن فعال در زمانی که فتوسنتز به علت تنش های محیطی آسیب دیده است، شرکت می کنند (فاروق و همکاران، ۲۰۰۹). افزایش ترکیبات فنلی در طی دوره تنش خشکی دور از انتظار نیست و این در حالی است که تنش های شدید خشکی ترکیبات فنلی را کاهش می دهد که توجیه این حالت می تواند به این دلیل باشد که آب بر عملکرد فتوسنتز گیاه اثر بسزایی دارد، پس طبیعی است که با کاهش فتوسنتز غلظت متابولیت های ثانویه هم کاهش یابد (فاروق و همکاران، ۲۰۰۹).

۲-۲-۲- تأثیر تنش خشکی بر محتوای پرولین

غلظت پرولین در گیاهان در شرایط بدون تنش کمتر از ۵ درصد مجموع کل اسید آمینه ها می باشد. در بسیاری از گیاهان تحت تنش خشکی میزان آن افزایش چشم گیر می یابد. این افزایش غلظت یک مکانیسم مولکولی مقاومت به تنش محسوب می شود. در بیشتر گونه ها ذخیره پرولین به عنوان معیار سنجش تحمل تنش به حساب می آید که البته این موضوع وابسته به گونه است (ژیامارا و همکاران، ۲۰۰۵).

پرولین نقش جاروب کننده رادیکال های آزاد و نقش اسمولیت بر عهده دارد که پرولین به عنوان یک اسمولیت مهم در تعدیل فشار اسمزی سلول تحت تنش هایی مانند دمای پایین، کمبود مواد غذایی، قرار گرفتن در معرض فلزات سنگین و اسیدیته بالا نقش اساسی دارد. افزایش این ماده در شرایط استرس اسمزی، علاوه بر گیاهان در دامنه وسیعی از موجودات دیگر مثل باکتری ها، مخمرها، بی مهرگان دریایی و جلبک ها مشاهده شده است (تاکوری، ۲۰۱۰).

با توجه به اهمیت انباشت پرولین در گیاه تحت تنش خشکی، تقریباً تمام منابع بررسی شده مبنی بر افزایش مقدار آن بوده است که به چند مورد اشاره می شود. عباس زاده و همکاران در سال ۱۳۸۶ اثر تنش خشکی را بر میزان پرولین گیاه بادرنجبویه بررسی کردند. با توجه به مجموع نتایج به دست آمده در این پژوهش، ملاحظه شد که تنش خشکی سبب افزایش غلظت پرولین در بوته شده است. این نتایج نشان داد که تولید

این تنظیم‌کننده‌های اسمزی، یک پاسخ معمول به شرایط تنش خشکی می‌باشد. افزایش غلظت پرولین در گیاهانی که تحت تنش قرار گرفته‌اند، نوعی سازگاری برای غلبه بر شرایط تنش می‌باشد (عباس زاده و همکاران ۱۳۸۶). همچنین نتایج مشابهی توسط امیدی و همکاران در سال ۱۳۹۰ مبنی بر اندازه‌گیری میزان پرولین تحت تنش خشکی در گیاه کهورک (جغغه) نیز گزارش شد. لازم به ذکر است که در برخی منابع بررسی‌شده، القا تنش خشکی با افزایش سطح رنگیزه‌ها همراه بود، به‌طور نمونه معین و شریعتی در سال ۱۳۸۹ افزایش مقدار کلروفیل در برگ‌های جوان و افزایش بتاکاروتن در برگ‌های بالغ و افزایش کلروفیل را در جلبک تک‌سلولی طی تنش خشکی گزارش کردند.

۲-۳- تعریف فناوری نانو

انجمن رویال انگلستان، فناوری نانو را تحت عنوان طراحی، توصیف، تولید و کاربرد ساختارها، وسایل و سیستم‌هایی که دارای شکل و اندازه در مقیاس نانو (۱ تا ۱۰۰ نانومتر) هستند، تعریف نموده است. در چنین مقیاسی قوانین طبیعی حاکم بر پدیده‌های فیزیکی و شیمیایی صدق نمی‌کند (مونیکا و کرمونی، ۲۰۰۳).

۲-۳-۱- تاریخچه نانو تکنولوژی

نانو یک کلمه یونانی به معنای کوتوله یا به معنای چیزی کوچک‌تر از اندازه معمولی گرفته‌شده است. در حدود سال ۱۹۵۰ میلادی فیزیکدان معروف آمریکایی، پروفسور ریچارد فایتمن پیشنهاد ساخت یک موتور الکتریکی با ابعاد کمتر از $1/64$ اینچ را داد و برای کسی که اولین بار موفق به ساخت آن شود، جایزه ۱۰۰۰ دلاری تعیین نمود. سرانجام ویلیام مک لیلان با زحمت فراوان توانست به‌وسیله یک انبرک دستی و یک میکروسکپ این کار را به انجام برساند. درواقع هدف فایتمن از این کار ایجاد انگیزه در مؤسسات آموزشی و تحقیقاتی بود تا توجه آن‌ها را به دنیای میکروها و نانوها جلب کند. فایتمن برای اولین بار و به‌طور جدی این بحث را در سال ۱۹۶۰ و در انجمن تکنولوژی کالیفرنیا (Caltech) طی یک سخنرانی با عنوان آن پایین فضای بسیاری هست مطرح کرد. در طی این سخنرانی فاینمن طریقه نگارش ۲۴ جلد دایره المعارف

Britanica را به صورت تئوری بر نوک یک سوزن توضیح داد و بدین ترتیب شاخه جدیدی از دانش پا به عرصه ظهور گذاشت (وئو و همکاران، ۲۰۱۲).

۲-۳-۲- کاربرد تکنولوژی نانو در تولید کودهای کشاورزی

تکنولوژی نانو با کوچک کردن ذرات تا اندازه یک میلیارد متر، منجر به افزایش نسبت سطح به حجم شده و این ویژگی باعث بروز خواص فیزیکی منحصربه‌فرد و تأثیرگذاری بیشتر این مواد می‌شود. نانو کودهای شیمیایی باقابلیت رهاسازی آرام یا کنترل‌شده، محتویات غذایی خود را به تدریج و به گونه‌ای که زمان آزادسازی آن‌ها منطبق با نیاز غذایی گیاه باشد در خاک رها می‌کنند. این گونه کودها به صورت فیزیکی و از طریق پوشش‌دار کردن ذرات کودهای شیمیایی محلول توسط موادی که موجب کاهش سرعت انحلال آن‌ها در آب می‌شوند تهیه می‌گردند. استفاده از کودهای باقابلیت رهاسازی کنترل‌شده سبب افزایش کارایی مصرف عناصر غذایی کود، کاهش سمیت خاک، به حداقل رسیدن اثرات منفی بالقوه وابسته به مصرف بیش‌ازحد کودهای محلول و کاهش تعداد دفعات کاربرد کود خواهد شد. به علاوه، ممکن است استفاده از این نوع کودها به سبب بهبود تهویه و شکنندگی خاک و جلوگیری از فرسایش، موجب ارتقای شرایط خاک جهت کشت محصول نیز شود (داس و همکاران ۲۰۰۴).

۲-۴- ترکیبات نانو کود

۲-۴-۱- عنصر روی

روی فلز سنگینی است که در خاک و گیاه اغلب به صورت Zn^{+2} یا به صورت ترکیب روی مشاهده شده و در خاک‌های قلیایی شدید نیز به صورت سیلیکات روی وجود دارد. این عنصر از طریق ظرفیت‌های فرعی تمایل به تشکیل کمپلکس دارد. متوسط فراوانی آن در پوسته زمین بین ۷۰ تا ۸۰ میلی گرم در هر کیلوگرم است. البته در خاک‌های محتوی فلزات سنگین نیز مقدار آن بیش از ۱۰۰ میلی گرم در هر کیلوگرم خاک بوده که بیشتر به صورت کربنات روی می‌باشد (محسنی و همکاران، ۱۳۸۵).

میزان حلالیت کانی‌های حاوی روی به pH خاک بستگی دارد و با کاهش pH حلالیت این کانی‌ها افزایش یافته و با افزایش pH حلالیت آن‌ها کاهش می‌یابد؛ بنابراین در خاک‌هایی با pH قلیایی که اغلب خاک‌های زراعی ایران نیز از این نوع می‌باشد، کمبود روی بسیار گسترده است. میزان مواد آلی، درصد کربنات کلسیم و رس بر مقدار روی خاک‌ها مؤثر هستند. (بوکویچ و همکاران، ۲۰۰۳). روی عمدتاً به فرم یون دو ظرفیتی Zn^{+2} از محلول خاک جذب گیاه می‌شود و در خاک‌های قلیایی این یون بیشتر به صورت $Zn(OH)^{+2}$ جذب گیاه می‌شود (پوتارزیک و همکاران، ۲۰۰۹). تحرک پذیری روی مانند مس است با این تفاوت که کمپلکس آلی این عنصر کمتر پایدار بوده و به این جهت تثبیت آن توسط مواد هوموسی نسبتاً کمتر است. برداشت این عنصر توسط گیاه بیش از مس است (تاندون، ۱۹۹۵).

۲-۴-۱-۱- نقش روی در گیاه

قسمت کمی از روی جذب شده به صورت محلول یا تثبیت شده در گیاه موجود می‌باشد. قسمت اعظم آن در ترکیبات آلی گیاه ذخیره می‌گردد. مقدار کل روی در اعضای گیاهی معادل ۲ الی ۱۰۰ پی پی ام است. ذخیره این عنصر در برگ‌های پیر شدیدتر می‌باشد (محسنی و همکاران، ۱۳۸۵). مقدار روی در برگ گیاهان حدود ۵۰ میلی گرم است (کشاورز و ملکوتی، ۱۳۸۴).

روی از عناصر مهم در واکنش‌های بیوشیمیایی گیاه هستند که می‌توانند به طور مستقیم و غیرمستقیم سبب افزایش عملکرد محصولات شوند (ملکوتی و همائی، ۲۰۰۴). روی از عناصر کم مصرفی است که برای رشد طبیعی و تولیدمثل گیاهان زراعی ضروری است (آلووی، ۲۰۰۴). روی در سنتز پروتئین‌ها و هورمون گیاهی اکسین به کار می‌رود (کامبروتی، ۲۰۰۴). تیروپاتی و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند که مصرف تغذیه برگ‌ی عنصر روی در کنجد موجب افزایش اجزای عملکرد و عملکرد شده است. کاربرد عنصر روی می‌تواند موجب افزایش تولید گل در بوته شده و یا از ریزش آن‌ها جلوگیری نماید که در این صورت افزایش تعداد کپسول در بوته را موجب می‌شود. همچنین کاربرد عنصر روی به دو روش تغذیه برگ‌ی و اضافه کردن به خاک نیز موجب افزایش جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم و شاخص برداشت، اجزای عملکرد و در نهایت عملکرد دانه در کنجد شده است (تیروپاتی و همکاران، ۲۰۱۱). ادهمی و رونق (۱۳۷۸) نیز گزارش کردند کمبود روی علاوه

بر زردی رنگ برگ‌ها در برگ‌های جوان باعث کاهش مقدار تنظیم‌کننده‌های رشد، بروز کوتولگی و کاهش فاصله میان گره‌ها در ساقه می‌شود که در اثر کمبود روی در گیاه ذرت، اندام‌های نر و دانه گرده آسیب‌دیده و عمل گرده‌افشانی مختل شده و عملکرد به‌شدت کاهش می‌یابد.

روی در تشکیل و فعالیت هورمون رشد، طولیل شدن فاصله میان گره‌ها و در تشکیل کلروپلاست و نشاسته دانه غلات مؤثر است (بهتاش و همکاران، ۱۳۸۹). استفاده زیاد از کودهای فسفره در خاک‌هایی که مقدار روی در آن‌ها کمتر می‌باشد باعث تثبیت روی شده و در اثر آن کمبود روی در گیاه ایجاد می‌شود (کیخا و همکاران، ۱۳۸۴). وجود غلظت بالای فسفر در داخل گیاه نیز باعث کاهش حلالیت روی و کاهش انتقال آن از ریشه به سایر قسمت‌های گیاه می‌شود به‌طور کلی خاک‌های آهکی مناطق نیمه‌خشک عمدتاً با کمبود روی مواجه هستند (ملکوتی و طهرانی، ۱۳۸۴).

روی در بسیاری از سیستم‌های آنزیمی گیاه نقش کاتالیزوری، فعال‌کننده و یا ساختمانی دارد و در ساخته‌شدن و تجزیه پروتئین‌ها در گیاه نیز دخیل است و گیاهان مبتلا به کمبود روی از نظر سنتز عوامل تنظیم‌کننده رشد نیز دچار مشکل هستند. الاویی (۲۰۰۴) اعلام نمود که روی در آنزیم‌هایی مانند کربنیک آنهیدراز، کربوکسی پپتیداز، الکل دهیدروژناز، سوپر اکسید دسموتاز، آلکالین فسفاتاز، فسفرلیپاز، RNA پلی مرز و آنزیم‌های دیگر از قبیل دهیدروژناز، آلدولاز، ایزو مرازها و ترانسفوسفوریلزها ضروری می‌باشد. پایگذار (۲۰۰۸) گزارش نمود که در نتیجه کمبود روی و افزایش فعالیت RNA رشد متوقف گردید و تغییرات محسوسی در ساختمان برگ روی داد. ولچ (۲۰۰۱) اعلام نمود که روی به‌عنوان یکی از اجزای ساختمانی مهم ریبوزوم‌ها شناخته‌شده است و همچنین در تشکیل لوله گرده دخالت دارد. در گیاهانی که از لحاظ روی در مضیقه می‌باشند کاهش درصد پروتئین و افزایش تجمع آمینواسیدها مشاهده گردیده است. دلیل این امر را کاهش نسخه‌برداری و ترجمه و نیز در نتیجه افزایش تحلیل رفتن RNA دانسته است. پوتارزکی و قیربیز (۲۰۰۹) افزایش فعالیت آنزیم RNA از را در نتیجه کمبود روی گزارش نموده است و یکی از نقش‌های مهم روی شرکت در سنتز اکسین می‌باشد که متوقف شدن رشد و ریز برگ‌ها را بیشتر به دلیل اختلال در تولید اکسین به‌ویژه ایندول استیک اسید (IAA) دانسته است.

تولای و گول (۲۰۱۱) گزارش نمود که کاهش سطح ایندول استیک اسید در نتیجه کمبود روی در گیاهان ممکن است در نتیجه سنتز بازدارنده‌ها یا افزایش تحلیل رفتن ایندول استیک اسید باشد. همچنین روی برای سنتز تریپتوفان که در ساخت اکسین (ایندول استیک اسید) مهم است، پاندی و همکاران (۲۰۰۹) به این نتیجه رسید که روی در همانندسازی DNA، نسخه‌برداری و نیز کنترل ژن‌ها دخالت می‌کند. شوتر و ادی (۲۰۰۷) نیز نشان دادند روی برای فعالیت آنزیم‌های دهیدروژناز و NADH در سنتز چربی و افزایش میزان روغن دانه ضروری می‌باشد. روی یکی از مهم‌ترین و گسترده‌ترین کمبودهای عناصر ریزمغذی در دنیا می‌باشد که سبب کاهش تولید محصولات زراعی می‌گردد. علائم عمومی کمبود روی توقف رشد گیاه، ضعف در جوانه‌زنی، توسعه رنگ زرد روشن در برگ‌ها، تشکیل خطوط کلروز در دو طرف رگبرگ میانی در تک‌لپه‌ای‌ها به‌ویژه در ذرت و ظهور نقاط قهوه‌ای‌رنگ در روی برگ گیاهان حساس می‌باشد (ملکوتی و ریاضی، ۱۳۷۰).

روی آنزیم‌های مختلفی از قبیل دهیدروژناز، آلدولازها و همچنین RNA و DNA پلی‌مرازها را تقویت می‌کند و در حالت کمبود روی سنتز RNA و در نتیجه تولید پروتئین تضعیف، درحالی‌که مقدار گلوکز، نیتروژن غیر پروتئینی و DNA افزایش می‌یابد (یادوو، ۲۰۱۰). رضاخانی و همکاران (۱۳۹۱) گزارش نمودند که با افزایش هر واحد pH، در محدوده ۴-۱۰ حلالیت عناصر کم‌مصرف صد مرتبه کاهش یافت. احمدی خواه و همکاران (۲۰۱۰) نشان دادند مصرف روی باعث افزایش غلظت این عنصر در دانه‌ها، ریشه و کاه و کلس غلات می‌شود؛ و به این نتیجه رسیدند که با استفاده از کود روی در طول چهار سال به‌جز در یک سال عملکرد ذرت به‌اندازه ۲۰ درصد افزایش پیدا کرد و با استفاده از روش‌های متفاوت مصرف روی در ارقام مختلف گندم نتیجه گرفتند که مصرف سولفات روی نه‌تنها عملکرد را افزایش داد، بلکه غلظت این عنصر در دانه را نیز زیاد کرد.

۲-۴-۱-۲- تأثیر روی در مقاومت به تنش خشکی در گیاه

در طی بروز تنش خشکی به علت بالا رفتن غلظت املاح محلول در محیط ریشه و در نتیجه افزایش پتانسیل اسمزی خاک، از جذب عناصر غذایی تا حد زیادی کاسته می‌شود. در صورت بالا رفتن pH محلول خاک، جذب عناصر کم‌مصرف بیشتر از سایر عناصر دچار اختلال می‌شود (گریوه و گراتان، ۱۹۹۹). تاکنون در مورد مصرف عناصر کم‌مصرف در گیاهان زراعی و باغی تحقیقات زیادی صورت گرفته، اما در شرایط تنش خشکی به‌خوبی مشخص نیست که استفاده از این عناصر به‌صورت منفرد و ترکیبی بر کدام ویژگی فیزیولوژیک گیاهان بیشترین تأثیر را داشته و تا چه حدی اثرات خسارت زای تنش را کاهش می‌دهند. نتایج شیخ بیگلر و همکاران (۲۰۰۸) در خصوص محلول‌پاشی عنصر روی بر عملکرد ذرت دانه‌ای تحت تنش آب نشان داد بیشترین درصد پروتئین دانه از تیمار محلول‌پاشی سولفات روی به دست آمد آقائی سربرزه (۱۹۹۵) در بررسی ارتباط بین عنصر روی با شاخص‌های تحمل به خشکی در گندم نشان داد که عنصر روی تحمل به خشکی در ارقام مختلف گندم نان و دوروم را افزایش می‌دهد.

۲-۴-۲- آهن

عواملی از قبیل pH (اسیدیته)، پتانسیل احیایی و کلاته شدن قابلیت دسترسی آهن را در خاک تحت تأثیر قرار می‌دهند (آدامسکی و همکاران، ۲۰۱۲). در شرایط مختلف خاک مقادیر اندکی از آهن در طول هوا دیدگی کانی‌های اولیه و ثانویه آزاد می‌شود و قسمتی از آن توسط گیاه جذب می‌شود. شکل Fe^{+3} در اکثر خاک‌ها معمول می‌باشد غیر محلول بوده و برای جذب آن بایستی pH خاک کاهش یابد یا مواد آلی خاک که پیوند قوی با Fe^{+3} ایجاد می‌کنند افزایش یابد، زیرا این ترکیبات آلی که به‌عنوان فری کروم‌ها یا سیدرفورها شناخته می‌شوند، اغلب متشکل از هیدروکسامات‌ها می‌باشد که در آن‌ها یک گروه هیدروکسیل‌ها متصل به قسمت نیتروژن مولکولی است و این حالت سبب می‌شود که تمایل زیادی برای ترکیب با آهن و به‌ویژه آهن چند ظرفیتی ایجاد شود که این فرایند را کلاته شدن می‌نامند (محمد زاده و همکاران، ۱۳۹۰). تحت شرایط غرقابی، آهن احیاشده و در اثر آن خاک به رنگ خاکستری روشن متمایل به سبز درمی‌آید و کمبود مطلق آهن در شرایط مزرعه‌ای به‌ندرت یافت می‌شود و فقط در خاک‌های آهکی که اساساً فقیر از

ترکیبات آهن‌دار هستند مشاهده می‌گردد که کمبود آهن در اثر عواملی از قبیل بالا بودن pH خاک، بالا بودن آهن، زیاد بودن مقدار HCO_3^- در محیط ریشه، عدم توازن یون‌ها و عناصر غذایی به‌ویژه مقدار فسفر خاک، رطوبت زیاد و پایین بودن دما اتفاق می‌افتد (شیخ بگلو و همکاران، ۲۰۱۰). فلزات سنگین قابلیت دسترسی و جذب آهن را نیز در آپوپلاست ریشه، جذب به درون سلول‌های ریشه و انتقال به بخش‌های هوایی را کاهش می‌دهند و سبب می‌شوند آهن کمتری در اختیار برگ‌ها قرار گیرد. در وضعیت کمبود آهن، جذب و تجمع فلزات سنگین در گیاه افزایش می‌یابد (تغویضی و همکاران، ۱۳۹۳). بنابراین وضعیت تغذیه‌ای آهن می‌تواند بر جذب اختصاصی و غیراختصاصی فلزات سنگین اثرگذار باشد. از طرفی نانو ذرات آهن با توجه به سطح ویژه بالا که منجر به تراکم بیشتر مکان‌های جذبی و ظرفیت بالای حذف فلزات سنگین می‌شوند، برای اهداف احیایی، جاذب قابل‌توجهی هستند (غفاری و همکاران، ۱۳۹۱).

۲-۴-۱- نقش آهن در گیاه

آهن یکی از عناصر ضروری برای رشد تمام گیاهان بوده و این عنصر در ساختمان کلروپلاست و همچنین در فتوسیستم I، فتوسیستم II و کمپلکس سیتوکروم bf دخالت دارد (صابری، ۱۳۹۲). آهن یک جزء تشکیل‌دهنده آنزیم‌های انتقال‌دهنده الکترون است که در فتوسنتز و تنفس میتوکندریها فعال بوده و بر مقادیر کلروفیل اثر می‌گذارد (کوچکی و سرمندیا، ۱۳۹۲).

آهن یک عنصر اجتناب‌ناپذیر در گروه پروستتیک هم (Hem) و همین (Hem in) بوده و به این دلیل برای تمام سیستم‌های ردوکس سیتوکرومی اهمیت دارد و علاوه بر آن موجب انتقال اکسیژن به‌وسیله پروتئین‌های هم‌دار می‌شود (آدامسکی و همکاران، ۲۰۱۲). آهن عنصر ضروری در ساختمان فرودکسین‌ها بوده و به فرم Fe/s کلستر در آن یافت می‌شود و همچنین در آنزیم نیتروژناز، فتوسیستم I و در نیتريت ردوکتاز نیز وجود دارد و تضعیف سنتز پروتئین‌های تیلاکوئید در اثر کمبود آهن در کل روی ساختمان کلروپلاست‌ها تأثیر منفی دارد.

با توجه به مطالب فوق کمبود آهن بیشترین تأثیر را روی انتقال الکترونی فتوسنتز می‌گذارد. بخش بزرگی از آهن موجود در سلول به فرم ذخیره‌ای فروتین یافت می‌شود. این ماده در سلول‌های جانوری، قارچ‌ها،

باکتری‌ها و گیاهان بسیار فراوان بوده و نقش ذخیره‌ای دارد و نیاز گیاهان را از نظر آهن رفع می‌کند. فروتین در گیاهان اغلب در پلاستیدها و یا به عبارت دیگر در کلروپلاست یافت می‌شود و به همین دلیل مقدار آهن در کلروپلاست‌ها زیاد است. جالب توجه این که کلروپلاست‌های برگ‌های مبتلابه کمبود آهن (کلروز آهن) نیز مشابه کلروپلاست‌های سالم، آهن زیادی دارند و این یافته‌ها نشان می‌دهد که آهن موجود در فروتین نمی‌تواند برای تولید کلروپلاست‌های سلول‌های دیگر مصرف شود (آدامسکی و همکاران، ۲۰۱۲).

آهن یکی از عناصری است که به آسانی دچار تغییر اکسیداسیون می‌شود و می‌تواند به صورت ترکیبات هشت‌وجهی و اشکال دیگر درآید. شکل این لیگاندها به پتانسیل آهن (اشکال دو یا سه ظرفیتی) آن بستگی دارد و این یک خصوصیت مهم اکسیداسیون در سیستم‌های طبیعی به شمار می‌رود (شیخ بگلو و همکاران، ۲۰۱۰). در شرایط کمبود آهن فعالیت آنزیم‌هایی مانند کاتالازها و پراکسیدازها کاهش پیدا کرده و بخصوص در برگ‌ها فعالیت آنزیم کاتالاز افت چشمگیری پیدا می‌کند و کاهش فعالیت این آنزیم‌ها می‌تواند به عنوان نشانه کمبود آهن تلقی شود. در برگ‌های تحت تنش کمبود آهن، درصد فرودوکسین و درصد کلروفیل کاهش یافته و کاهش سطح فرودوکسین نیز معمولاً با کاهش فعالیت نیترات ردوکتاز همراه است. همچنین فرودوکسین و نیترات ردوکتاز با کاربرد آهن می‌تواند دوباره ساخته شده و مقدار آن‌ها افزایش یابد (آدوبرت، ۲۰۰۶).

موسی وند و همکاران (۱۳۸۸) گزارش نمود که آهن در ساختمان و فعالیت آنزیم اکونتیاژ نقش مهمی دارد و از طریق تأثیر روی ریبوزوم‌ها، سنتز پروتئین را در سلول‌های برگ تحت تأثیر قرار می‌دهد. محمد زاده و همکاران (۱۳۹۰) گزارش نمود که حداقل ۲۰ اتم آهن به طور مستقیم در زنجیره انتقال الکترون بین فتوسیستم I و II دخالت دارند که با رفع کمبود آهن فعالیت فتوسیستم II به نحو چشم‌گیری افزایش یافت. آهن در فرآیندهای اکسیداسیون و احیا نقش دارد و با تغییر ظرفیت سبب انتقال الکترون می‌شود که این نقش در متابولیسم گیاهی بسیار مهم است. وجود آهن در سنتز پروتئین لازم است و از آنجایی که نقش عمده آهن در سنتز پروتئین‌های همراه کلروفیل است کمبود آن ساختار کلروپلاست و میزان فتوسنتز را کاهش می‌دهد (برایت و همکاران، ۲۰۱۵).

۲-۴-۲- تأثیر آهن در مقاومت به تنش خشکی در گیاه

وجود دمای زیاد و وضعیت تغذیه‌ای نامناسب برای گیاه، می‌تواند اثرهای مضر تنش خشکی را تشدید نماید. گیاهی که خوب تغذیه شده و به مقدار کافی عناصر کم‌مصرف و پرمصرف را دریافت کرده باشد، مقاومت بهتری به خشکی خواهد داشت (راشانو و همکاران، ۲۰۱۳).

در این میان عنصر کم‌مصرف آهن نه تنها نقش مهمی در متابولیسم سلولی و فعالیت آنزیمی در گیاهان به‌ویژه در شرایط تنش دارد (رویزو همکاران، ۲۰۰۰). در شرایط کمبود آهن گیاه با کاهش مقدار کلروفیل برگ‌ها، زردی برگ، کاهش فتوسنتز و غلظت کلروفیل (چن و همکاران، ۲۰۰۴) کاهش وزن خشک بخش هوایی و ریشه (کسوری و همکاران، ۲۰۰۷) تغییر غلظت و محتوای آهن (محمودی و همکاران، ۲۰۰۵) و سایر عناصر فلزی در بافت‌های خود (چن و همکاران، ۲۰۰۴) مواجه خواهد شد. در آزمایش حیدری و همکاران (۱۳۹۴) نیز مشخص شد که در سطوح بالای تنش، محلول‌پاشی نانو اکسید آهن، سبب افزایش میزان رنگ‌دانه‌ها، جذب عناصر کانی و در نهایت افزایش عملکرد دانه در گیاه کنگد گردید. تأثیر کاربرد حاکی و برگی عنصر آهن بر افزایش مقدار اسید آمینه پرولین در برگ گلرنگ تحت شرایط تنش خشکی مثبت و معنی‌دار گزارش شد (فتحی و امیر خیزی، ۲۰۱۱). آهن به عنوان کو فاکتور، تأثیر مهمی در فعالیت آنزیم‌های برگ به‌ویژه در شرایط تنش دارد، به طوری که بر فعالیت آنزیم‌های یاد شده به شدت اثر می‌گذارد (لاسانو و همکاران، ۲۰۰۵).

۲-۴-۳- بر

بُور یک شبه فلز است که وجود آن برای رشد و نمو همه گیاهان آوندی ضروری است (لاندی و همکاران، ۲۰۱۲). کمبود بر در گیاهان کشت شده در مناطق خشک و نیمه خشک بندرت دیده می‌شود. برای مثال در مطالعات تفصیلی خاک، شواهدی حاکی بر کمبود یا مسمومیت بر دیده نشد و در این مطالعات pH خاک بین ۶/۷ تا ۸/۱ درصد، مواد آلی بین ۰/۸ تا ۴/۹ درصد و کربنات کلسیم بین ۰/۹ تا ۸۲/۵ درصد متغیر بود (داسیلوا و همکاران، ۲۰۰۸). کمبود بر معمولاً در خاک‌هایی با آبشویی زیاد دیده می‌شود، همچنین از طرفی عکس‌العمل مثبت نسبت به افزایش بر در بعضی از خاک‌ها نیز که در تقسیم‌بندی، جزء مناطق

مرطوب به حساب نمی‌آیند، مشاهده شده است. مقدار ترکیبات بر در خاک‌های شنی در بعضی مناطق پایین بوده و در بعضی مناطق نیز کمبود آن مشاهده نشده است (لندی و همکاران، ۲۰۱۲). در خاک شنی و شدیداً آهکی، عکس‌العمل چغندر قند نسبت به افزایش بر مثبت بود (میوا و فوجی وارا، ۲۰۱۰). مثال دیگر از عکس‌العمل مثبت گیاه در قبال افزایش بر، مربوط به پرتقال است که در خاک آهکی با بافت لوم شنی با pH بین ۷/۴ تا ۸/۴ و مقدار بر قابل استفاده کم که در حدود ۰/۱۲ قسمت در میلیون بود، با افزایش بر افزایش عملکرد مشاهده شد (پاپاداکیز و همکاران، ۲۰۰۴).

بین یون کلسیم و بر قابل استفاده، اثر متقابل مشاهده شده است و مقادیر زیاد کلسیم در pH بالا، جذب بر را کاهش می‌دهد که این پدیده ممکن است توضیحی بر این اصل باشد که زیادی بر که در خاک‌های معمولی می‌تواند ایجاد مسمومیت کند، در خاک‌های آهکی برای گیاه ایجاد مسمومیت نمی‌کند. بر در خاک به صورت ترکیبات معدنی و همچنین به صورت جذب شده توسط هیدروکسیدهای آهن و آلومینیوم و سیلیکات‌های آلومینیوم یافت می‌شود (روئیز و همکاران، ۲۰۰۶).

کمبود یا مسمومیت بر از روی مقدار آن در اندام‌های گیاه قابل تشخیص است. معمولاً سطوح کمتر از ۱۵ قسمت در میلیون در ماده خشک گیاهی، دلیل بر کمبود و مقدارهای بیشتر از ۲۰۰ قسمت در میلیون، دلیل بر مسمومیت برای اغلب گیاهان است (میوا و فوجی وارا، ۲۰۱۰). از اسید بریک H_3BO_3 نیز می‌توان در آب آبیاری استفاده کرد. سطوح کودی توصیه شده برای بر یک تا چند کیلوگرم در هکتار است. نظر به اینکه اثر باقی مانده بر در خاک طولانی مدت بوده و همچنین اختلاف بین سطح کمبود و مسمومیت با بر بسیار کم است، بنابراین در کودپاشی با بور، مقدار کود مصرفی نباید از مقدار توصیه شده زیادتر باشد و در صورتی که میزان نیاز کم باشد، بر را می‌توان از راه محلول پاشی مصرف کرد (پاپاداکیز و همکاران، ۲۰۰۴). در خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک، زیادی و یا مسمومیت بر، نسبت به کمبود آن بیشتر اتفاق می‌افتد. مسمومیت بر می‌تواند ناشی از بالا بودن میزان بر در خاک یا اضافه شدن آن از طریق آب آبیاری باشد. گاهی ممکن است آب آبیاری به افزایش ذخیره بر در خاک کمک کند، به طوری که هرگاه بر تا حد یک قسمت در میلیون در آب آبیاری باشد بی خطر شناخته شده و هرگاه بیشتر از آن باشد باعث آلودگی خاک می‌گردد، بطوریکه آبیاری یک خاک لوم شنی با $pH = ۸/۵$ با آبی که مقدار بر آن دارای ۱/۵ قسمت در میلیون بود بعد از

سومین نوبت آبیاری، در ذرت ایجاد مسمومیت کرد و مقدار بر در محلول خاک به ۱/۵ قسمت در میلیون رسید (زیان و همکاران، ۲۰۰۹).

۲-۴-۳-۱- نقش بر در گیاه

بر (B) اغلب به صورت اسید بوریک (H_3BO_3) یکی از عناصر ضروری مورد نیاز برای رشد و توسعه متعادل می باشد (عبدالهی و همکاران، ۲۰۱۲). عنصر بور در گیاهان دارای اثر بر روی بسیاری از کارکردهای گیاه از جمله جابجایی هورمون های جذب نمک، فرایند گلدهی و میوه دهی و جوانه زنی دانه گرده است (پاک کیش و راعفی، ۲۰۱۴). با توجه به اثر بور در افزایش انتقال قند و هیدراتهای کربن در آوندهای آبکش نقش بسیار مؤثری در بهبود کیفیت گیاه دارد (احمدی و محمدخانی، ۲۰۱۴).

در گیاهان عالی بخش عمده بور به صورت کمپلکس استرهای سیس-بورات در دیواره سلول ها وجود دارد (ساریم، ۲۰۰۴). بور نه تنها با اجزای دیواره سلول ترکیبات پیچیده محکمی تشکیل می دهد، بلکه همراه با کلسیم به عنوان سیمان بین سلولی عمل می کند همچنین بور در توسعه و تقسیم سلولی، متابولیسم نوکلئیک اسیدها، کربوهیدرات، چربی و پروتئین، نفوذپذیری غشای سلول، سازوکار هورمون اکسین و ترکیبات فنلی، انتقال مواد بین سلول ها و ترمیم بافت های آوندی نقش مهمی بر عهده دارد (ماتو ۱۹۹۷).

عنصر بور در متابولیسم کربوهیدرات دخیل بوده و برای گلدهی، جوانه زنی گرده و متابولیسم نیتروژن ضروری می باشد. نسبت بزرگی از کل میزان بورات سلول ها در دیواره سلولی یافت می شود که با اجزای دیواره سلولی، حتی در ریشه ها ترکیبات پیچیده و مستحکم تشکیل می دهد و باعث یکپارچگی دیواره سلولی می گردد (هاپکینز، ۲۰۰۸).

بور با قندها و مولکول های مشابه کمپلکس تشکیل نموده و در انتقال کربوهیدرات ها در گیاهان نقش اساسی دارد. این عنصر همچنین با تحت تأثیر قرار نمودن متابولیسم هورمون و اسید نوکلئیک در تقسیم سلولی و طولی شدن سلول ها نقش دارد.

با کمبود بور، فعالیت آنزیم‌هایی که هورمون ایندول-۳-استیک اسید را اکسید می‌کنند، کاهش یافته و میزان RNA نیز احتمالاً از راه اختلال در سنتز یکی از پیش ماده‌های RNA، یعنی اوراسیل، کاهش می‌یابد و باعث توقف تقسیم و طولیل شدن سلول‌ها می‌گردد (هاپکینز، ۲۰۰۸).

بررسی‌ها نشان داده است که عنصر بور از طریق تأثیر بر مسیر متابولیسم هورمون اکسین و انتقال قندها (ماراس چانر، ۲۰۰۵) در تنظیم رشد و نمو گیاهان نقش محوری دارد (زند و همکاران، ۲۰۱۰). بور بر متابولیسم نیتروژن تأثیر مثبت داشته و از این طریق باعث افزایش کلروفیل می‌گردد (حسن‌زاده و همکاران، ۲۰۱۶).

۳-۴-۲- تأثیر بور در مقاومت به تنش خشکی در گیاه

بور مقاومت گیاهان را نسبت به تنش سرما و فلز سنگین آلومینیوم (رویز و همکاران، ۲۰۰۶) و همچنین انواع بیماری‌ها افزایش می‌دهد (پاداکسی، ۲۰۰۴) صور می‌شود که عنصر بور از طریق افزایش قدرت آنتی‌اکسیدانی سلول، تنظیم میزان آب سلول و هورمون‌های گیاهی و افزایش سنتز رنگدانه‌هایی همچون کلروفیل (مارشنیر، ۲۰۰۵) موجب افزایش مقاومت گیاه نسبت به غلظت‌های مختلف آلومینیوم می‌شود (رویز و همکاران، ۲۰۰۶).

۲-۵- مواد آلی

۲-۵-۱- اسید هیومیک

مواد هیومیکی محصول نهایی تجزیه هر ماده آلی در شرایط ویژه و توسط میکروارگانیسم‌های خاص می‌باشند. از آنجاکه این ماده pH اسیدی ضعیف (۳/۸ تا ۵) دارد و مشتق از هوموس می‌باشد به نام اسید هیومیک شناخته می‌شود (صباح الدین و نجدت، ۲۰۰۵). مواد هیومیکی درواقع طیف وسیعی از ترکیبات آلی- معدنی گوناگون نظیر اسیدهای آمینه، پتیدها، فنول‌ها، آلدئیدها و اسیدهای نوکلئیک در پیوند با انواع کاتیون‌ها می‌باشند که مجموعاً ترکیب بسیار پیچیده و شگفت‌انگیزی را ساخته‌اند که می‌توانند میلیون‌ها سال در طبیعت دوام بیاورد و اعمال بسیار شگرفی انجام دهد که قابل قیاس با هیچ ترکیب دیگری نیست.

امروزه استفاده از کودهای شیمیایی به دلیل آثار مخرب و زیان بار آنها بر روی محیط زیست در حال منسوخ شدن است به همین دلیل اسید هیومیک در سراسر جهان مورد توجه خاص قرار گرفته است و در صنعت و کشاورزی کاربردهای متنوع و وسیعی دارد و بر مصرف سالیانه آنها به طور متوسط ۲۵٪ اضافه می شود (سانگیتا و همکاران، ۲۰۰۶). در کشورهای غربی باینکه میزان ماده آلی در خاک نسبتاً بالاست باز استقبال از این مواد بسیار گسترده و روزافزون است. از بدو معرفی ترکیبات هیومیکی به بازار ایران نیز موفقیت های تازه ای در تولید محصولات کشاورزی به دست آمده که باعث افزایش متوسط درآمد کشاورزان شده است (آرانکون و همکاران، ۲۰۰۶).

استفاده از اسید هیومیک در تولید محصولات زراعی به دلایل داشتن پتانسیل بالا در استفاده اکولوژیک و قابلیت بالای آن در تنظیم نیتروژن و مقاوم کردن گیاه در برابر آفت ها و نیز افزایش رشد گیاه دارای اهمیت بسیار فراوانی است. استفاده از اسید هیومیک باعث افزایش قابلیت زراعی زمین های زراعی می گردد (سماوات و ملکوتی، ۱۳۸۴). قابلیت باروری خاک از ۱۲ تا ۷۰ درصد بالا می رود که دیگر نیازی به استفاده از هورمون های مضر نخواهد بود و مهم ترین مزیت استفاده از اسید هیومیک رسیدن به سطح محصولات بسیار استاندارد و با کیفیت عالی می باشد (ترکمن و همکاران، ۲۰۰۴). اسید هیومیک با افزایش نفوذ پذیری دیواره سلولی و نیز با تسریع در تولید پروتئین ها و اسیدهای نوکلئیک در درون سلول و نیز با مکانیسم های متعدد دیگری که هنوز کاملاً درک نشده اند به رشد و تکثیر هر موجود زنده ای کمک می کند. بخصوص تأثیر آن بر رشد میکروارگانیسم های مفید موجود در خاک که عمدتاً از قارچ ها هستند بیشتر است (زانیان و همکاران، ۲۰۰۱).

۲-۵-۱-۲- تأثیر مواد هیومیکی بر متابولیسم و فیزیولوژی گیاه

اسید هیومیک اثر شبه هورمونی، مثل اکسین و ایندول استیک اسید بر گیاهان دارد و این اثر اولیه به عنوان مهم ترین فاکتور بیولوژیکی مؤثر در گیاهان می باشد (آرانکون و همکاران، ۲۰۰۳؛ ناردی و همکاران، ۲۰۱۶). به عنوان مثال افزایش رشد ریشه های جانبی به وسیله مواد هیومیکی (اسید هیومیک و فولویک) در ارتباط با

تقسیمات سلولی بوده که در کنترل هورمون اکسین است (ترويسان و همکاران، ۲۰۱۰). اسیدهای هیومیک در سلول‌های ریشه، باعث افزایش فعالیت آنزیم $H^+ ATPase$ می‌گردند؛ این امر می‌تواند در ارتباط با افزایش سطح ریشه و در بعضی موارد افزایش تراکم ریشه باشد (کانالاس و همکاران، ۲۰۰۹؛ جیندو و همکاران، ۲۰۱۲).

بر اساس بررسی‌های انجام‌شده، مواد هیومیکی می‌توانند در تمامی گونه‌های گیاهی ازجمله در محصولات مهم زراعی مثل سویا، گندم، برنج، ذرت و در صیفی‌جات مثل گوجه‌فرنگی، خیار، سیب‌زمینی، فلفل و سبزی شاهی و در درختان میوه مثل مرکبات و انگور، باعث بهبود خصوصیات رشدی گردند. (کالوو و همکاران، ۲۰۱۴؛ آرانکون و همکاران، ۲۰۰۳). یکی از اثرات مواد هیومیکی به‌صورت بهبود توسعه سیستم ریشه گیاه است که از طریق این مکانیسم، باعث افزایش جذب عناصر غذایی کم و پرمصرف، می‌گردند. از طرفی افزایش جذب، ناشی از افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک حاوی پلی آنیون‌های مواد هیومیکی است. این مواد می‌توانند باعث تغییر در شکل معماری ریشه نیز گردند. اسید هیومیک با افزایش نفوذپذیری سلول‌های ریشه به جذب بهتر مواد غذایی و توسعه بیشتر گیاه کمک می‌نماید. همچنین ثابت‌شده است که اسید هیومیک با تولید بیشتر اسیدهای نوکلئیک و اسیدهای آمینه تکثیر سلولی را در کل گیاه و بخصوص در ریشه‌ها افزایش می‌دهد (یولکان، ۲۰۰۸). روش دیگر تأثیر مواد هیومیکی بر رشد گیاه از طریق تأثیر آن بر گروه‌های فعال اکسیژن می‌باشد (سوزوکی و همکاران، ۲۰۱۲). در گیاه برنج در زمان کاربرد اسید هیومیک، گروه‌های فعال اکسیژن تولیدشده در گیاه، باعث پر اکسیداسیون لیپید نشدند و رشد ریشه جانبی افزایش یافت (بربارا و گارسیا، ۲۰۱۴). در گیاه برنج در زمان کاربرد اسید هیومیک، گروه‌های فعال اکسیژن تولیدشده در گیاه، باعث پر اکسیداسیون لیپید نشدند و رشد ریشه جانبی افزایش یافت (بربارا و گارسیا، ۲۰۱۴).

به‌عنوان مثال توسعه ریشه جانبی یا افزایش ریشه دهی در گوجه‌فرنگی، شاهی، گندم، ذرت و فلفل گزارش شده است (هالپرن و همکاران، ۲۰۱۵؛ آرانکون و همکاران، ۲۰۰۳). افزایش رشد اندام هوایی نیز در خیار، گوجه، گندم و ذرت گزارش گردید (اصلی و نئومان، ۲۰۱۰). افزایش توسعه ریشه‌ها موجب تسریع در

رشد گیاه می‌گردد که این مطلب به کوتاه شدن دوره رشد و افزایش کارایی آب منجر می‌گردد. تأثیر مواد هیومیکی در افزایش و تسریع رشد ریشه‌ها و در پی آن رشد اندام هوایی گندم و کلزا در مناطق مختلف کشور به اثبات رسیده است (غیبی، ۱۳۹۷).

اسید هیومیک با بهبود تولید قند، پروتئین و ویتامین در گیاه و نیز تأثیر مثبتی که بر جنبه‌های مختلف فتوسنتز دارد نیز محتوای غذایی محصولات کشاورزی را افزایش می‌دهد (ماکسیمیک، ۲۰۱۱). اسید هیومیک سبب تقویت دیواره سلولی می‌شود. با این مکانیسم نفوذپذیری محصولات نسبت به قارچ‌های فاسد کننده در همه موارد اعم از غلات، میوه‌جات و سبزیجات کمتر شده و خاصیت انبارداری افزایش می‌یابد (کولکارنی و همکاران، ۲۰۱۴). دوام اثر زیاد کودهای هیومیکی در خاک به‌عکس کودهای شیمیایی که دوام اثر ناچیزی دارند و به شکل‌های مختلف نظیر تجزیه، تبخیر، تصعید، آبشویی و یا تثبیت از دسترس گیاه خارج می‌شوند، اسید هیومیک پایداری بی‌نظیری دارد (کوجا و همکاران، ۲۰۰۷).

۲-۵-۱-۳- نقش مواد هیومیکی در مقابله با تنش خشکی

تحقیق در خصوص اثرات اسید هیومیک در کمک به گیاه برای مقاومت در برابر تنش خشکی، در سالیان اخیر شروع شده است. کاربرد اسید هیومیک در جوانه‌های برنج، باعث کاهش علائم ظاهری خشکی گردید و در این گیاهان سطوح کلروفیل، کاروتینوئیدها، پروتئین و کربوهیدراتها بیشتر از گیاهان شاهد بود و این نشان می‌دهد که ظرفیت فتوسنتزی این گیاهان افزایش یافته است (گارسیا و همکاران، ۲۰۱۲). اسیدهای فولویک به دو طریق گیاه را در برابر تنش‌های غیرزنده و به‌خصوص تنش‌های اسمزی مقاوم می‌سازند. اسیدهای فولویک بابیان ژن‌های انتقال‌دهنده مواد، موجب تسریع جذب مواد غذایی و افزایش غلظت شیره سلولی می‌گردد و از طرفی جذب مواد فولویکی در سیتوپلاسم موجب ایجاد فشار اسمزی لازم جهت مقابله با تنش‌های اسمزی ازجمله شوری، خشکی و یخبندان می‌گردد (غیبی، ۱۳۹۷). تأثیر مصرف مواد فولویکی بر کاهش اثرات مضر عناصری مثل مقدار زیاد سلنیوم، سرب و آلومینیوم و تنش خشکی ازجمله در گندم و ذرت، گزارش شده است. کمپلکس ایجادشده از طریق فولویک اسید با آلومینیوم، قابل جذب به‌وسیله ریشه

گیاه نبوده و یا در مورد عناصر دیگر، قابلیت جذب کاسته شد که البته غلظت اسید فولویک استفاده شده نیز مؤثر بود (پنگ و همکاران، ۲۰۰۲؛ آسپ و برگگرن، ۲۰۰). برخی از نتایج تحقیقات نشان داده که کاربرد اسیدهای هیومیک می‌تواند باعث بهبود مواجهه با تنش خشکی گردد (کالوو و همکاران، ۲۰۱۴). کاهش هدایت الکتریکی خاک، کاهش تجمع سدیم، افزایش پرولین و اسید آبسزیک در گیاه از جمله مکانیسم‌هایی است که سبب مقاومت به خشکی گیاه در اثر کاربرد اسید هیومیک می‌شود (محمد، ۲۰۱۲). در گیاه برنج در مواجهه با تنش خشکی، اسید هیومیک باعث افزایش فعالیت آنزیم پراکسیداز در برگها و ریشه‌ها گردید که باعث کاهش مقدار پراکسید هیدروژن، نگهداری قابلیت نفوذ غشاء و افزایش مقدار پرولین گردید (گارسیا و همکاران، ۲۰۱۲). افزایش مقدار کلروفیل متعاقب کاربرد اسید فولویک در گیاهان سویا و چاودار، مشاهده شد (چن و همکاران، ۲۰۰۴).

۲-۵-۲- اسید سالیسیلیک

اسید سالیسیلیک بانام آیوپاک، هیدروکسی بنزویک اسید، یکی از اسیدهای آلی است که دارای مصارف دارویی نیز می‌باشد. این ماده که هم‌اکنون به‌عنوان یک ماده شبه هورمون در نظر گرفته می‌شود، نقش مهمی در تنظیم رشد و نمو گیاهان ایفا می‌کند. نام اسید سالیسیلیک از واژه التین سالیکس که نام جنس درخت بید است، گرفته شده است و به دلیل وجود فراوان این ماده در پوست درخت بید می‌باشد (آخوندی و همکاران، ۲۰۰۶). از قدیم نیز، در برخی مناطق این موضوع شناخته شده بود که پوست و برگ درخت بید باعث افزایش رشد گیاهان می‌گردد. این ماده به‌وسیله سلول‌های ریشه تولید می‌شود و نقش محوری در تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیک مختلف مثل رشد، نمو گیاه، جذب یون، فتوسنتز و جوانه‌زنی ایفا می‌کند (الیاس و همکاران، ۲۰۱۷).

سالیسیلات یک ترکیب طبیعی است که به‌عنوان یک تنظیم‌کننده رشد گیاهی عمل می‌نماید (حیات و همکاران، ۲۰۰۵).

یکی از تنظیم‌کننده‌های رشد مورد استفاده به منظور پرایمینگ بذر اسید سالیسیلیک می‌باشد که در تنظیم فرایندهای فیزیولوژیکی گیاهان نقش دارد و به عنوان یک مولکول پیام‌رسان در پاسخ‌های گیاه به تنش‌های زیستی و غیر زیستی، شناخته شده است (کبیری و همکاران، ۲۰۱۴). بذرهای تیمار شده با اسید سالیسیلیک بیشتر و سریع‌تر جوانه زده و استقرار بهتری دارند. این گیاهچه‌ها رشد بهتری داشته و در نهایت عملکرد بهتری خواهند داشت. این موضوع به این دلیل است که حساس‌ترین مرحله گیاهان به تنش مرحله جوانه‌زنی و استقرار است، در نتیجه بذرهایی که با سالیسیلیک اسید تیمار شده‌اند، این مرحله را بهتر گذرانده و با بنیه بیشتر وارد مراحل بعدی شده و بهتر می‌توانند تنش خشکی و شوری را تحمل کنند (سیناراترا و همکاران، ۲۰۰۰).

۲-۵-۲- تأثیر اسید سالیسیلیک بر متابولیسم و فیزیولوژی گیاه

سالیسیلیک اسید یا ارتو β هیدروکسی بنزوئیک اسید از مشتقات سینامیک می‌باشد (دسن و کوچو، ۲۰۰۵). سالیسیلیک اسید به وسیله سلول‌های ریشه تولید می‌شود و نقش محوری در تنظیم فرایندهای فیزیولوژیکی مختلف مثل رشد، تکامل گیاه، جذب یون، فتوسنتز و جوانه‌زنی ایفا می‌کند (ویسندا و پالاسیا، ۲۰۱۱). اسید سالیسیلیک خود از ترکیبات فنلی در گیاهان است و نقش محوری در تنظیم فرایندهای فیزیولوژیکی گیاهان ایفا می‌کند (پیر و همکاران، ۲۰۰۸). که القاکننده تجمع ترکیبات فنولیک کل به واسطه افزایش فعالیت آنزیم PAL است (پیر و همکاران، ۲۰۰۸).

اسید سالیسیلیک با کاهش میزان تنش اکسایشی و افزایش مقدار پرولین نیز در حفاظت از غشاها و اندامک‌های سلولی از جمله ماشین پروتئین‌سازی سلول و ساختار پروتئین‌ها و آنزیم‌ها موفق عمل می‌کند و از اکسایش یا تجزیه آن‌ها می‌کاهد. افشانه سازی اسید سالیسیلیک با افزایش توان آنتی‌اکسیدانی از جمله کاروتنوئیدها موجب کاهش مقدار پراکسایش لیپیدها و مقدار آب اکسیژنه و حفاظت بیشتر از غشاهای سلولی و فتوسنتزی و رنگیزه‌های فتوسنتزی می‌شود و از کاتابولیسم کلروفیل جلوگیری می‌کند (اراصلان و

همکاران، ۲۰۰۷). مصرف خارجی سالیسیلیک اسید بر محدوده وسیعی از فرایندها از جمله انتقال یونها و نفوذپذیری غشا تأثیرگذار است (مت والی، ۲۰۰۳).

۲-۵-۲- نقش اسید سالیسیلیک در مقابله با تنش خشکی

اسید سالیسیلیک نقش مهمی در پاسخ گیاهان به تنش شوری و خشکی دارد و از گیاه در برابر بسیاری از تنش‌های غیرزنده حمایت می‌کند. اسید سالیسیلیک تحت تأثیر تنش‌های شوری و خشکی، در بافت‌های گیاهی تجمع می‌یابد و در افزایش مقاومت گیاه به این تنش‌ها شرکت می‌کند (فائیز و بازید، ۲۰۱۴). پژوهش‌های بسیاری نقش اساسی اسید سالیسیلیک را در تنظیم پاسخ گیاه به تنش‌های گوناگون غیرزنده مانند، خشکی، شوری، سرما، حرارت و غیره تأیید می‌کند (الیاس و همکاران، ۲۰۱۷). گیاهان در پاسخ به خشکی، پروتئین‌هایی تولید می‌کنند که سنتز بسیاری از این پروتئین‌ها به وسیله اسید سالیسیلیک تحریک می‌شود. اسید سالیسیلیک همچنین به عنوان یک آنتی‌اکسیدان غیر آنزیمی موجب کاهش گونه‌های فعال اکسیژن می‌گردد (عباسی و همکاران، ۲۰۱۵). اسید سالیسیلیک سبب بهبود جذب عناصر غذایی در شرایط تنش خشکی و شوری می‌شود که این خود افزایش رشد صفات ظاهری (از جمله ارتفاع گیاه، طول و تعداد میانگرمه) را به همراه دارد (اراصلان و همکاران، ۲۰۰۷). کاربرد سالیسیلیک اسید آگروژن در تنش‌های مختلف غیر زیستی اثرات متفاوتی بر گیاهان دارد (هورواس و همکاران، ۲۰۰۷). در همین راستا گزارش شده که کاربرد سالیسیلیک اسید در گوجه‌فرنگی و لوبیا می‌تواند با برطرف کردن تنش خشکی وضعیت گیاه را بهبود بخشد (سناراتنا و همکاران، ۲۰۰۶).

۲-۵-۳- اسید آسکوربیک

اسید آسکوربیک یک مولکول کوچک قابل حل در آب است که دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی بالایی بوده و به عنوان سوپسترای اولیه در مسیرهای چرخه‌ای، برای سمیت زدایی و خنثی کردن رادیکال‌های سوپر اکسید

و اکسیژن منفرد نقش دارد. همچنین به عنوان یک آنتی اکسیدان ثانویه در چرخه آلفا توکوفرول و دیگر آنتی اکسیدان های چربی دوست نقش ایفا می کند (پازوکی و همکاران، ۲۰۱۲).

۲-۵-۳-۱- تأثیر اسید آسکوربیک بر متابولیسم و فیزیولوژی گیاه

اسید آسکوربیک در کلروپلاست به صورت یک کوفاکتور برای چرخه ویولاگزانتین نیز عمل می کند و این مولکول آنتی اکسیدان همراه دیگر ترکیبات سیستم آنتی اکسیدانی، سلول های گیاهی را در برابر آسیب های اکسیداتیو ناشی از اختلال در متابولیسم های هوازی فتوسنتز و تنفس و حتی آلودگی ها حفظ می نماید (مالک و اشرف، ۲۰۱۲). اسید آسکوربیک از جمله مواد آنتی اکسیدانی درون سلولی است که مقاومت سطح سوبستراهای آنزیم های آنتی اکسیدان را بالا می برد و در کاهش تنش خشکی نقش به سزایی دارد و مشخص شده است که اسید آسکوربیک مجموعه ای از نقش ها را در رشد گیاهان مانند تقسیم و بزرگ شدن سلول، توسعه دیواره سلولی و دیگر فرآیندهای نمو بازی می کند (پاژ و بلوم والد، ۲۰۱۱).

اسید آسکوربیک به عنوان یک آنتی اکسیدان مهم می تواند سلول ها را در برابر آسیب های اکسیدانی و ناشی از رادیکال های آزاد محافظت کند و با انواع اکسیژن های فعال ترکیب شده و صدمات ناشی از حضور آن ها را کاهش دهد (خان و همکاران، ۲۰۱۱). اسید آسکوربیک همچنین در تقسیم سلولی، بیوسنتز دیواره سلولی، بیوسنتز هورمون های گیاهی و بازسازی غشاهای کلروپلاست و میتوکندری نقش دارد (پاوید و همکاران، ۲۰۰۵). اسید آسکوربیک نقش مهمی در تنظیم روزه ها و فتوسنتز دارد، با بسته شدن روزه ها به علت تنش خشکی غلظت CO₂ درون کلروپلاست کاهش می یابد (فلکی و همکاران، ۲۰۰۸).

اثرات پرایمینگ بذر با اسید آسکوربیک در آزمایش های زیادی مورد بررسی قرار گرفت. فاتح و همکاران (۱۳۸۹) با بررسی اثرات تیمارهای مختلف هیدروپرایمینگ، اسموپرایمینگ با ترکیبات کلرید کلسیم، کلرید پتاسیم و سولفات روی و پرایمینگ با اسید آسکوربیک بر خصوصیات فیزیولوژیک و عملکرد نخود در دو تاریخ کاشت انتظاری و بهاره نتیجه گرفتند که اثرات پرایمینگ با اسید آسکوربیک در هر دو تاریخ کاشت بر عملکرد نخود مثبت بود در حالی که هیدروپرایمینگ فقط در کشت انتظاری و پرایمینگ با سولفات روی فقط

در کشت بهاره مؤثر بود. همچنین تیمارهای پرایمینگ با کلرید کلسیم و کلرید پتاسیم در هر دو تاریخ کاشت عملکرد نخود را کاهش داد. احمد و همکاران (۲۰۱۲) با کاربرد غلظت‌های ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ پی پی ام از سه ماده اسید هیدروژن پراکسیداز، اسید سالیسیلیک و اسید آسکوربیک برای پرایمینگ بذرهای ذرت نتیجه گرفتند که بهترین تیمار برای بهبود جوانه‌زنی بذرهای زوال یافته ذرت، تیمار ۱۰۰ پی پی ام اسید آسکوربیک بود. در آزمایشی دیگر پرایمینگ بذرهای گندم با اسید آسکوربیک موجب افزایش تجمع پرولین، افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی، نگهداری آب بافت‌ها، پایداری غشاها و تولید و رشد بهتر گیاهچه‌های گندم شد (فاروق و همکاران، ۲۰۱۳)

۲-۵-۳-۲- نقش اسید آسکوربیک در مقابله با تنش خشکی

اسید آسکوربیک با افزایش توانایی آنتی‌اکسیدانی گیاه، خسارات ناشی از خشکی را کم می‌کند. به‌طوری‌که از یک‌طرف موجب تغییر چرخه سلولی و تحریک تقسیم سلولی گیاهان می‌شود و از طرف دیگر رشد طولی و گسترش سلولی را امکان‌پذیر می‌سازد (بسطام و همکاران، ۲۰۱۳). آسکوربات اولین آنتی‌اکسیدان مهمی است که به‌طور مستقیم با پراکسید هیدروژن، رادیکال‌های هیدروکسیل، سوپر اکسید و اکسیژن یکتایی واکنش می‌دهد و نقش مهمی در حفاظت کلروپلاست سلول‌های گیاهی در برابر آسیب اکسیداتیو دارد (فلکی و همکاران، ۲۰۰۸). به‌طور کلی سازگاری به خشکی بستگی به این دارد که مقادیر گونه‌های اکسیژن فعال توسط سیستم آنتی‌اکسیدانی، نسبتاً پایین نگه‌داشته شود (قادری و همکاران، ۲۰۱۰). به‌علاوه مشخص شده است که اسید آسکوربیک مجموعه‌ای از نقش‌ها را در رشد گیاهان مانند تقسیم و بزرگ شدن سلول، توسعه دیواره سلولی و دیگر فرایندهای نمو بازی می‌کند (بسطام و همکاران، ۲۰۱۳).

فصل سوم

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر پرایمینگ بر القای مقاومت به تنش خشکی در مرحله جوانه زنی و عملکرد کمی و کیفی همیشه بهار (*Calendula officinalis* L) این آزمایش در دو بخش جداگانه شامل آزمایش مزرعه ای و آزمایش جوانه زنی اجرا شده است.

۳-۱- آزمایش مزرعه ای

۳-۱-۱- موقعیت و تیمارهای مورد مطالعه

آزمایش مزرعه ای در طی سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در دو مکان شامل مرکز تحقیقات کشاورزی ارومیه با طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۴۴ دقیقه شمالی و به فاصله یک هفته بعد در مزرعه تحقیقاتی فضای سبز شهرداری شهرستان سلماس با طول جغرافیایی ۳۸ درجه و ۱۲ دقیقه شمالی و عرض جغرافیایی ۴۴ درجه و ۴۶ دقیقه و ۴۰ ثانیه شرقی اجرا شد.

این آزمایش به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل رژیم های آبیاری و پیش تیمار بذر بودند. فاکتور اول آبیاری در دو سطح شامل آبیاری نرمال (آبیاری منظم تا زمان برداشت) و قطع کامل آبیاری در مرحله شروع گلدهی بود، نحوه اعمال تیمار تنش خشکی مطابق طرح به این صورت بود که بلافاصله بعد از رسیدن گیاهان به مرحله شروع گلدهی، آبیاری کلاً در آن مرحله قطع شد. آبیاری به صورت کرتی انجام شد. فاکتور دوم تیمار پیش از کاشت بذور در هفت سطح با کودهای نانو و مواد آلی شامل (اکسید آهن، اکسید روی، اکسید بر با غلظت دو در هزار، اسید هیومیک ۷۲ میلی گرم در لیتر، اسید سالیسیلیک ۲۰۰۰ میکرو مول، اسید آسکوربیک ppm ۲۰۰ و شاهد) بود.

۳-۱-۲- میزان نزولات

متوسط بارندگی درازمدت سالیانه محل آزمایش اول (ارومیه) ۲۹۶ میلی متر هست که در سال زراعی مورد آزمایش میزان بارندگی کمتر از میانگین سالانه بود میزان بارندگی در ۶ ماهه اول سال ۱۳۹۵ به میزان ۱۸۰/۱ میلی متر گزارش شد (جدول ۳-۱).

بر اساس اطلاعات ۳۵ ساله ایستگاه هواشناسی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شهرستان ارومیه، متوسط درجه حرارت سالیانه ۱۱/۵ درجه سانتی‌گراد است. متوسط، حداقل و حداکثر درجه حرارت در سال زراعی مورد آزمایش بیشتر از متوسط درازمدت درجه حرارت سالیانه بود. حداقل و حداکثر مطلق درجه حرارت درازمدت ۳۵ ساله به ترتیب ۱۷- و ۳۵ درجه سانتی‌گراد هست. میزان درجه حرارت در ماه‌های مختلف طی شش ماه اول سال ۱۳۹۵ در جدول (۳-۱) نشان داده شده است. شهرستان سلماس در فصل زراعی دارای رژیم دمایی حداقل دما ۲- و حداکثر دما ۳۳ درجه سانتی‌گراد و رژیم رطوبتی نیمه‌خشک هست. بر اساس آمار هواشناسی، این منطقه با داشتن ۱۸۰-۱۵۰ روز خشک جز مناطق آب و هوایی گرم و خشک با داشتن زمستان‌های سرد و مرطوب و تابستان‌های گرم و خشک جزو رژیم رطوبتی خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌گردد. میزان بارندگی منطقه بر اساس میانگین سالیانه ۳۲۶/۱ میلی‌متر است، کمترین بارندگی در ماه‌های تیر، مرداد، شهریور و بیشترین بارندگی مربوط به ماه‌های فروردین (۴۶/۸ میلی‌متر) و اردیبهشت (۵۲/۸۶ میلی‌متر) هست (جدول ۳-۲).

جدول ۳-۱ - آمار هواشناسی شش‌ماهه اول سال ۱۳۹۵ ایستگاه هواشناسی شهرستان ارومیه

ماه‌های سال	درجه حرارت	درجه حرارت	حرارت	ماکزیمم	متوسط	میزان	مجموع	تبخیر	حداقل دمای	تعداد روزهای
	حداقل	حداکثر	نسبی	رطوبت	رطوبت	بارندگی	ساعات	ماهانه	سطح خاک	یخبندان
	(سانتی‌گراد)	(سانتی‌گراد)	(درصد)	(درصد)	(درصد)	(میلی‌متر)	آفتابی	(میلی‌متر)		
فروردین	۲/۱	۱۳/۳	۸۳	۳۶	۳۶/۳	۲۱۸/۱	۴۷/۸	۲/۲	۹	
اردیبهشت	۶/۵	۲۱/۵	۸۰	۲۹	۵/۸	۲۷۱/۴	۱۷۱/۶	۲/۱	۰	
خرداد	۱۱	۲۵/۹	۷۷	۳۰	۲۶/۶	۲۹۱/۶	۲۰۴/۷	۷/۶	۰	
تیر	۱۱/۸	۳۰/۸	۷۳	۳۴	۰/۸	۳۵۰/۵	۲۴۱/۹	۱۱/۱	۰	
مرداد	۱۱/۲	۲۹/۶	۷۴	۲۹	۰	۳۶۰/۱	۲۱۹/۶	۱۱	۰	
شهریور	۷/۸	۲۶/۵	۸۲	۳۶	۱۰/۵	۲۹۹/۶	۱۹۸/۲	۷/۸۱	۰	

جدول ۳-۲- وضعیت بارندگی و دمایی شهرستان سلماس طی سال ۱۳۹۵

ماه	متوسط بارندگی (mm)	بارندگی (mm)	متوسط دما (°C)	دما (°C)	تعداد روزهای یخبندان
فروردین	۴۶/۸	۸/۹	۱۲/۲	۲۵ تا -۲	۱۱
اردیبهشت	۵۲/۸	۱۰/۳	۱۵/۴	۲۰ تا ۰	۰
خرداد	۱۶/۵	۲/۵	۱۸/۲	۲۳ تا ۸	۰
تیر	۶/۲	۵/۲	۲۲/۷	۳۶ تا ۱۰	۰
مرداد	۴/۵	۱/۳	۲۴	۳۳ تا ۱۵	۰

۳-۱-۳- مشخصات رقم و تیمارهای آزمایش

رقم مورد استفاده همیشه بهار شامل رقم زراعی پرپر است که از مرکز تحقیقات کشاورزی، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر استان آذربایجان غربی تهیه شدند. مواد مورد استفاده جهت تیمار پیش از کاشت بذور شامل کودهای نانو و مواد آلی شامل (اکسید آهن، اکسید روی، اکسید بر با غلظت دو در هزار، اسید هیومیک ۷۲ میلی گرم در لیتر، اسید سالیسیلیک ۲۰۰۰ میکرو مول، اسید آسکوربیک ۲۰۰ ppm) بود.

کود هیومیک مورد استفاده از پودر هیومکس (حاوی ۸۰ درصد اسید هیومیک و ۲۰ درصد اسید فولویک) تهیه شده بود که جهت اعمال پیش تیمار بذور استفاده گردید. اسید سالیسیلیک و اسید آسکوربیک محصول شرکت بایر آلمان بود.

کودهای نانو محصول شرکت دانش بنیان صدور احراز شرق (خضراء) بود. مشخصات ذرات نانو آهن (اندازه ۳۰ نانومتر، درصد خلوص ۹۹/۲ درصد، دارای شکل کروی، چگالی ۰/۸۴ گرم بر مترمکعب)، مشخصات ذرات نانو اکسید روی (اندازه ۲۰ نانومتر، درصد خلوص ۹۹ درصد، دارای شکل کروی، چگالی ۰/۶۵ گرم بر مترمکعب) و مشخصات ذرات نانو اکسید بر (اندازه ۴۲ نانومتر، درصد خلوص ۸۹ درصد، دارای شکل کروی، چگالی ۰/۳۸ گرم بر مترمکعب) بود.

به منظور تهیه محلول نانو ذرات با غلظت‌های انتخاب شده، ابتدا مقدار مشخص پودر نانوذره در یک لیتر آب ریخته شد و برای تهیه سوسپانسیون یکنواخت به مدت ۳۰ دقیقه در هموژنایزر التراسونیک قرار داده شد، قبل از استفاده از محلول از هم زن‌های مغناطیسی جهت جلوگیری از تجمع احتمالی ذرات استفاده شد.

۳-۱-۴- عملیات کاشت و داشت و برداشت

قبل از کاشت و آماده‌سازی زمین از نقاط مختلف خاک مزرعه از عمق صفر تا ۳۰ و ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری نمونه‌هایی جهت تعیین عناصر غذایی موجود برداشته شد. نتایج حاصله از تجزیه خاک مزرعه ارومیه نشان داد که pH خاک در حدود ۷/۹ و هدایت الکتریکی آن حدود ۰/۷۴ میلی موس بر سانتی‌متر، بافت خاک از نوع لوم رسی و درصد رس، لای و شن آن به ترتیب ۴۲،۴۲،۱۶ درصد بوده و نوع بافت خاک لومی رسی است (جدول ۳-۳).

نتایج حاصل از تجزیه خاک مزرعه سلماس نشان داد که pH خاک ۸/۳، هدایت الکتریکی آن حدود ۰/۷۴ میلی موس بر سانتی‌متر، بافت خاک از نوع لوم رسی و درصد رس، لای و شن آن به ترتیب ۵۴،۳۳،۱۳ درصد بود (جدول ۴-۳).

جدول ۳-۳- خواص فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش (شهرستان ارومیه)

شوری	اسدیته	درصد	آهک (%)	رس	سیلت	شن	بافت	کربن	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	هدایت	درصد مواد
d .m ⁻¹	کل	اشباع	(%)	(%)	(%)	(%)	خاک	آلی	کل	قابل جذب	قابل جذب	الکتریکی	خنثی شونده
S	اشباع							(%)	(%)	(ppm)	(ppm)	d S.m ⁻¹	
۰/۸	۷/۹	۴۶	۱۶	۴۲	۴۲	۱۶	لومی رسی	۱/۹	۰/۱۲	۱۰	۴۲۵	۰/۷۴	۱۴/۱

جدول ۴-۳- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش (شهرستان سلماس)

درصد اشباع	هدایت الکتریکی	اسیدیته اشباع	درصد مواد خنثی شونده	کربن آلی	فسفر قابل جذب	پتاسیم قابل جذب	رس	لای	شن
%S.P	d S.m ⁻¹	pH	%T.N.V	%O.C	(ppm)	(ppm)	%	%	%
۴۲	۰/۷۴	۸/۳	۱۴/۱	۰/۹۲	۴/۶	۲۶۳	۳۳	۵۴	۱۳

عملیات تهیه زمین شامل شخم پاییزه و بهاره، دیسک، تسطیح و تهیه جوی پشته بود که در هر دو مکان ارومیه و سلماس انجام شد. در پاییز هم‌زمان با اجرای عملیات شخم بر اساس نتایج تجزیه خاک در شهرستان ارومیه کود فسفر از منبع سوپر فسفات تریپل به مقدار ۹۵ کیلوگرم در هکتار و در بهار کود اوره به مقدار ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار و در شهرستان سلماس سوپر فسفات تریپل به مقدار ۱۴۰ کیلوگرم در هکتار و در بهار کود اوره به مقدار ۱۴۰ کیلوگرم در هکتار به صورت دومارحله‌ای در زمان‌های کاشت و بعد از تنک به زمین اضافه و سپس زمین‌های زراعی بر اساس نقشه کاشت کرت بندی شدند.

بذور در سه سانتی‌متری زیر سطح خاک در تاریخ ۹۵/۲/۱۰ به صورت خطی کشت شدند. گیاهان کاشته شده در ردیف‌هایی به فاصله ۳۰ سانتی‌متر از هم و با فاصله ۸ سانتی‌متر از هم درروی ردیف استقرار یافتند. با توجه به فواصل کشت بالا، کرت‌های آزمایش در ۱۲ ردیف (۲ ردیف حاشیه و ۶ ردیف برای برداشت گل و ۴ ردیف برای برداشت دانه) به طول ۲/۵ متر در نظر گرفته شدند. جهت اطمینان از استقرار یکنواخت بوته‌های همیشه‌بهار، کشت بذور با ۲۵ درصد تراکم بالا صورت گرفت. این آرایش کاشت ۴۱۵۰۰۰ بوته در هر هکتار ایجاد کرد. بذور به صورت کپه‌ای کشت شد و پس از سبز شدن و در مرحله ۴ برگی بوته‌ها تنک و به یک بوته در هر کپه تقلیل یافت. علف‌های هرز در طول فصل رشد از طریق وجین دستی کنترل شدند. اولین آبیاری پس از کاشت و آبیاری‌های بعدی در شرایط عدم تنش برحسب شرایط اقلیمی منطقه (جدول ۲) و نیاز گیاه هر دو تا پنج روز یک‌بار تا آخر فصل رشد انجام شد. در شرایط تنش قطع آبیاری در مرحله شروع گلدهی انجام شد. از نظر آفات مزرعه، برای کنترل شته در مرحله دانه‌بندی گیاه از حشره‌کش دیازینون به میزان ۱/۵ لیتر در هکتار استفاده شد.

۳-۱-۵- نحوه اعمال تیمارهای پیش از کاشت بذور

به منظور اعمال تیمارهای پرایمینگ پس از تهیه محلول‌های مورد نیاز به عنوان پیش تیمار، ابتدا بذور با محلول هیپوکلرید سدیم ضد عفونی و سپس برای از بین رفتن ماده ضد عفونی کننده سطح بذور کاملاً با آب مقطر

شستشو داده شد و پس از انتقال بذور درون پتری دیش‌ها، از محلول‌های ذکرشده جهت پیش تیمار بذر به هر پتری دیش افزوده شد به‌طوری‌که بذور داخل محلول غوطه‌ور باشند، سپس روی هر کدام از پتری دیش‌ها یک عدد کاغذ صافی دیگر قرار داده شد، بعد از اتمام کار پتری دیش‌ها با پارافیلیم جهت جلوگیری از تبخیر محلول‌ها، پوشانده شد. تیمارها به مدت ۱۲ ساعت در محلول‌های ذکرشده در انکوباتور در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفته و قبل از خروج جوانه از بذر از محلول خارج و مدت‌زمان مشخصی (۲۴ ساعت) در دمای ۲۵-۲۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده می‌شوند تا خشک شوند (کایور و همکاران، ۲۰۰۵). در آزمایش جوانه‌زنی جهت آزمون پارامترهای جوانه‌زنی داخل هر پتری دیش ۱۰۰ عدد بذرپرایم شده قرار داده شد. جهت اعمال تنش خشکی از پلی‌اتیلن گلیکول ۸۰۰۰ استفاده شد و روزانه آبیاری توسط محلول‌های آماده‌شده توسط پلی‌اتیلن گلیکول ۸۰۰۰ (۳-، ۶-، ۹- بار) و آب مقطر (شاهد) انجام شد و سپس پارامترهای موردنظر اندازه‌گیری شد.

۳-۲- آزمایش جوانه‌زنی

مطالعات آزمایشگاهی این پژوهش در آزمایشگاه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی در طی دو آزمایش مستقل و جداگانه برای بررسی تأثیر تیمارهای پرایمینگ بر القای مقاومت به تنش خشکی در مرحله جوانه‌زنی بر روی بذور گیاه همیشه‌بهار انجام شد. این آزمایش‌ها عبارت بودند از:

۳-۲-۱- آزمایش اول

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار اجرا شد تیمارهای آزمایش شامل سطوح خشکی در چهار سطح (شاهد، ۳-، ۶- و ۹- بار) ناشی از پلی‌اتیلن گلیکول (PEG) و پرایم با کودهای نانو (اکسید آهن، اکسید روی و اکسید بر با غلظت دو در هزار و شاهد) هست.

۳-۲-۲- آزمایش دوم

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل سطوح خشکی در چهار سطح (شاهد، ۳-، ۶- و ۹- بار) ناشی از پلی اتیلن گلیکول (PEG) و تیمارهای پرایمینگ با مواد آلی (اسید هیومیک ۷۲ میلی گرم در لیتر، اسید سالیسیلیک ۲۰۰۰ میکرو مول، اسید آسکوربیک ۲۰۰ ppm و شاهد) بود.

۳-۳- صفات اندازه گیری شده در آزمایش جوانه زنی

صفات ذیل که در آزمایش های جوانه زنی اندازه گیری شد طبق آزمون استاندارد جوانه زنی و قوانین انجمن بین المللی آزمون بذر در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد درون ژرمیناتور انجام شد (قاسمی گلعدانی و دلیل، ۲۰۱۱). عبارت بودند از:

۳-۳-۱- طول ساقچه و طول ریشه چه

در این آزمون به منظور برآورد طول ساقه چه و ریشه چه گیاهچه های عادی حاصل از بذور جوانه زده با استفاده از خط کش مدرج برحسب سانتی متر اندازه گیری شد. بدین صورت تعداد ۱۰ گیاهچه به صورت تصادفی از هر تکرار انتخاب و اندازه گیری شد (قاسمی گلعدانی و دلیل، ۱۳۹).

۳-۳-۲- سرعت جوانه زنی GR

سرعت جوانه زنی بذرها با استفاده از روش ماگوئر *Maguire* محاسبه شد که برابر با مجموع نسبت $\frac{Ni}{Ti}$ است که در آن Ni تعداد بذرهای جوانه زده در هرروز و Ti تعداد روزهای پس از کاشت (روز اول تا پانزدهم) از فرمول (۱-۳) به دست آمد (ماگوئر، ۱۹۶۲).

$$GR = \sum \frac{Ni}{Ti} \quad \text{فرمول (۱-۳)}$$

۳-۳-۳- درصد نهایی جوانه‌زنی GP

شمارش تعداد بذره‌های جوانه‌زده به‌طور روزانه در پانزده روز متوالی ارزیابی و یادداشت گردید. ظهور ریشه‌چه به‌اندازه دو میلی‌متر به‌عنوان معیاری برای جوانه‌زنی بذر در نظر گرفته شد درصد نهایی جوانه‌زنی با استفاده از شمارش تعداد نهایی بذور جوانه‌زده در هر تکرار از آزمایش و اخذ میانگین از اعداد به‌دست‌آمده محاسبه و از فرمول (۲-۳) گزارش گردید (سوهانی، ۱۳۷۵).

$$GP = (N \times 100) / M \quad \text{فرمول (۲-۳)}$$

N = تعداد بذر جوانه‌زده تا روز

M = تعداد کل بذور کشت‌شده

۳-۳-۴- طول گیاهچه

تعداد گیاهچه‌های عادی و غیرعادی بر اساس معیارهای انجمن بین‌المللی آزمون بذر (ISTA) تعیین شد (آوسا، ۱۹۸۶). بر اساس تقسیم‌بندی انجمن متخصصان رسمی بذر (آوسا، ۱۹۸۶) گیاهچه‌های غیرعادی شامل گیاهچه‌های بدون سیستم ریشه اولیه، یا ریشه‌های ثانویه ضعیف، دارای لکه‌های نکروزه در بافت و گیاهچه‌های دارای جوانه انتهایی آسیب‌دیده یا یک لپه از بین رفته در نظر گرفته شدند. طول گیاهچه‌های عادی از نوک طویل‌ترین بخش ریشه‌چه تا طویل‌ترین بخش ساقه با استفاده از خط کش با دقت ۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شد و بر اساس سانتی‌متر گزارش گردید.

۳-۳-۵- وزن خشک گیاهچه

گیاهچه‌های حاصل از آزمون رشد گیاهچه در هر تکرار و هر تیمار در داخل آون ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک شدند و سپس با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم نمونه‌ها توزین و وزن گیاهچه بر اساس گرم گزارش شد (آوسا، ۱۹۸۶).

۳-۳-۶- شاخص بنیه گیاهچه SVI

بر اساس داده‌های حاصل از رشد گیاهچه و آزمون جوانه‌زنی شاخص بنیه گیاهچه بر اساس فرمول (۳-۳) محاسبه گردید (قاسمی گل‌عدانی و دلیل، ۲۰۱۱).

فرمول (۳-۳) (درصد نهایی جوانه‌زنی $\times$ طول گیاهچه بر اساس سانتی‌متر) = شاخص بنیه گیاهچه

۳-۳-۷- اندازه‌گیری ضریب آلو متریک

برخی از منابع از این ضریب به‌عنوان نمایانگر نوعی از تحمل به تنش خشکی یاد نموده‌اند. اگرچه نسبت بین قسمت‌های هوایی و ریشه تحت کنترل ژنتیکی است ولی به‌طور شدیدی تحت تأثیر محیط هم هست. ضریب آلو متریک از میانگین وزن خشک‌ریشه چه نسبت به وزن خشک ساقه چه به دست آمد و از فرمول (۴-۳) محاسبه شد (اسمعیلی پور و مقدم، ۱۳۸۸).

فرمول (۴-۳) میانگین وزن خشک ساقه چه / میانگین وزن خشک ریشه چه = ضریب آلو متریک

۳-۴- صفات اندازه‌گیری شده در آزمایش مزرعه‌ای

بعد از اتمام رشد رویشی و در مرحله پایانی گلدهی گیاه، برداشت به‌صورت دستی صورت گرفت، نمونه‌برداری از سطح یک مترمربع و با رعایت اثر حاشیه‌ای از سه ردیف وسط هر کرت انجام شد و به آزمایشگاه جهت اندازه‌گیری صفات موردنظر انتقال یافت

۳-۴-۱- ارتفاع بوته

ارتفاع بوته از هر تکرار و هر کرت برحسب سانتی‌متر در ۱۰ بوته به‌طور تصادفی اندازه‌گیری و میانگین آن برای صفت مذکور ثبت گردید. برای اندازه‌گیری طول گیاه از نوک گیاه تا نوک ریشه با استفاده از خط کش میلی‌متری دقیق اندازه‌گیری گردید.

۳-۴-۲- تعداد کاپیتول در بوته

برای اندازه‌گیری تعداد کاپیتول در بوته از هر کرت ۱۰ بوته به‌طور تصادفی انتخاب و پس از شمارش تعداد کاپیتول در هر بوته میانگین آن‌ها برای هر کرت ثبت گردید.

۳-۴-۳- وزن خشک بوته

برای اندازه‌گیری وزن خشک، بوته‌ها در پاکت‌های کاغذی قرار گرفت. این پاکت‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۵ درجه قرار گرفتند. سپس وزن هر یک از تکرارها بعد از خروج از آون با ترازوی دیجیتالی (SCA-301) اندازه‌گیری شد (فرشید فر و همکاران، ۲۰۰۲).

۳-۴-۴- وزن خشک گل و قطر طبق

به‌منظور اندازه‌گیری وزن خشک گل، میانگین وزن خشک گل ۱۰ بوته اندازه‌گیری شد و بدین منظور نمونه‌های گیاهی به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد خشک و سپس با ترازوی دیجیتالی (SCA-301) با دقت یک‌هزارم گرم توزین انجام شد. قطر طبق توسط کولیس و برحسب سانتیمتر اندازه‌گیری و سپس میانگین‌گیری شد.

۳-۴-۵- وزن خشک ریشه

برای اندازه‌گیری وزن خشک ریشه تعداد ۱۰ بوته از هر تکرار و تیمار انتخاب شد و سپس ریشه‌ها آبشویی شدند تا گل‌ولای آن گرفته شود و در پاکت‌های کاغذی به مدت ۴۸ ساعت در آونی با دمای ۷۵ درجه

سانتی‌گراد قرار گرفته خشک شدند، سپس وزن هر یک از تکرارها بعد از خروج از آون با ترازوی دیجیتالی (SCA-301) با دقت ۰/۰۰۱ اندازه‌گیری شد و میانگین آن‌ها برای تجزیه آماری مورد استفاده قرار گرفت (فرشید فر و همکاران، ۲۰۰۲).

۳-۴-۶- وزن هزار دانه

برای اندازه‌گیری وزن هزار دانه نمونه بذور هر کرت به‌طور تصادفی انتخاب، توسط دستگاه بذر شمار، شمارش و به‌وسیله ترازوی با دقت ۰/۰۱ گرم وزن گردید و سپس وزن هزار دانه هر کرت محاسبه و میانگین آن ثبت شد (فرشید فر و همکاران، ۲۰۰۲).

۳-۴-۷- درصد روغن دانه

برای محاسبه درصد روغن دانه از دستگاه سوکسله استفاده شد و پس از طی مراحل لازم و کسر وزن شیشه‌ها باقیمانده برابر مقدار روغن موجود در یک گرم نمونه بود. ابتدا نمونه‌های موردنظر از هر کرت آسیاب شدند و مقدار ۳ گرم از هر نمونه داخل کاغذ صافی که قبلاً وزن شده بود قرار گرفت، سپس نمونه‌ها با کاغذ صافی به مدت ۲۴ ساعت در داخل آون ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد تا رطوبت موجود خود را از دست بدهد. پس از آن نمونه‌ها خشک‌شده بلافاصله توزین و در داخل سوکسله قرار گرفتند. نمونه‌های موردنظر به مدت ۲ ساعت به‌وسیله حلال آلی پترولیوم اتر شسته شد و چربی آن کاملاً جدا گردید. پس از آن نمونه موردنظر دوباره به مدت نیم ساعت در دستگاه تقطیر قرار داده شد تا رطوبت آن گرفته شود، بالون‌ها به زیر هود منتقل شدند تا باقی‌مانده اتر از بین برود، سپس بعد از این مرحله نمونه‌ها توزین گردید و درصد روغن موجود در نمونه‌ها با استفاده از فرمول (۳-۵) زیر به دست آمد و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت (لندی و همکاران، ۲۰۱۲).

$$\text{فرمول (۳-۵)} \quad 100 \times (\text{وزن ثانویه بالون} - \text{وزن اولیه بالون}) = \text{درصد روغن دانه}$$

۳-۴-۸- پروتئین محلول

میزان پروتئین محلول گیاهیچه به روش برادفورد (Bradford, 1976) اندازه‌گیری و در طول‌موج ۵۹۵ با دستگاه طیف‌سنج UV-vis مدل ۲۱۰ LAMBDA EZ قرائت گردید. غلظت پروتئین برحسب میکروگرم بر گرم بافت تازه با استفاده از منحنی استاندارد محاسبه گردید.

۳-۴-۹- استخراج اسانس

عمل اسانس‌گیری با روش تقطیر با بخارآب به مدت سه ساعت و با استفاده از دستگاه کلونجر بر اساس فارماکوپه اروپا (۱۹۷۵) انجام شد (راچید و زاهیا، ۲۰۰۶). گل‌های جداشده از گیاه در سایه در دمای اتاق خشک شد. اسانس هر یک از تیمارها با استفاده از دستگاه کلونجر استخراج‌شده و سپس عملکرد اسانس محاسبه شد. جهت اسانس‌گیری از هر نمونه، ۱۰ گرم نمونه بعد از الک کردن به بالن ژوژه انتقال داده، روی آن ۵۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر ریخته شد. به‌طوری‌که ماده گیاهی به‌طور کامل در آب مقطر غوطه‌ور گردید. بالن ژوژه در محل گرم‌کن برقی قرار گرفت. بخارآب همراه با اسانس در بالن ژوژه به سمت لوله مبرد حرکت کردند. در لوله مبرد بخار و اسانس توسط آب سردی که جریان داشت، میعان یافته و به‌صورت مایع درآمدند و به‌تدریج در قسمت جمع‌کننده دستگاه انباشته شدند. اسانس در آب غیرقابل‌حل بود و از طرفی چگالی کمتری نسبت به آب داشت، پس به دلیل این ویژگی در قسمت جمع‌کننده، آب و اسانس از یکدیگر جدا شدند. اسانس در بخش بالایی یک‌فاز مجزا تشکیل داد و آب که سنگین‌تر بود در پایین قرار گرفت. سپس اسانس را داخل بطری‌های کوچک کدر که از قبل با ترازوی با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم وزن شده بودند جمع‌آوری و برحسب زده شد. سپس این بطری‌ها را دوباره وزن کرده و وزن اسانس در صد گرم گل خشک محاسبه شد و پس از محاسبه درصد وزنی اسانس در گل‌ها، عملکرد آن در واحد سطح (برحسب گرم در مترمربع) تعیین شد (آل سید و همکاران، ۲۰۰۰).

۳-۴-۱۰- عملکرد دانه

برای این منظور سطحی به مساحت یک مترمربع (با حذف حاشیه‌ها) برداشت و پس از جدا کردن دانه‌ها به‌طور کامل از کاه و کلش دانه‌های هر کرت به‌طور جداگانه و خشک شدن دانه‌ها در آون به‌وسیله ترازوی دیجیتالی با دقت یک‌دهم توزین گردید که برابر عملکرد دانه در مترمربع بود و به‌صورت گرم در مترمربع بیان شد.

۳-۴-۱۱- درصد فسفر برگ

برای اندازه‌گیری مقدار فسفر برگ ۱۰ بوته از هر کرت در مرحله رسیدگی کامل بوته‌ها به‌طور تصادفی انتخاب و به مدت ۴۸ ساعت در آون ۷۲ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. بعد از خشک شدن نمونه‌ها را از آون خارج و آسیاب نمودیم. درروش اندازه‌گیری به روش کالری متری، یک گرم از برگ‌های آسیاب و الک شده، پس از هضم به سوزاندن خشک با (HCl) با آب مقطر به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد. در ادامه کار ۵ میلی‌لیتر از هر نمونه برداشته شد و با ۵ میلی‌لیتر از محلول زرد (هیپتا مولیبدات به‌اضافه آمونیوم وانادات) مخلوط گردید و سپس با آب مقطر به حجم ۲۵ میلی‌لیتر رسانده شد. پس از نیم ساعت نمونه‌ها از کاغذ صافی عبور داده شد و عصاره حاصل با استفاده از اسپکترو فتومتر در طول‌موج ۴۷۰ نانومتر ابتدا استاندارد فسفر و سپس نمونه اصلی قرائت گردید (تنینگ اوف و هوبا، ۲۰۰۴).

۳-۴-۱۲- اندازه‌گیری فعالیت آنزیم پراکسیداز

برای اندازه‌گیری آنزیم پراکسیداز ۱۰ بوته از هر کرت در مرحله رسیدگی کامل بوته‌ها جدا و از برگ‌های گیاه جهت اندازه‌گیری استفاده گردید. برای اندازه‌گیری آنزیم پراکسیداز به ۱۰۰ میکرو لیتر عصاره آنزیم دو میلی‌لیتر بافر فسفات پتاسیم ۶۰ میلی مولار با $\text{pH} = 6$ ، ۰/۵ میلی‌لیتر گایاکول ۲۸ میلی مولار و ۰/۵ میلی‌لیتر H_2O_2 پنج میلی‌مولار اضافه کرده و در طول‌موج ۴۷۰ قرائت گردید. فعالیت آنزیمی به‌صورت

افزایش جذب در طول موج ۴۷۰ نانومتر در دقیقه به ازای هر میکروگرم پروتئین در عصاره آنزیمی محاسبه گردید (دراگانیک و همکاران، ۲۰۱۲).

۳-۴-۱۳- اندازه‌گیری فعالیت آنزیم کاتالاز

جهت استخراج آنزیم کاتالاز از روش کار و میشر (۱۹۷۶) استفاده شد. برای اندازه‌گیری آنزیم پراکسیداز ۱۰ بوته از هر کرت در مرحله رسیدگی کامل بوته‌ها جدا و از برگ‌های گیاه جهت اندازه‌گیری استفاده گردید. بدین منظور ۰/۰۵ گرم بافت تر از نمونه‌های برداشت‌شده، با استفاده از بافر فسفات ۰/۱ مولار با اسیدیت ۶/۸ به‌خوبی ساییده شد. اندازه‌گیری فعالیت کاتالاز در حجم نهایی ۳ میلی‌لیتر شامل بافر فسفات سدیم ۵۰ میلی‌مولار با اسیدیت ۷، پراکسید هیدروژن ۰/۴۵ مولار و عصاره آنزیمی انجام شد. واکنش با افزودن عصاره آنزیمی آغاز گردید و تغییرات جذب محلول واکنش نسبت به شاهد به‌وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۲۴۰ نانومتر به مدت ۱ دقیقه در فواصل زمانی ۱۰ ثانیه ثبت گردید. در نهایت فعالیت آنزیم کاتالاز بر اساس ضریب خاموشی (ϵ) برابر با $40 \text{ m M}^{-1}\text{Cm}^{-1}$ در دقیقه به ازای یک میلی‌گرم پروتئین بیان گردید.

۳-۴-۱۴- اندازه‌گیری مقدار پرولین

ابتدا به‌منظور تعیین پرولین و ۰/۵ گرم جوانه را در هاون چینی له کرده و به آن ۵ سی‌سی اتانول ۹۵ درصد اضافه گردید، رو شناور را در لوله‌آزمایش ریخته و جهت حذف ناخالصی آن دوباره با اضافه کردن ۵ سی‌سی اتانول ۷۰ درصد کاملاً له کرده به محتویات لوله‌آزمایش اضافه شد. سپس در دستگاه سانتریفیوژ به مدت ۱۵ دقیقه در دور ۱۵۰۰ ناخالصی‌های آن به‌طور دقیق جدا گردید. در این حالت این عصاره به‌عنوان عصاره پایه برای اندازه‌گیری پرولین مورد استفاده قرار گرفت (لالینا و همکاران، ۲۰۱۲). یک میلی‌لیتر از عصاره الکلی اشاره‌شده را با ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر رقیق نموده و ۱۵ میلی‌لیتر معرف نین هیدرین به آن اضافه شد سپس ۵ میلی‌لیتر اسید استیک گلاسیال به آن افزوده‌شده و مخلوط حاصله پس از به هم زدن، به مدت ۴۵

دقیقه در حمام آب جوش قرار داده شد. پس از بیرون آوردن از حمام آب جوش و خنک شدن آنها، ۱۰ میلی‌لیتر بنزن به هرکدام از نمونه‌ها افزوده‌شده و به‌شدت تکان داده شد تا پرولین وارد فاز بنزن شود. نمونه‌ها به مدت ۳۰ دقیقه به حال سکون رها شدند. استانداردهایی از پرولین (صفر تا ۰/۱ میکرو مول بر میلی‌لیتر) تهیه گردید و نهایتاً میزان جذب محلول‌های استاندارد و نمونه‌ها در طول موج ۵۱۵ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد (لالینا و همکاران، ۲۰۱۲).

۳-۴-۱۵- شاخص برداشت گل

شاخص برداشت، نسبت بین عملکرد اقتصادی به عملکرد بیوماس، بسته به اینکه عملکرد اقتصادی مدنظر گل باشد به‌صورت شاخص برداشت گل، از فرمول (۳-۶) محاسبه می‌گردد (امیری و همکاران، ۱۳۹۰).

$$\text{فرمول (۳-۶)} \quad 100 \times (\text{عملکرد بیوماس} / \text{عملکرد گل}) = \text{شاخص برداشت گل}$$

۳-۵- تجزیه واریانس و تحلیل داده‌ها

محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزارهای Excel و MSTAT C و مقایسه میانگین اثرات اصلی حداقل میانگین مربعات در سطح احتمال ۵ درصد با آزمون دانکن انجام گردید.

فصل چهارم

نتایج و بحث

۴-۱- آزمایش جوانه‌زنی

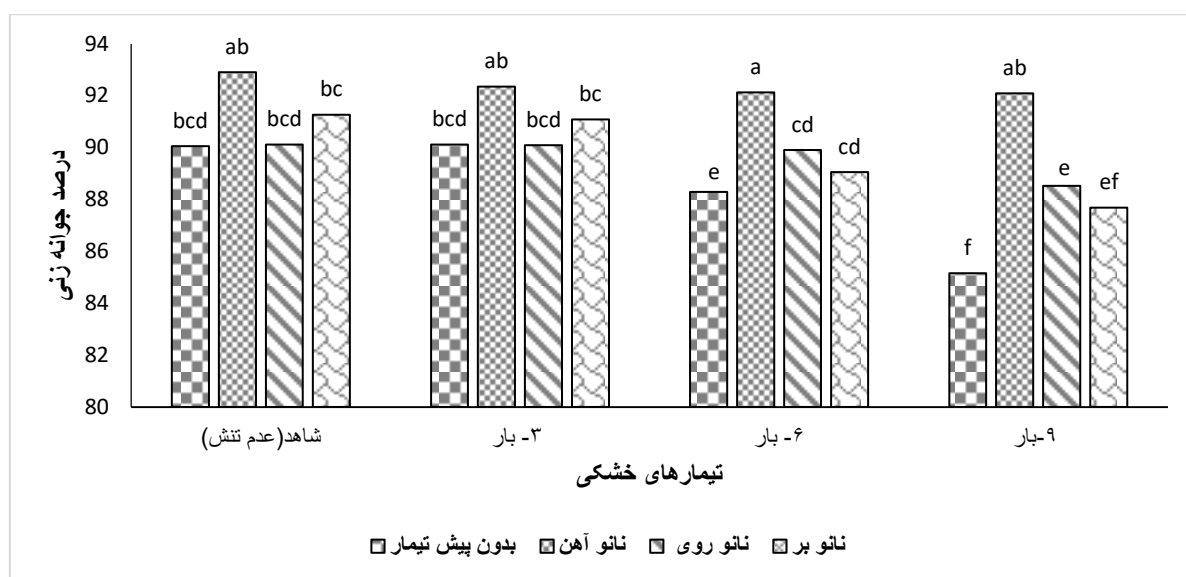
۴-۱-۱- آزمایش اول (تیمار با مواد نانو)

۴-۱-۱-۱- درصد جوانه‌زنی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در ارتباط با درصد جوانه‌زنی نشان داد که اثر متقابل فاکتورهای پرایمینگ و تنش خشکی بر روی این صفت از نظر آماری در سطح احتمالی ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۴-۱). بر اساس مقایسه میانگین‌ها درصد جوانه‌زنی با افزایش شدت تنش خشکی از ۳- تا ۹- بار کاهش یافت، با این حال در سطوح خشکی صفر، ۳- بار تفاوت معنی‌داری بین تیمارها وجود نداشت ولی بیشترین کاهش در تنش خشکی ۹- بار در تیمار شاهد (بدون پیش تیمار) به میزان ۸۵/۱۵ درصد حاصل گردید که تفاوت معنی‌داری با سایر سطوح خشکی و تیمارهای پرایمینگ داشت (شکل ۴-۱). علی‌رغم اینکه بیشترین مقدار درصد جوانه‌زنی در پرایمینگ با نانو اکسید آهن بود ولی در بین سطوح خشکی تفاوت آماری معنی‌داری در این تیمار مشاهده نشد. استفاده از نانو کود آهن در تنش ۶- و ۹- بار باعث افزایش معنی‌دار درصد جوانه‌زنی نسبت به تیمار بدون پیش تیمار و سایر تیمارهای پرایمینگ به میزان ۱۶ درصد شد که بیانگر اثر مثبت پیش تیمار نانو آهن در افزایش درصد جوانه‌زنی هست (جدول ۴-۲). همچنین در تنش خشکی ۶- بار پرایمینگ با نانو اکسید روی و بر باعث افزایش معنی‌دار درصد جوانه‌زنی نسبت به تیمار بدون پیش تیمار شد ولی بین این دو تیمار تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۴-۱). در تنش خشکی ۹- بار پرایمینگ با نانو اکسید روی نیز باعث افزایش معنی‌دار درصد جوانه‌زنی نسبت به تیمار بدون پیش تیمار شد ولی بین تیمار نانو اکسید بر و تیمار بدون پیش تیمار تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۴-۱).

غنی و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که سطوح مختلف خشکی ناشی از پلی‌اتیلن گلیکول بر درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و طول ریشه‌چه تأثیر معنی‌داری دارد. به‌طوری‌که با کاهش پتانسیل آب، درصد و سرعت جوانه‌زنی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت، که این آزمایش مطابق با نتیجه آزمایش حاضر می‌باشد. در آزمایش‌های انجام‌شده توسط شاهوردی و همکاران (۲۰۱۷) روی بذرهاستویا، افزایش سرعت و درصد

جوانه‌زنی بذرهای پرایم شده با آهن مشاهده شده است که با یافته‌های این تحقیق مبنی بر تأثیر مثبت پرایمینگ بر سرعت و درصد جوانه‌زنی بذرهای هم‌خوانی دارد. در طول پرایمینگ، جنین نمو پیدا کرده و آندوسپرم را فشرده می‌سازد که نیروی فشار جنین و فعالیت‌های هیدرولتیکی دیواره‌های سلولی آندوسپرم و فضای ایجادشده داخل بذر پرایم شده ممکن است بیرون آمدن ریشه و میزان جوانه‌زنی را با تسهیل جذب آب تسریع کند. همچنین پرایمینگ با توسعه فاز دو از سه فاز جوانه‌زنی از طریق کوتاه نمودن مدت‌زمان سوخت‌وساز باعث تسریع جوانه‌زنی می‌شود (برادفورد مکاران، ۱۹۹۵). گزارش شده است که در بذرهای پرایم شده با ترکیبات ریزمغذی در شرایط تنش معمولاً درصد جوانه‌زنی افزایش یافته و یکنواختی بالایی در جوانه‌زنی بذرهای دیده می‌شود (شاهوردی و همکاران، ۲۰۱۷).



شکل (۴-۱) تأثیر اثر متقابل پیش تیمار بذر و تنش خشکی بر درصد نهایی جوانه‌زنی

حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین تیمارها بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد است

۴-۱-۱-۲- سرعت جوانه‌زنی

با توجه به نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در صفت سرعت جوانه‌زنی اثر متقابل تنش خشکی و پیش تیمار بذر در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۴-۱). سرعت جوانه‌زنی یکی از مهم‌ترین شاخص‌های ارزیابی

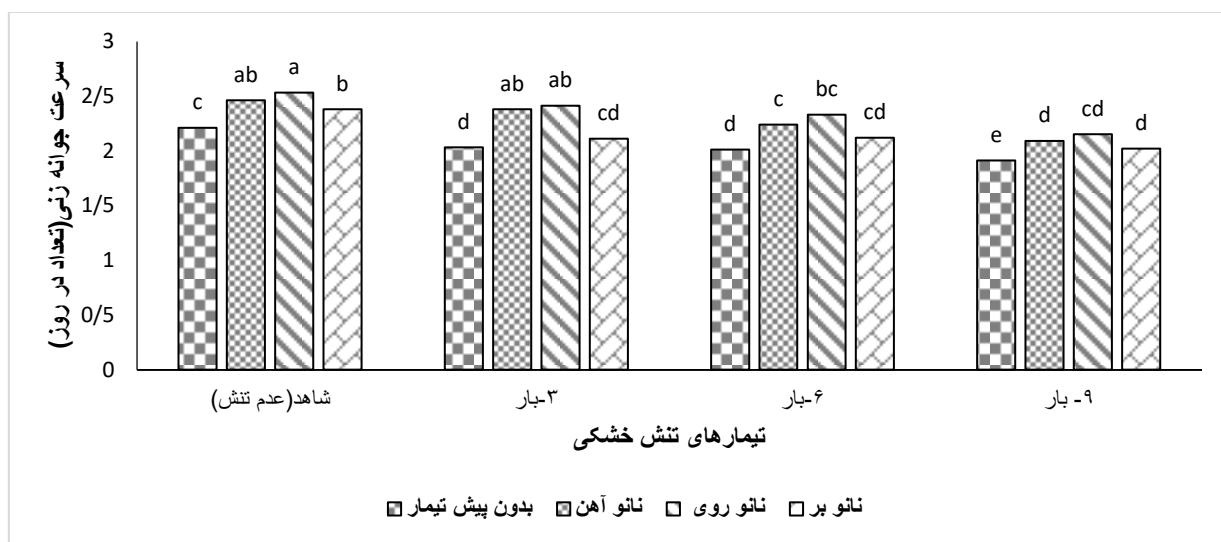
ارقام در تحمل به خشکی است. به طوری که ارقام با سرعت جوانه زنی بالا در شرایط تنش خشکی امکان سبز شدن سریع تری نسبت به سایر ارقام دارند (ویگات و همکاران، ۲۰۰۹).

با توجه به نتایج مقایسه میانگین ها اثر مثبت پیش تیمار بذر بر سرعت جوانه زنی در شرایط تنش خشکی مشهود است و افزایش سطوح خشکی باعث کاهش سرعت جوانه زنی می گردد (شکل ۴-۲). در کلیه سطوح خشکی پیش تیمار بذر با نانو اکسید آهن و روی نسبت به بدون پیش تیمار بذر باعث افزایش معنی دار سرعت جوانه زنی شدند. هرچند بین نانو اکسید آهن و روی اختلاف معنی داری مشاهده نشد و هر دو در یک گروه آماری قرار گرفتند. در کلیه سطوح خشکی کمترین سرعت جوانه زنی مربوط به بذور بدون پیش تیمار بود و کمترین مقدار آن در سطح خشکی ۹- بار مشاهده شد که تفاوت معنی داری با بذورهای تیمار شده داشت (شکل ۴-۲).

هاریس و همکاران (۲۰۰۱) گزارش کردند که پلی اتیلن گلیکول و کلرید سدیم ۱/۵ نرمال باعث کاهش معنی دار سرعت جوانه زنی شدند، که این موضوع حکایت از آن دارد که افزایش خشکی و شوری دارای اثر بازدارندگی بر جوانه زنی بذر است. به نظر می رسد این اثر ناشی از افزایش فشار اسمزی و کاهش جذب آب توسط بذر باشد که مطابق با نتایج این آزمایش است. در پژوهشی مشخص شد اگر جذب آب توسط بذر دچار اختلال گردد، فعالیت هوای متابولیکی جوانه زنی در داخل بذر به آرامی صورت خواهد گرفت در نتیجه زمان خروج ریشه چه از بذر افزایش و از این رو سرعت جوانه زنی کاهش پیدا می کند (برنات و همکاران، ۲۰۰۵).

اثرات مثبت پیش تیمار بذر بر شاخص های جوانه زنی درصد و سرعت جوانه زنی در مطالعات متعددی گزارش شده است. نتایج نشان داد که تنش خشکی سرعت جوانه زنی بذر را تحت تأثیر قرارداد و باعث تأخیر در زمان جوانه زنی و کاهش بذر جوانه زده در هر روز شد؛ اما پیش تیمار نانو اکسید روی توانست اثر تنش را تا حدودی جبران کند. اسمیکالیس و همکاران (۱۹۸۹) در آزمایش های خود نشان دادند که اگر تنش خشکی در مرحله نمو بذر سویا اتفاق افتد بنیه بذر سویا کاهش خواهد یافت. نتایج این آزمایش نشان داد که در مرحله جوانه زنی، تمرکز غلظت روی در ریشه چه و ساقه چه بیشتر بود. این نتیجه بیان کننده اهمیت وجود عنصر روی در مناطقی با فعالیت سوخت و ساز بالا (مناطق مریستمی) هست. همچنین کاکمک (۲۰۰۸)

معتقد است که افزایش میزان روی دانه قدرت جوانه‌زنی و رشد گیاهچه را در دانه افزایش می‌دهد و در نتیجه میزان بذر مصرفی در مزرعه کاهش می‌یابد. در حقیقت بالا بودن سرعت جوانه‌زنی می‌تواند در استقرار سریع بذور مؤثر واقع شود. اثر مثبت میزان روی دانه و سرعت جوانه‌زنی (شکل ۴-۲) نشان‌دهنده این مطلب است که عنصر روی نقش اساسی در تجمع مواد غذایی و نهایتاً تأمین این مواد برای افزایش رشد ریشه‌چه و سرعت جوانه‌زنی دارد.



شکل (۴-۲) اثر متقابل پیش تیمار و تنش خشکی بر سرعت جوانه‌زنی

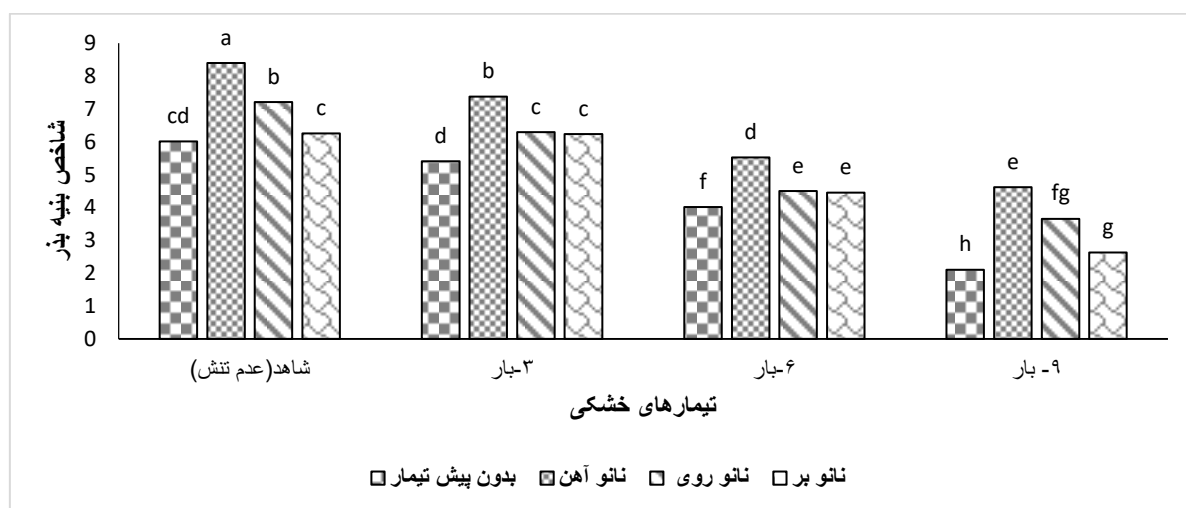
حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین تیمارها بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد است

۴-۱-۱-۳- شاخص بنیه بذر

بر اساس نتایج تجزیه واریانس اثر متقابل تیمارهای نانو کود و تنش خشکی بر شاخص بنیه بذر همیشه‌بهار در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۴-۱). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد با افزایش تنش خشکی میزان شاخص بنیه بذر کاهش یافت و در تمامی سطوح تنش خشکی و حتی در شرایط بدون تنش پیش تیمار بذر با نانو اکسید آهن به شاخص بنیه بذر تأثیر معنی‌داری داشت (شکل ۴-۳). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد در شرایط اعمال تنش بیشترین شاخص بنیه بذر مربوط به تیمار نانو اکسید آهن و در سطح خشکی ۳-بار بود و کمترین شاخص بنیه بذر در سطح خشکی ۹-بار مربوط به بذور بدون پیش تیمار بود (شکل ۴-۳). همچنین در کلیه سطوح خشکی تیمارهای نانو اکسید روی و بر نیز نسبت به بذور بدون

پیش تیمار باعث افزایش معنی‌دار شاخص بنیه بذر شدند ولی با همدیگر تفاوت معنی‌داری نداشتند (شکل ۳-۴). یکی از مهم‌ترین عوامل و معیارهای بنیه و قدرت بذر مقدار مواد ذخیره‌ای موجود در دانه است. بذر برای جوانه‌زنی، ظهور و استقرار گیاهچه های قوی و سالم احتیاج به انرژی دارد که باید به وسیله اکسیداسیون مواد ذخیره‌ای موجود در بذر تأمین شود. تغذیه عناصر معدنی شامل تأمین و جذب مواد غذایی برای رشد و تولید گیاهان زراعی است (معروفی و همکاران، ۲۰۱۱). با توجه به استفاده از عناصر ریزمغذی و در دسترس قرار دادن این عناصر در نزدیکی بذر، می‌توان گفت، افزایش قدرت بذر در این آزمایش در ارتباط با حضور این ترکیبات در دسترس بذر است (امجد و همکاران، ۲۰۰۷). بنیه گیاهچه یکی از مهم‌ترین صفاتی است که افزایش در میزان آن نشانه بارز افزایش کیفیت و قدرت جوانه‌زنی بذر است. همان‌طور که مشخص است این صفت از حاصل ضرب طول گیاهچه در درصد جوانه‌زنی به دست می‌آید و تیمارهایی که سبب افزایش طول گیاهچه و درصد جوانه‌زنی می‌شوند، بهبود بنیه یا قدرت جوانه‌زنی را نیز به دنبال دارند (غنی و همکاران، ۲۰۰۹).

بر اساس نتایج سعادت و همکاران (۱۳۹۴) در تأثیر پرایمینگ بذر با مواد ریز مغذی بر شاخص‌های جوانه‌زنی همیشه بهار بیشترین مقدار بنیه بذر با اعمال تیمار عنصر آهن مرتبط بود که با نتایج آزمایش حاضر مطابقت دارد.



شکل (۳-۴) اثر متقابل پیش تیمار و تنش خشکی بر شاخص بنیه بذر

حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین تیمارها بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد است

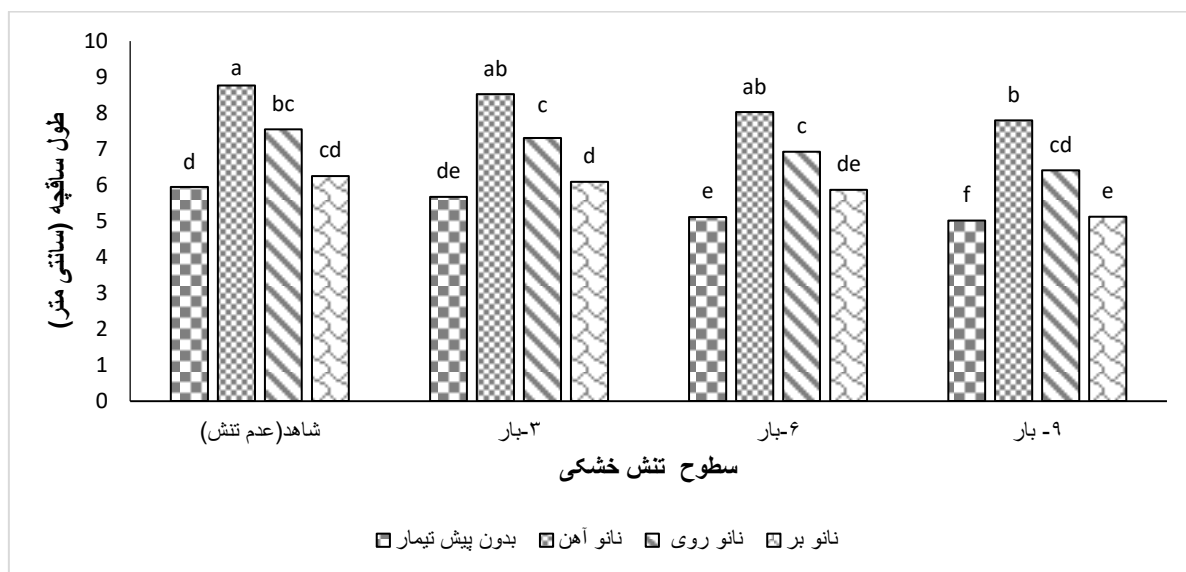
۴-۱-۱-۴- طول ساقه چه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر متقابل تنش خشکی و پیش تیمار بذر بر صفت طول ساقه چه در سطح احتمال یک درصد معنی‌داری بود (جدول ۴-۱). با توجه به مقایسه میانگین داده‌ها در کلیه سطوح آبیاری نرمال و تنش خشکی اعمال‌شده بیشترین طول ساقه چه در پیش تیمار بذر با نانو اکسید آهن مشاهده شد. با این حال طول ساقه چه در سطوح اعمال تنش خشکی از ۳- بار به ۹- بار در اثر پیش تیمار با نانو اکسید آهن در یک گروه آماری قرار گرفتند و اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد و کمترین مقدار طول ساقه چه در بذور بدون پیش تیمار در سطح خشکی ۹- بار مشاهده شد (شکل ۴-۴). در کلیه سطوح خشکی بین پیش تیمار با نانو اکسید آهن، نانو اکسید روی و نانو بر اختلاف معنی‌داری مشاهده شد و می‌توان از نظر تأثیر بر طول ساقه چه نانو اکسید روی را در مرتبه دوم تأثیر قرارداد و کمترین تأثیر را نانو بر در این صفت داشت (شکل ۴-۴).

با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها طول ساقه چه بین بذور بدون پیش تیمار و بذور تیمار شده با نانو اکسید بر فقط در سطح خشکی ۹- بار تفاوت معنی‌دار مشاهده شد ولی در سایر سطوح خشکی بین این دو تیمار تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد و در یک گروه آماری قرار داشتند (شکل ۴-۴).

گزارش شده است که بهبود شرایط تغذیه‌ای گیاه و نقش مثبت آهن در فتوسنتز و عملکرد نظام‌های نوری می‌تواند در افزایش شاخص‌های رشد گیاه مؤثر باشد. همچنین روی یکی از عناصر مهم و مؤثر در سنتز هورمون اکسین می‌باشد. اکسین با افزایش رشد طولی سلول موجب افزایش رشد سلول و طویل شدن رشد ریشه و ساقه می‌شود (لاویر و راسکار، ۲۰۱۴).

گزارش شده است که در حضور عنصر روی ساخت هورمون‌ها از جمله اکسین افزایش می‌یابد (کاک مک، ۲۰۰۸). بنابراین به نظر می‌رسد افزایش اکسین بذر همراه با حضور عنصر روی باعث افزایش رشد ساقه چه شده است.



شکل (۴-۴) - اثر متقابل پیش تیمار و تنش خشکی بر طول ساقچه

حروف مشابه نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار بین تیمارها بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد است.

۴-۱-۱-۵- طول ریشه چه

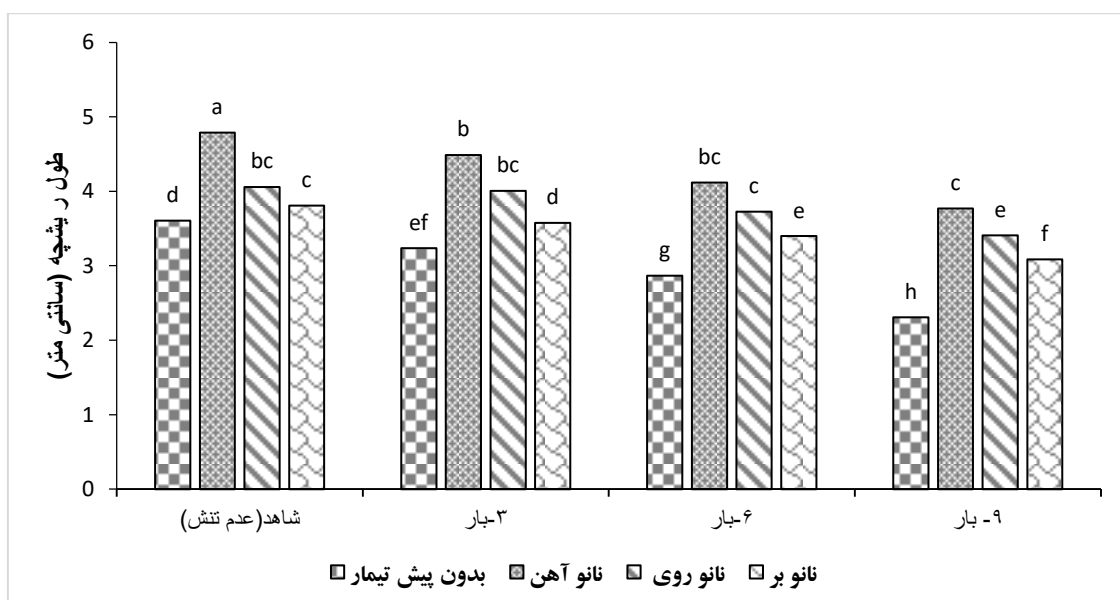
نتایج تجزیه واریانس داده ها نشان داد اثر متقابل پیش تیمار بذور و تنش خشکی از نظر طول ریشه چه در سطح احتمال یک درصد معنی داری است (جدول ۴-۱). مقایسه میانگین ها نشان داد با افزایش شدت تنش خشکی طول ریشه چه در سطوح مختلف پیش تیمار بذور نسبت به شرایط عدم تنش (شاهد) کاهش داشت. (شکل ۴-۵). کمترین مقدار طول ریشه چه در سطح خشکی ۹-بار در بذور بدون پیش تیمار مشاهده شد که تفاوت معنی داری با سایر تیمارها داشت همچنین بیشترین طول ریشه چه در آبیاری نرمال (عدم تنش) در بذورهای تیمار شده با نانواکسید آهن مشاهده شد (شکل ۴-۵).

در سطوح خشکی ۳-بار و ۶-بار از نظر آماری بین تیمارهای نانو اکسید آهن و روی تفاوت معنی داری وجود نداشت و هر دو تیمار باعث افزایش معنی دار طول ریشه چه نسبت به بذور بدون پیش تیمار شدند ولی با افزایش سطح خشکی به ۹-بار هر سه تیمار پرایمینگ باعث افزایش معنی دار طول ریشه چه نسبت به بذور

بدون پیش تیمار شدند و بیشترین طول ریشه‌چه در اثر تیمار نانو اکسید آهن به دست آمد که تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارهای پرایمینگ داشت (شکل ۴-۵).

آماده‌سازی بذر با نانو اکسید آهن به علت تغییرات متابولیکی و بیوشیمیایی که اتفاق می‌افتد و افزایش فعالیت پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها و آنزیم‌ها منجر به جوانه‌زنی سریع و افزایش ظهور ریشه‌چه شده و با افزایش متابولیسم و نفوذپذیری سلول‌ها نسبت به آب و مواد غذایی سبب تحریک ریشه‌زایی می‌شود (اوزترک و همکاران، ۲۰۰۶)؛ که به نظر می‌رسد این اثرات افزایشی به دلیل تولید فیتوهورمون‌ها (اکسین‌ها، سیتوکینین‌ها، جیبرلین‌ها و غیره) و افزایش دسترسی گیاه به عناصر، افزایش فراهمی عناصر غذایی و یا افزایش تحرک و قابلیت جذب آن عناصر، توسعه سیستم ریشه‌ای، فعالیت‌های آنزیمی نظیر ACC دآمیناز است (کایماک و همکاران، ۲۰۰۹).

بهبود شاخص طول ریشه‌چه در اثر پیش تیمار در مطالعات برخی محققین گزارش شده است. یکی از نقش‌های اساسی روی در جوانه‌زنی بذر، افزایش رشد ریشه‌چه است (کاکمک، ۲۰۰۸). با توجه به نتایج در کلیه سطوح خشکی تیمار نانو اکسید بر نیز باعث افزایش معنی‌دار طول ریشه‌چه نسبت به شاهد شد ولی در مقایسه با تیمار نانو اکسید روی و آهن تأثیر کمتری در افزایش طول ریشه‌چه داشت (جدول ۴-۴). عنصر بر در تنظیم طویل شدن سلول‌ها و یا تقسیم سلول‌ها نقش دارد، بر رشد ریشه‌چه و ساقه چه اثرگذار است (مختاری و همکاران، ۲۰۰۴). محققان گزارش کردند که کاربرد عنصر بر به‌صورت پرایمینگ و پوشش بذر برنج باعث بهبود رشد اولیه گیاهچه برنج گردید (رحمانی و همکاران، ۲۰۱۲).



شکل (۴-۵) اثر متقابل پیش تیمار و تنش خشکی بر طول ریشه‌چه

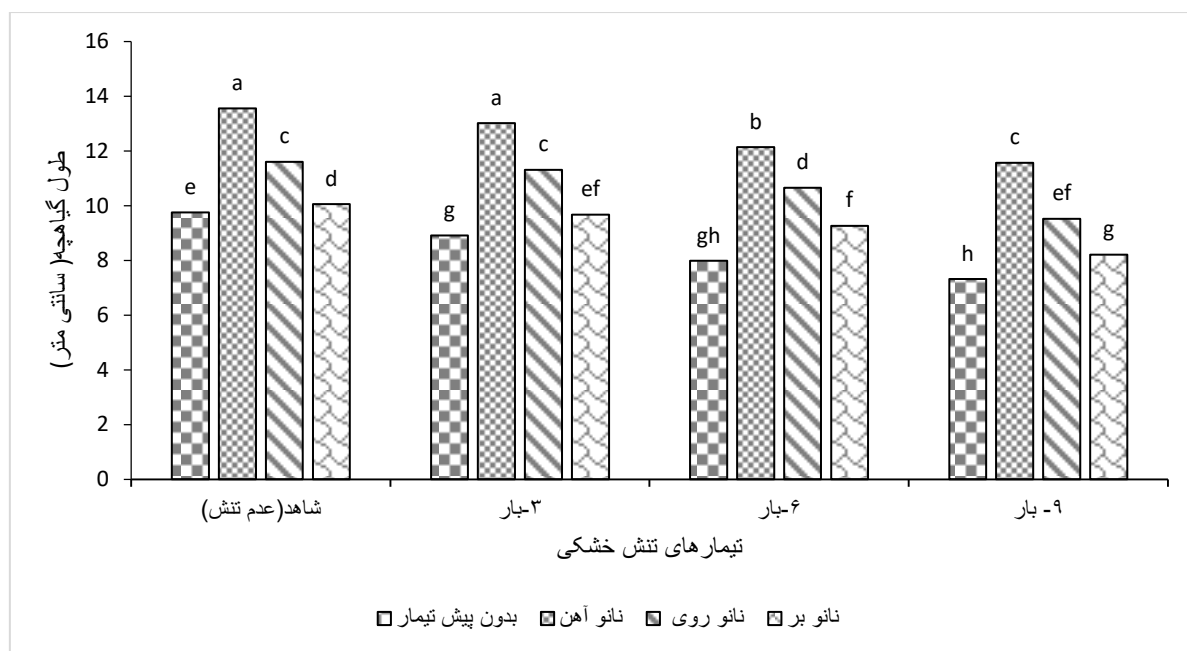
حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین تیمارها بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد است

۴-۱-۱-۶- طول گیاهچه

طبق نتایج تجزیه واریانس، اثر متقابل پیش تیمار و تنش خشکی از نظر طول گیاهچه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۴-۱). با توجه به مقایسه میانگین‌ها علی‌رغم تأثیر مثبت پرایمینگ برافزایش طول گیاهچه نسبت به بذور بدون پیش تیمار، با افزایش شدت تنش خشکی از ۳- به ۹- بار طول گیاهچه روند کاهشی دارد کم‌ترین طول گیاهچه در سطح خشکی ۹- بار و در بذور بدون پیش تیمار مشاهده گردید (شکل ۴-۶).

این چنین اثرات بازدارنده تنش خشکی ناشی از پلی‌اتیلن گلیکول بر رشد و شاخص بنیه وزنی گیاهچه با یافته‌های سواتی و همکاران (۲۰۱۷) در ماش همخوانی دارد. رشد سلول‌ها نسبت به کمبود آب از حساسیت بسیار بالایی برخوردار است و حتی با کاهش جزئی در قابلیت دسترسی به آب، سرعت رشد سلول‌ها کاهش می‌یابد، زیرا فرآیندهای مرتبط با رشد طولی گیاهچه در مرحله جوانه‌زنی نظیر فشار تورمی (تورژسانس) که نیروی لازم برای انبساط و طولی شدن سلول‌ها را فراهم می‌کند، در شرایط محدودیت آب به حد کافی وجود ندارد (فاروق و همکاران، ۲۰۰۹).

اثرات مثبت پرایمینگ با ریزمغذی‌ها در بهبود رشد گیاهچه‌های همیشه‌بهار و کاهش اثرات سوء تنش خشکی در مقایسه با شاهد کاملاً مشهود بود. به‌طوری‌که در کلیه سطوح خشکی بیشترین طول گیاهچه در اثر پیش تیمار با نانواکسید آهن به دست آمد که تفاوت معنی‌داری نسبت به بذور بدون پیش تیمار و سایر تیمارهای پرایمینگ دارد (شکل ۴-۶). در کلیه سطوح خشکی تیمارهای نانو اکسید روی و بر نیز به ترتیب در رتبه دوم و سوم تأثیر بر طول گیاهچه قرار داشته و نسبت به بذور بدون پیش تیمار باعث افزایش معنی‌دار طول گیاهچه شدند (جدول ۴-۴). نانو اکسید آهن با تأثیر بر سیستم‌های آنزیمی و نیز تنظیم سرعت واکنش‌های متابولیکی، به رشد و توسعه ساقچه کمک می‌کند (پریچ، ۱۹۷۰). از دیگر نقش‌های این عنصر فلزی، نقش آن در ایجاد یک سیستم دفاعی سلولی در برابر گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) است (مورآی، ۱۹۸۰). از طرف دیگر، روی نقش اساسی در حفاظت و نگهداری (استحکام) ساختمان غشاهای سلولی ایفا می‌کند (چاکماک و همکاران، ۱۹۹۹).



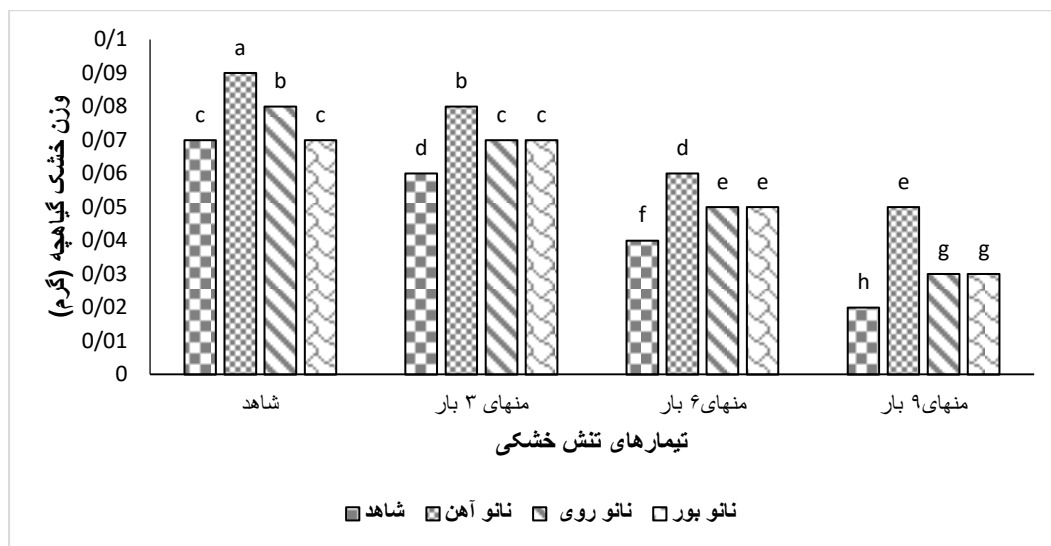
شکل (۴-۶) اثر متقابل پیش تیمار و تنش خشکی بر طول گیاهچه

حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین تیمارها بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد است.

۴-۱-۱-۷- وزن خشک گیاهچه

طبق نتایج تجزیه واریانس اثر متقابل پیش تیمار بذر و تنش خشکی بر وزن خشک گیاهچه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۴-۱). مقایسه میانگین‌های مربوط به اثر متقابل فاکتورها حکایت از کاهش معنی‌دار وزن خشک گیاهچه با افزایش سطوح خشکی دارد. کمترین وزن خشک گیاهچه در سطح خشکی ۹- بار و در بذور تیمار نشده مشاهده شد که نسبت به شرایط عدم تنش به مقدار ۷۲ درصد کاهش در وزن خشک گیاهچه مشاهده شد. درحالی‌که در هر سه نوع تیمار نانو کودی به‌کاررفته وزن خشک گیاهچه در مقایسه با بذور تیمار نشده به‌طور معنی‌داری بیشتر هست. در کلیه سطوح خشکی بیشترین وزن خشک گیاهچه در اثر پیش تیمار با نانو اکسید آهن به دست آمد که تفاوت معنی‌داری با بذور تیمار نشده داشت (شکل ۴-۷). نانو اکسید آهن موجب افزایش ضخامت دیواره سلولی در ساقه چه شده که سبب افزایش وزن خشک ساقه چه و درنهایت گیاهچه می‌گردد (الائور و حناچی، ۲۰۱۲). همچنین نتایج تحقیقات نشان داد کاربرد نانو آهن، با افزایش تولید کربوهیدرات‌ها، سرعت رشد، تقسیم سلولی و اندازه سلول، باعث افزایش در وزن خشک ساقه چه می‌شود (هیو و اسچمی هالتر، ۲۰۰۵).

در کلیه سطوح تنش خشکی مقادیر مربوط به وزن خشک گیاهچه در بذور تیمار شده به‌طور معنی‌داری بالاتر از بذور تیمار نشده بود که این امر حکایت از تأثیر معنی‌دار پیش تیمارهای مورد مطالعه در تقلیل تأثیر تنش خشکی بر روی این صفت دارد. نتایج به‌دست‌آمده با گزارش منصوری و امیدی (منصوری و امیدی، ۲۰۱۶). پیش تیمار با نانو اکسید روی و بر نیز باعث افزایش معنی‌دار وزن خشک گیاهچه نسبت به بذور تیمار نشده شد ولی این دو تیمار تفاوت معنی‌داری با همدیگر نداشتند (شکل ۴-۷). به نظر می‌رسد نانو اکسید روی به دلیل برخورداری از اندازه ذرات بسیار ریز و سطح ویژه بیشتر در مقایسه با سایر تیمارها، از مزیت بالاتری در جذب توسط سلول‌های بذری و انتقال بعدی برخوردار باشد (فاروق و همکاران، ۲۰۰۹).



شکل (۴-۷) اثر متقابل پیش تیمار و تنش خشکی بر وزن خشک گیاهچه

حروف مشابه نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار بین تیمارها بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد است

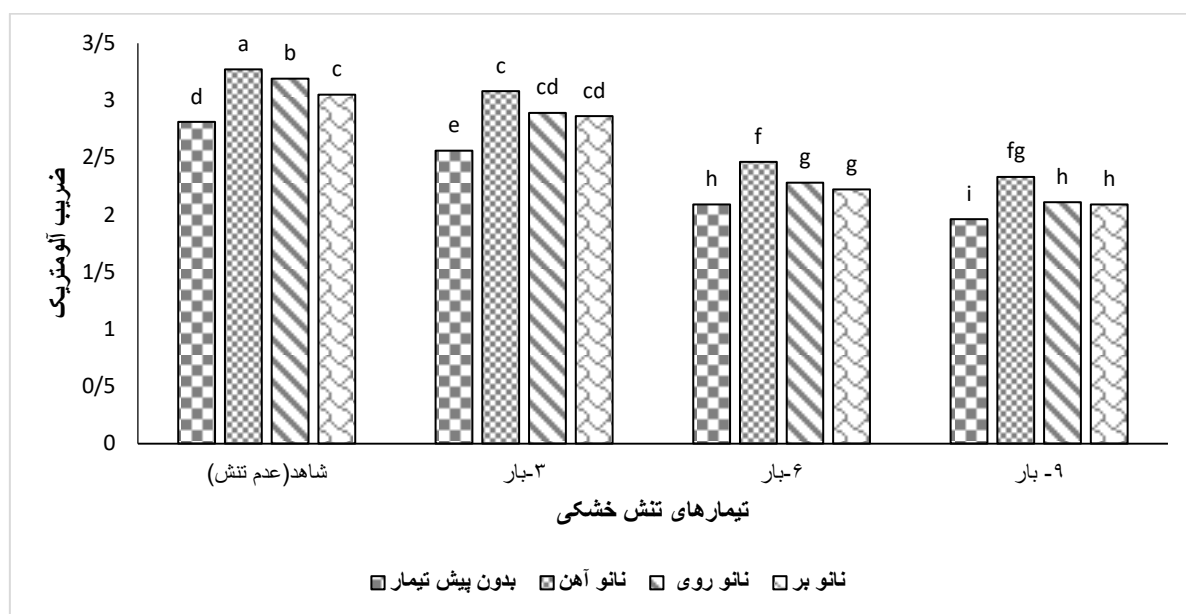
۴-۱-۱-۸- ضریب آلومتری

نتایج حاصل از تجزیه واریانس این آزمایش در بررسی ضریب آلومتری مشخص نمود، اثر متقابل پیش تیمار و تنش خشکی در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود. (جدول ۴-۱) بیشترین ضریب آلومتری در آبیاری شاهد در پیش تیمار با نانو اکسید آهن به میزان ۳/۲۷ درصد بود و کمترین ضریب آلومتری در سطح خشکی ۹- بار مربوط به بذور تیمار نشده بود که افت ۳۲ درصدی نسبت به شرایط عدم تنش داشت (شکل ۴-۸).

برخی از منابع از ضریب آلومتری به عنوان نمایانگر نوعی از تحمل به تنش ها یاد نموده اند که کاهش ضریب آلومتری به طور مستقیم نشان دهنده کاهش رشد ریشه چه و ماده خشک ریشه چه هست و به طور غیرمستقیم نشان دهنده تولید گیاهچه های ضعیف و بذورهای با بنیه پایین می باشد اگرچه نسبت بین قسمت های هوایی و ریشه تحت کنترل ژنتیکی است، ولی به طور شدیدی تحت تأثیر محیط هم قرار می گیرد (اسمعیلی پور و مقدم، ۱۳۸۸). با افزایش سطوح تنش خشکی از ۳- به ۹- بار ضریب آلومتری کاهش یافته ولی بیشترین درصد ضریب آلومتری در کلیه سطوح خشکی مربوط به پرایمینگ با نانو اکسید آهن هست که با سایر

تیمارهای پرایمینگ و بذور تیمار نشده تفاوت معنی داری دارد. بیشترین مقدار ضریب آلومتری در اثر پیش تیمار با نانواکسید آهن در سطح خشکی ۳- بار به دست آمد که تفاوت معنی داری با سایر سطوح خشکی داشت (شکل ۴-۸). در کلیه سطوح خشکی پیش تیمار با نانو اکسید روی و بر نیز باعث افزایش معنی دار ضریب آلومتری نسبت به بذور تیمار نشده شدند ولی بین این دوتیمار تفاوت معنی داری مشاهده نشد (شکل ۴-۸).

تخصیص ماده خشک تولیدشده هنگام جوانه زنی به دو قسمت ریشه چه و اندام های هوایی فرآیندی متغیر است که می تواند پتانسیل تولید محصول گیاه زراعی را تحت تأثیر خود قرار دهد (عبدالرحمنی و همکاران، ۱۳۹۰). محققان در بررسی اجزای جوانه زنی بذور کلزا و ماشک در شرایط تنش های محیطی دریافتند که تأثیر تنش بر ضریب آلومتریک معنی دار بود و با افزایش سطوح تنش از میزان ضریب آلومتریک کاسته شد (اسمعیلی پور و مقدم، ۱۳۸۸).



شکل (۴-۸) اثر متقابل پیش تیمار و تنش خشکی بر ضریب آلومتریک

حروف مشابه نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار بین تیمارها بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد است

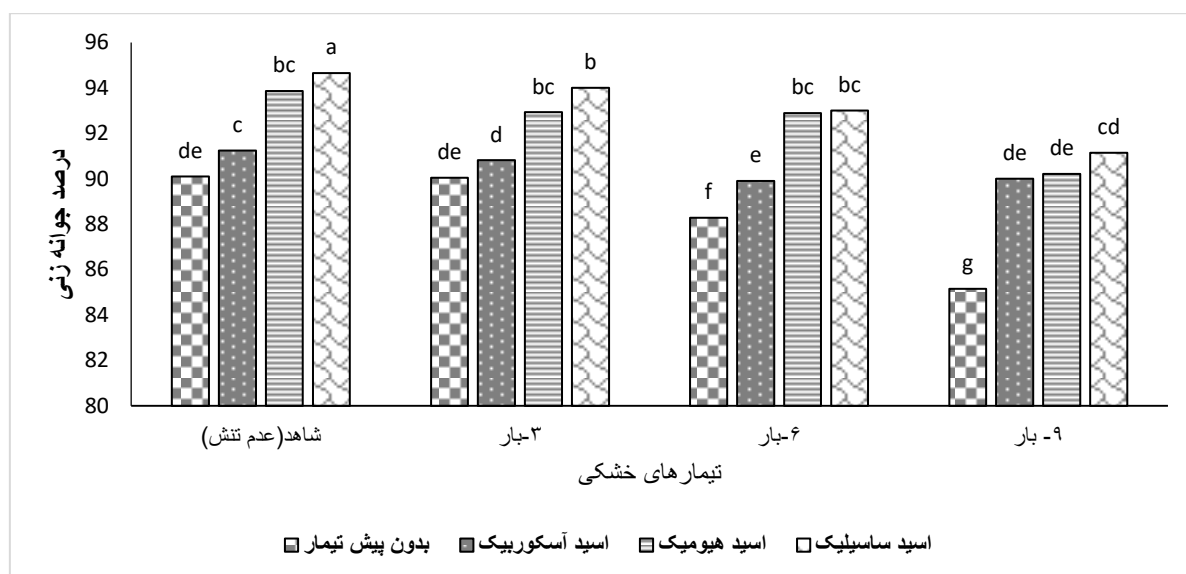
۴-۱-۲-آزمایش دوم (تیمار با مواد آلی)

۴-۱-۲-۱- درصد جوانه‌زنی

با توجه به نتایج تجزیه واریانس اثر متقابل پیش تیمار با مواد آلی و تنش خشکی در صفت درصد جوانه‌زنی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۴-۲). نتایج مقایسه میانگین در صفت درصد جوانه‌زنی نشان داد کمترین میزان درصد جوانه‌زنی در بذور تیمار نشده به مقدار ۸۵/۱۵ درصد، در سطح خشکی ۹ - بار و بیشترین درصد جوانه‌زنی در شرایط عدم تنش خشکی مربوط به پیش تیمار اسید سالیسیک (۹۴/۶۶ درصد) مشاهده شد (شکل ۴-۹). در سطوح تنش خشکی ۳- و ۶- بار اسید سالیسیک و اسید هیومیک بیشترین درصد جوانه‌زنی را داشتند و از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با همدیگر نداشتند. در سطح خشکی ۹- بار کلیه تیمارهای پرایمینگ باعث افزایش معنی‌دار درصد جوانه‌زنی نسبت به شاهد شدند ولی تفاوت معنی‌داری با همدیگر نداشتند (شکل ۴-۹).

اثرات مثبت پیش تیمار بذر بر شاخص‌های جوانه‌زنی، درصد جوانه‌زنی در مطالعات متعددی گزارش شده است. اثرات بهبوددهنده روش‌های مختلف پرایمینگ بذر در شرایط تنش‌های غیرزنده ممکن است با افزایش سنتز پروتئین در جنین، تعمیر و ساخت نوکلئیک اسیدها، افزایش فعالیت آنزیم‌های هیدرولتیک (افزایش کارایی متابولیسم مواد ذخیره‌ای بذر) و افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در بذرها پرایم شده همراه باشد که در نهایت منجر به افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی می‌گردد (شاهوردی و همکاران، ۲۰۱۷).

پرایمینگ سبب افزایش آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت از قبیل گلوکاتیون و آسکوربات در بذر می‌گردد که این آنزیم‌ها فعالیت پراکسیداسیون لیپید را طی جوانه‌زنی کاهش داده و باعث افزایش درصد جوانه‌زنی می‌شود (هاس و همکاران، ۱۹۹۷). به نظر می‌رسد اسید سالیسیک به عنوان یکی از ترکیبات سازگار به تنش و دارای نقش محوری در پیام‌رسانی سلولی، از طریق تأثیر در آنتی‌اکسیدان‌ها سبب کاهش اثر مخربی تنش خشکی شده و درصد جوانه‌زنی را افزایش داده است.



شکل (۴-۹) اثر متقابل پیش تیمار و تنش خشکی بر درصد جوانه زنی

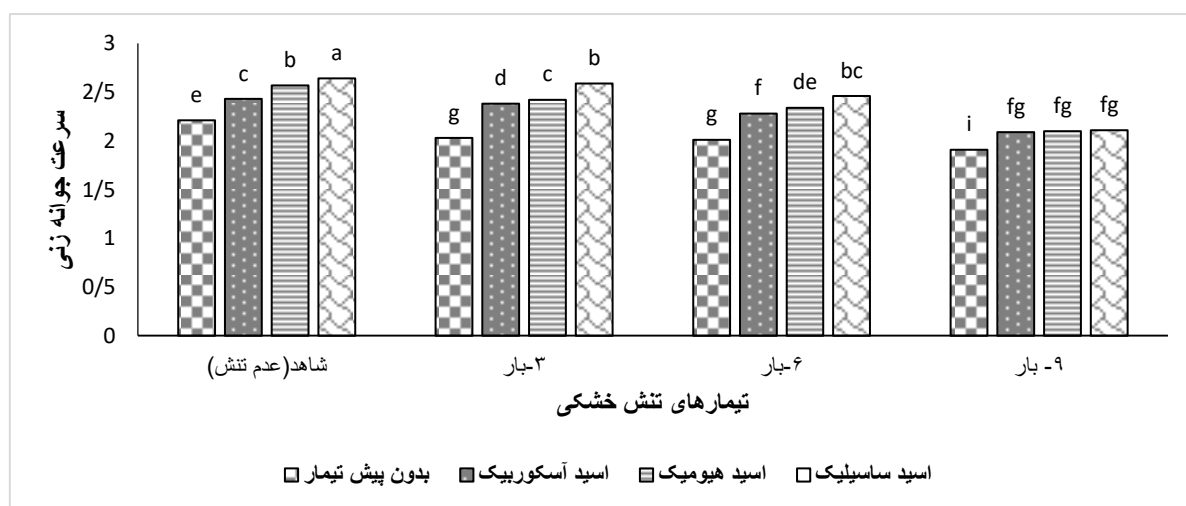
حروف مشابه نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار بین تیمارها بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد است.

۴-۱-۲-۲- سرعت جوانه زنی

با توجه به نتایج تجزیه واریانس داده ها، اثر متقابل پیش تیمار با مواد آلی و تنش خشکی بر سرعت جوانه زنی در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار بود (جدول ۴-۲). با توجه به مقایسه میانگین ها سرعت جوانه زنی با افزایش سطوح خشکی کاهش یافت به طوری که بیشترین سرعت جوانه زنی در شرایط آبیاری نرمال و تیمارهای پرایمینگ حاصل شد و کمترین سرعت جوانه زنی در سطح خشکی ۹-بار در بذور تیمار نشده مشاهده شد اعمال پرایمینگ در کلیه سطوح خشکی باعث افزایش معنی دار سرعت جوانه زنی نسبت به بذور تیمار نشده شد و بیشترین سرعت جوانه زنی در نتیجه پیش تیمار با اسید سالیسیلیک به دست آمد که تفاوت معنی داری با بذور بدون پیش تیمار داشت (شکل ۴-۱۰). اگرچه در سطح خشکی ۳-بار و ۶-بار تیمارهای اسید سالیسیلیک بیشترین سرعت جوانه زنی را نشان داد ولی از لحاظ آماری در یک گروه قرار دارند (شکل ۴-۱۰). در سطح خشکی ۹-بار هر سه تیمار پرایمینگ باعث افزایش معنی دار سرعت جوانه زنی نسبت به بذور بدون پیش تیمار شدند ولی از لحاظ آماری تفاوت معنی داری با یکدیگر نداشتند (شکل ۴-۱۰).

محققان طی آزمایشی بر روی گندم نشان داند که بذره‌های گندمی که در استیل سالیسیلیک اسید پیش تیمار شده بودند از مقاومت بیشتری در برابر تنش خشکی برخوردار بودند (همدا، ۲۰۰۱). عیسوند و همکاران (۲۰۱۵) در مطالعه دیگری نیز گزارش نمودند که هیدروپرایمینگ و هورمون پرایمینگ (با اسید جیبرلیک و سالیسیلیک ۱۰۰ پی پی ام) سرعت جوانه‌زنی بذر هویج را افزایش داد. طباطبایی (۲۰۱۴) گزارش نمودند که پرایمینگ بذر با اسید جیبرلیک و اسید سالیسیلیک سبب افزایش سرعت جوانه‌زنی بذر گندم شد.

همچنین با توجه به مقایسه میانگین‌ها در کلیه سطوح خشکی پیش تیمار با اسید هیومیک و اسید آسکوربیک نیز باعث افزایش معنی‌دار سرعت جوانه‌زنی نسبت به بذور تیمار نشده شدند (شکل ۴-۱۰). افزایش سرعت جوانه‌زنی در اثر کاربرد اسیدهیومیک با نتایج مصطفی و همکاران (۲۰۱۰) مطابقت دارد. همچنین بر اساس نتایج آزمایش کو (۲۰۰۶) تیمار لوبیا با اسیدهیومیک سرعت جوانه‌زنی بذور را به‌صورت معنی‌داری افزایش داد.



شکل (۴-۱۰) اثر متقابل پیش تیمار و تنش خشکی بر سرعت جوانه‌زنی

حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین تیمارها بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد است

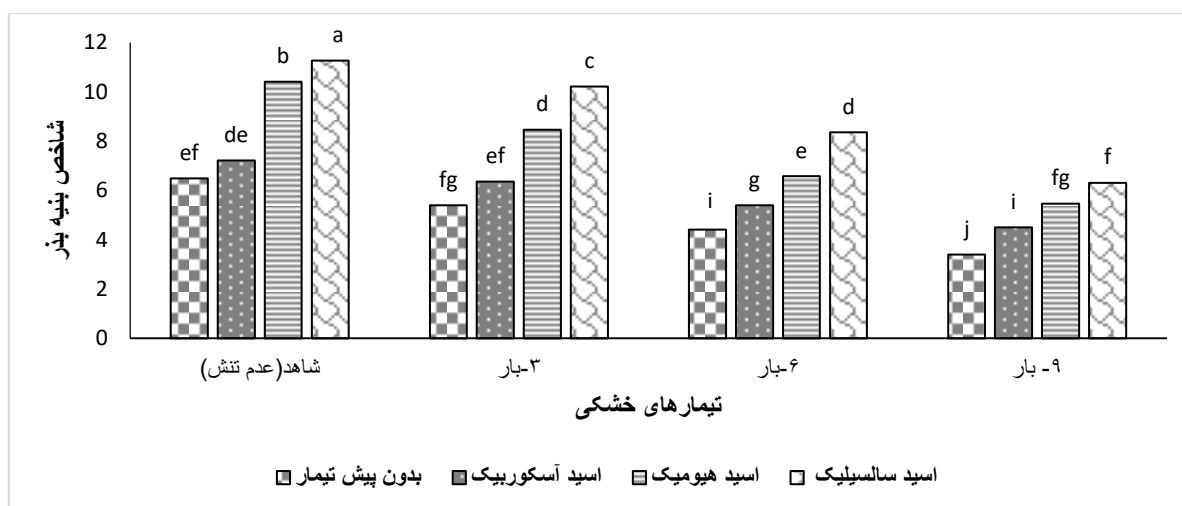
۴-۱-۲-۳- شاخص بنیه بذر

با توجه به نتایج تجزیه واریانس اثر اصلی تنش خشکی معنی‌دار نبود ولی اثر متقابل تنش خشکی و پرایمینگ بر بنیه بذر معنی‌دار بود (جدول ۴-۲). با توجه به مقایسه میانگین‌ها شاخص بنیه بذر که می‌تواند شاخصی برای توان بذر جوانه‌زده به‌منظور ادامه رشد باشد، با افزایش خشکی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. به‌طوری‌که کمترین شاخص بنیه بذر در سطح خشکی ۹- بار در بذور بدون پیش تیمار مشاهده شد (شکل ۴-۱۱).

در سطوح تنش خشکی ۳- و ۶- بار بیشترین شاخص بنیه بذر تحت تأثیر پیش تیمار اسید سالیسیک به دست آمد به‌طوری‌که بیشترین مقدار ۱۰/۲۲۲ در تنش ۳- بار دیده شد که تفاوت معنی‌داری با بذور تیمار نشده و سایر تیمارهای پرایمینگ داشت (شکل ۴-۱۱). در سطح خشکی ۹- بار بین تیمارهای اسید سالیسیک و اسید هیومیک تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد با این حال بیشترین مقدار شاخص بنیه بذر مربوط به کلیه پیش تیمارهای آلی بود که تفاوت معنی‌داری با بذور تیمار نشده در سطح خشکی ۹- بار داشت (شکل ۴-۱۱). بنیه بذر تابعی از طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و اندازه نهایی گیاهچه است، لذا با افزایش خشکی و کاهش این صفات شاخص بنیه بذر نیز کاهش می‌یابد. بنیه و قابلیت زیست دو عامل مهم تأثیرگذار بر استقرار گیاهچه، رشد و عملکرد گیاه به شمار می‌روند (حاجی خانی و همکاران، ۱۳۹۰).

همچنین در کلیه سطوح خشکی تیمار اسید هیومیک در رتبه دوم باعث افزایش معنی‌دار شاخص بنیه بذر نسبت به بذور تیمار نشده در همان سطح خشکی شد (شکل ۴-۱۱).

تنش‌های خشکی و شوری علاوه بر محدود کردن جذب آب توسط بذر با تأثیر روی سیالیت ذخایر و ساخت پروتئین‌های جنینی باعث کاهش جوانه‌زنی و بنیه بذر می‌شوند (ویگات و همکاران، ۲۰۰۹).



شکل (۴-۱۱) اثر متقابل پیش تیمار و تنش خشکی بر شاخص بنیه بذر

حروف مشابه نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار بین تیمارها بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد است

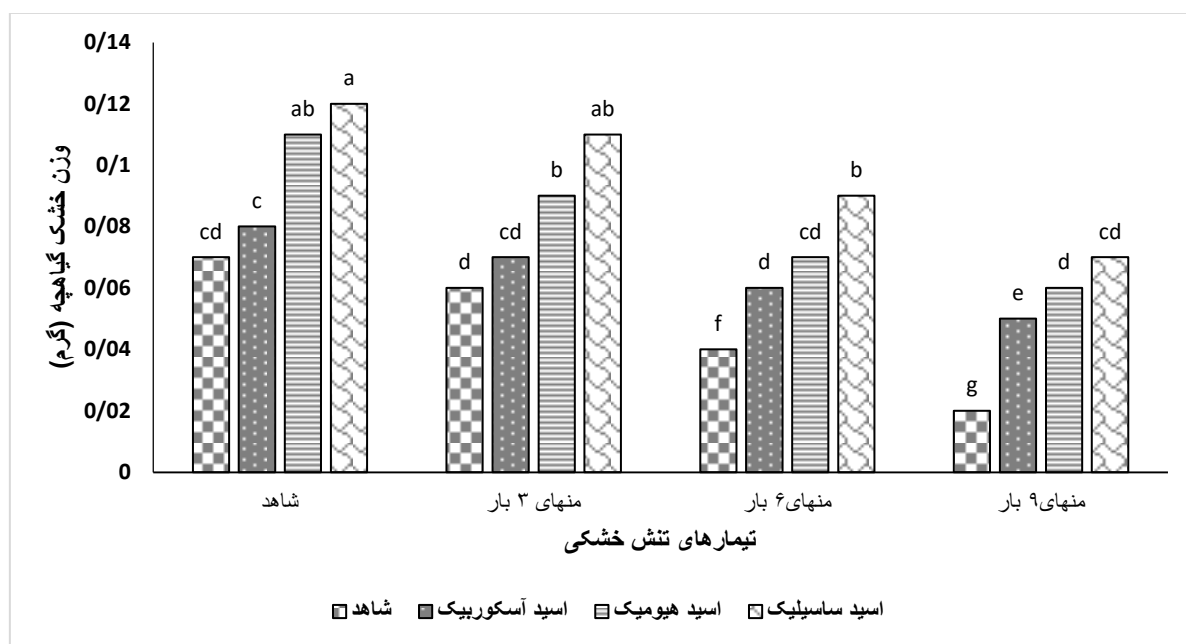
۴-۱-۲-۴- وزن خشک گیاهچه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل پیش تیمار بذر و تنش خشکی بر وزن خشک گیاهچه در سطح احتمال پنج درصد معنی دار بود (جدول ۴-۲). مقایسه میانگین‌های مربوط به اثر متقابل فاکتورها حکایت از کاهش معنی دار وزن خشک گیاهچه با افزایش سطوح خشکی دارد (جدول ۴-۳). در تمام سطوح خشکی بیشترین کاهش در وزن خشک گیاهچه در بذور تیمار نشده مشاهده شد.

در کلیه سطوح خشکی بیشترین وزن خشک گیاهچه در اثر پیش تیمار با اسید سالسیلیک و اسید هیومیک به دست آمد که تفاوت معنی داری نسبت به بذور تیمار نشده در همان سطح خشکی داشت، با این حال در کلیه سطوح خشکی به جز ۶-بار وزن خشک گیاهچه در اثر کاربرد اسید سالسیلیک و اسید هیومیک در یک گروه آماری قرار داشتند (شکل ۴-۱۲).

پیش تیمار با اسید آسکوربیک در سطوح خشکی ۳-بار و آبیاری نرمال تأثیر معنی داری بر وزن خشک گیاهچه نسبت به بذور تیمار نشده نداشت ولی در سطوح خشکی ۶-بار و ۹-بار باعث افزایش معنی در وزن خشک گیاهچه نسبت به بذور تیمار نشده شد (شکل ۴-۱۲). آزمایش روی بذر گوجه‌فرنگی و کاهو در پتری

دیش‌های حاوی هیومیک اسید تجزیه نشده، نشان داد که وزن تر مجموع گیاهچه ها و هر گیاهچه، همچنین کارایی جذب آب افزایش یافت (ورلیندن و همکاران، ۲۰۱۰).



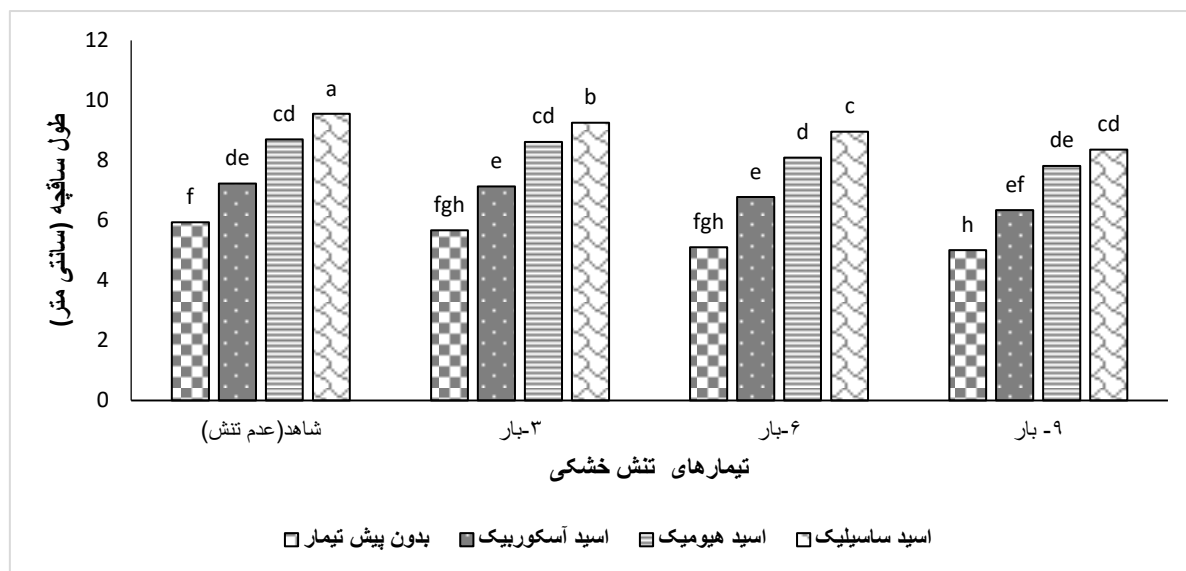
شکل (۴-۱۲) اثر متقابل پیش تیمار و تنش خشکی بر وزن خشک گیاهچه

حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین تیمارها بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد است

۴-۱-۲-۵- طول ساقه چه

با توجه به نتایج تجزیه واریانس اثرات متقابل پیش تیمار بذر و تنش خشکی از نظر طول ساقه چه معنی‌داری باهم داشتند (جدول ۴-۲). با توجه به مقایسه میانگین‌ها بیشترین طول ساقه چه در کلیه سطوح خشکی در پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک و کمترین طول ساقه چه در تنش خشکی ۹- بار و در بذور بدون پیش تیمار مشاهده شد (شکل ۴-۱۳). بیشترین طول ساقچه در شرایط آبیاری نرمال در اثر پیش تیمار با اسید سالیسیلیک بود همچنین با افزایش شدت تنش خشکی تیمار اسید سالیسیلیک نسبت به سایر تیمارها بیشترین طول ساقچه را نشان داد (شکل ۴-۱۳). در تنش خشکی ۹- بار بالینکه بیشترین طول ساقچه مربوط به اسید سالیسیلیک بود ولی از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با اسید هیومیک نداشت (شکل ۴-۱۳).

همچنین در کلیه سطوح خشکی پیش تیمار با اسید هیومیک و اسید آسکوربیک نیز باعث افزایش معنی‌دار طول ساقه چه نسبت به بذور تیمار نشده شد (شکل ۴-۱۳). آزمایش‌های مختلفی افزایش طول ساقه چه را در شرایط تیمار با اسید سالیسیلیک گزارش کرده‌اند در بین صفات مورد اندازه‌گیری طول ساقچه از حساسیت بیشتری نسبت به تنش برخوردار است (الوآر و هانچی، ۲۰۱۲). یکی از دلایل کاهش طول ساقه چه در شرایط تنش، کاهش یا عدم انتقال مواد غذایی از لپه‌ها به جنین است (دمیر و ماوی، ۲۰۰۴). احتمال داده می‌شود که اسید سالیسیلیک طولی شدن و تقسیم سلولی را به همراه مواد دیگری از قبیل اکسین تنظیم کند و با افزایش میزان تقسیم سلولی مریستم انتهایی ساقه اولیه سبب افزایش رشد طول ساقه چه می‌شود (چانگ و همکاران، ۲۰۱۰). آماده‌سازی بذرهای طالبی با محلول اسید سالیسیلیک با غلظت‌های ۵۰ و ۱۰۰ پی پی‌ام ۰/۷ و ۰/۳ میلی مولار منجر به افزایش طول ریشه‌چه و ساقه چه شد (اشرفی، ۱۳۸۸). محمدی و شکاری (۲۰۱۵) گزارش نمودند که پرایمینگ بذر عدس (هیدرو پرایمینگ و هورمون پرایمینگ با اسید سالیسیلیک) سبب افزایش طول ساقه و ریشه عدس شد. همچنین در کلیه سطوح خشکی پیش تیمار با اسید هیومیک و اسید آسکوربیک باعث افزایش معنی‌دار طول ساقچه نسبت به شاهد شده است (شکل ۴-۱۳).



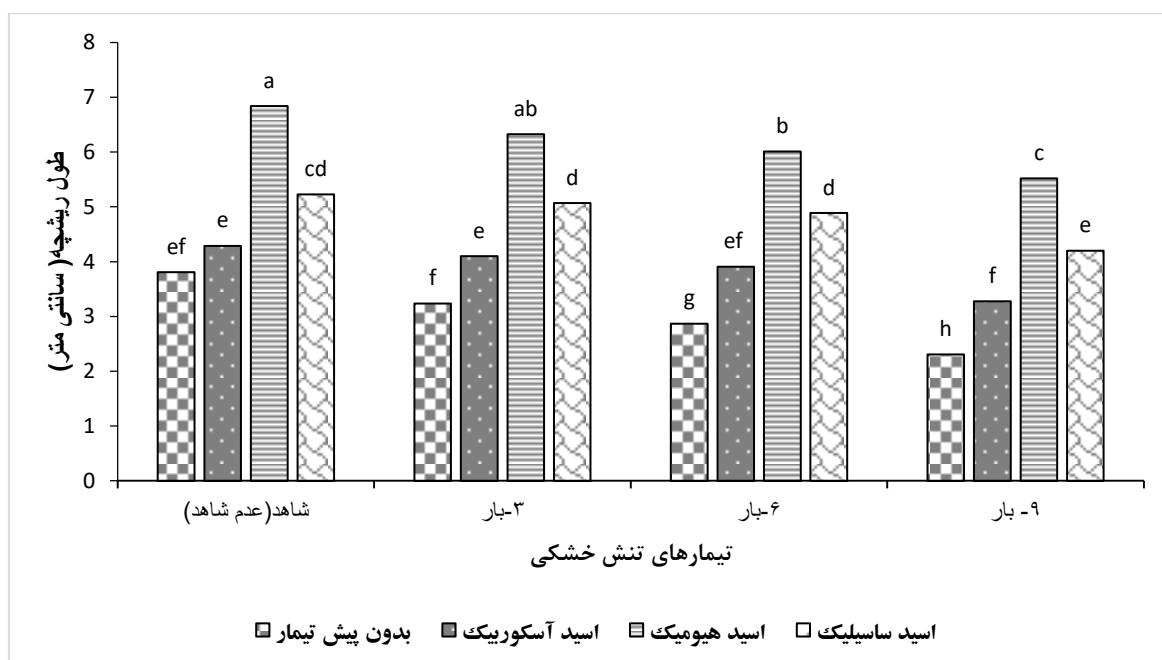
(شکل ۴-۱۳) اثر متقابل پیش تیمار و تنش خشکی بر طول ساقچه

حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین تیمارها بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد است

۴-۱-۲-۶- طول ریشه‌چه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات اصلی و متقابل پیش تیمار بذر و تنش خشکی از نظر طول ریشه‌چه در سطح احتمال یک درصد معنی‌داری بود (جدول ۴-۲). با مقایسه میانگین‌ها مشخص شد که با افزایش تنش خشکی اندازه ریشه‌چه روند کاهشی داشت و کمترین طول ریشه‌چه در تیمار عدم کاربرد پیش تیمار در سطح خشکی ۹- بار بود (شکل ۴-۱۴). در مطالعه اثرات متقابل تیمارها و تنش خشکی در کلیه سطوح خشکی پیش تیمار با اسید هیومیک، بیشترین طول ریشه‌چه و تفاوت معنی‌داری را نسبت به شاهد و سایر تیمارهای پرایمینگ داشت، علی‌رغم تأثیر مثبت اسید هیومیک بر طول ریشه‌چه در بین سطوح خشکی ۳- بار و ۶- بار تفاوت آماری معنی‌داری در این تیمار مشاهده نشد. همچنین برتری طول ریشه‌چه در سطح خشکی ۹- بار به‌طور معنی‌داری در اثر پیش تیمار با اسید هیومیک بود (شکل ۴-۱۴). با توجه به مقایسه میانگین‌ها در کلیه سطوح خشکی تیمارهای اسید سالیسیک و اسید آسکوربیک نیز باعث افزایش معنی‌دار طول ریشه‌چه نسبت به بذور تیمار نشده شدند (شکل ۴-۱۴).

کافی و همکاران (۲۰۱۰) بیان کردند که اسید سالیسیلیک با افزایش سرعت استفاده از مواد ذخیره‌ای بذر، موجب افزایش طول ریشه‌چه و ساقه چه می‌شود. در نتایج مشابه با این مطالعه، پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک در غلظت‌های ۰/۵ تا ۱ میلی مولار سبب بهبود شاخص‌های جوانه‌زنی و بنیه بذر در هر دو شرایط تنش و غیر تنش در گیاه سیاه‌دانه (کبیری و تقی زاده، ۲۰۱۵) و رازیانه (کبیری و همکاران، ۲۰۱۴) شد. تحقیقات نشان داده که ترکیبات نیتروژنی اسید هیومیک عامل اصلی افزایش رشد ریشه‌چه در گیاهچه‌های کاهو است (مصطفی و همکاران، ۲۰۱۰). بهبود شاخص طول ریشه‌چه در اثر پیش تیمار در مطالعات برخی محققین گزارش شده است. طی بررسی‌های انجام‌شده اسید هیومیک در غلظت ۵۴ میلی گرم در لیتر، سبب افزایش معنی‌دار در رشد ریشه‌چه و ساقه چه‌های گندم از طریق افزایش جذب آب و مواد غذایی شد (باسرا و همکاران، ۲۰۰۶). آزمایش‌های مختلف نشان داد که به کار بردن اسید هیومیک در سویا، بادام‌زمینی و شبدر، رشد ساقه، وزن خشک گره‌ها و به‌خصوص رشد ریشه را افزایش داد که با نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش مطابقت دارد (شکاری و همکاران، ۱۳۸۹).



شکل (۴-۱۴) اثر متقابل پیش تیمار و تنش خشکی بر طول ریشه‌چه

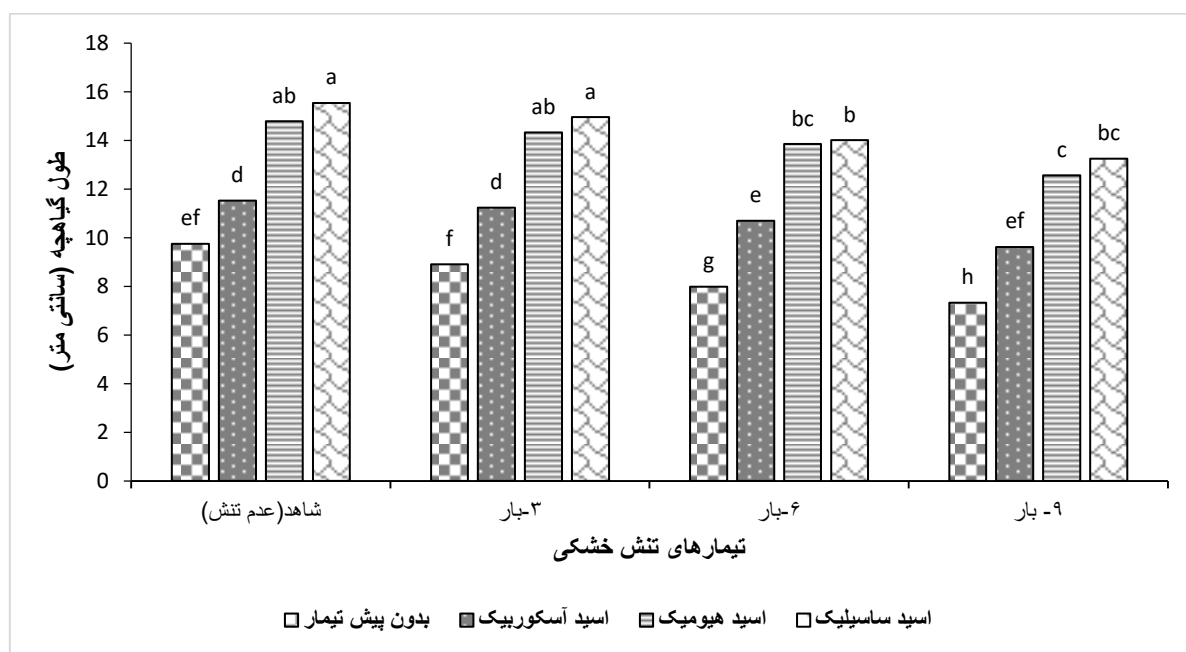
حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین تیمارها بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد است.

۴-۱-۲-۷- طول گیاهچه

طبق نتایج تجزیه واریانس اثر متقابل، پیش تیمار و تنش خشکی در صفت طول گیاهچه در سطح احتمال یک درصد معنی‌داری بود (جدول ۴-۲). با توجه به مقایسه میانگین‌ها با افزایش شدت تنش خشکی در تمامی سطوح خشکی کلیه تیمارهای پرایمینگ تأثیر مثبت معنی‌دار بر طول گیاهچه نسبت به بذور پیش تیمار نشده در همان سطح نشان دادند به‌طوری‌که با افزایش شدت تنش در سطح ۹-بار کاهش معنی‌داری در طول گیاهچه بذور پیش تیمار نشده به میزان ۲۴/۹۳ درصد مشاهده شد (شکل ۴-۱۵). بیشترین طول گیاهچه در شرایط آبیاری نرمال (شاهد) و ۳-بار در پیش تیمار با اسید سالیسیک مشاهده شد که با پیش تیمار اسید هیومیک در یک گروه آماری قرار داشتند ولی نسبت به بذور پیش تیمار شده با اسید آسکوربیک و بدون پیش تیمار دارای اختلاف معنی‌داری بودند (شکل ۴-۱۵). با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها در کلیه سطوح خشکی تیمار اسید آسکوربیک نیز باعث افزایش معنی‌دار طول گیاهچه نسبت به بذور بدون پیش تیمار شده است ولی تأثیر کمتری از اسید سالیسیک و اسید هیومیک بر طول گیاهچه داشت (شکل ۴-۱۵).

گزارش‌های متعددی نشان داده‌اند که پیش تیمار بذر در غلظت‌های مناسب تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی مانند اسید سالیسیلیک منجر به بهبود شاخص‌های جوانه‌زنی به‌ویژه در شرایط تنش خواهد شد (انصاری و شریف‌زاده، ۲۰۱۲ و آربوایی و همکاران، ۲۰۱۵). اثرات مثبت پرایمینگ با اسید سالیسیلیک در بهبود رشد گیاهچه‌های استویا و کاهش اثرات سوء تنش خشکی در مقایسه با شاهد کاملاً مشهود بود (علیرضا گری و همکاران، ۱۳۹۸).

بسرا و همکاران (۲۰۰۶) در تحقیقی که بر روی تقویت بذر برنج با پرایمینگ هورمونی انجام دادند، بیان کردند که پرایمینگ بذر برنج با اسید سالیسیلیک باعث افزایش سرعت جوانه‌زنی و طول گیاهچه آن شد. آماده‌سازی بذر با اسید هیومیک به علت تغییرات متابولیکی و بیوشیمیایی که اتفاق می‌افتد و افزایش فعالیت پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها و آنزیم‌ها منجر به جوانه‌زنی سریع و افزایش ظهور گیاهچه شده و با افزایش متابولیسم و نفوذپذیری سلول‌ها نسبت به آب و مواد غذایی سبب تحریک ریشه‌زایی می‌شود (مرادی و همکاران، ۱۳۸۹).



شکل (۴-۱۵) اثر متقابل پیش تیمار و تنش خشکی بر طول گیاهچه

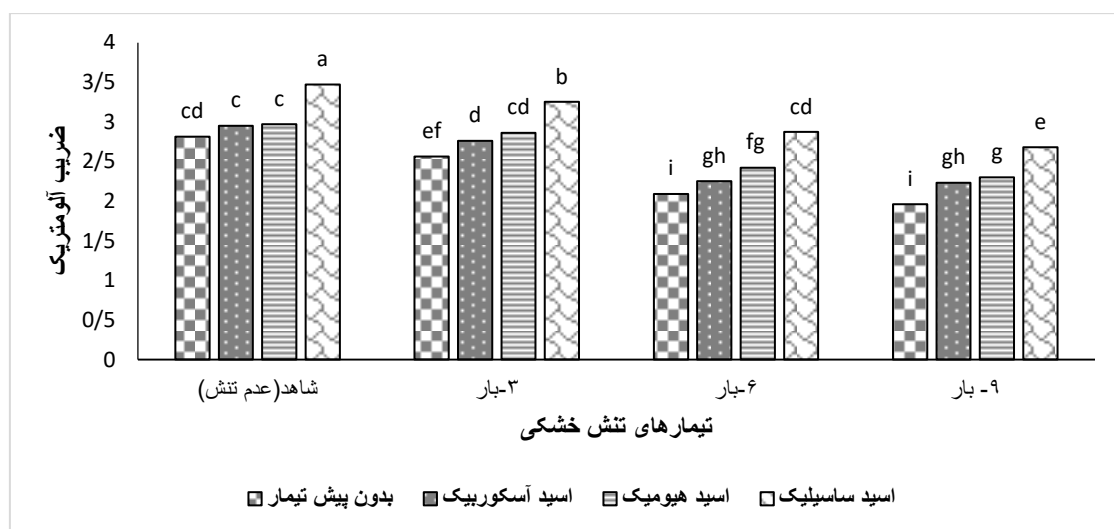
حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین تیمارها بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد است.

۴-۱-۲-۸-ضریب آلو متریک

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل پیش تیمار بذور و تنش خشکی بر ضریب آلو متریک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است (جدول ۴-۲).

با توجه به مقایسه میانگین‌ها با افزایش سطوح خشکی ضریب آلومتری کاهش می‌یابد ولی در کلیه سطوح خشکی تیمارهای پرایمینگ باعث افزایش معنی‌دار ضریب آلومتری نسبت به بذور بدون پیش تیمار شدند (شکل ۴-۱۶). در شرایط عدم تنش (آبیاری نرمال) و در تمام سطوح خشکی بیشترین ضریب آلومتری در اثر پرایمینگ با اسید سالیسیلیک به دست آمد که افزایش معنی‌داری نسبت به سایر تیمارهای پرایمینگ و بذور تیمار نشده داشت (شکل ۴-۱۶). در کلیه سطوح خشکی تیمارهای اسید هیومیک و اسید آسکوربیک نیز باعث افزایش ضریب آلومتری نسبت به بذور بدون پیش تیمار شدند با این حال این دو تیمار در تمام سطوح خشکی از نظر آماری در یک گروه قرار داشتند و تفاوت معنی‌داری با همدیگر نداشتند (شکل ۴-۱۶).

نسبت وزن خشک ریشه‌چه به وزن خشک ساقه چه بیانگر نوعی مکانیسم تحمل نسبت به تنش‌های محیطی است. هرچند که این نسبت تحت کنترل عوامل ژنتیکی است، ولی تا حدودی تحت تأثیر عوامل محیطی نیز قرار دارد (فرهودی و همکاران، ۲۰۱۱). محققان در بررسی اجزای جوانه‌زنی چغندر قند در شرایط تنش‌های محیطی دریافته‌اند که تأثیر تنش بر ضریب آلو متریک معنی‌دار بود و با افزایش سطوح تنش از میزان ضریب آلو متریک کاسته شد (حبیب، ۲۰۱۰).



شکل (۴-۱۶) اثر متقابل پیش تیمار و تنش خشکی بر ضریب آلو متریک
حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین تیمارها بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد است

۴-۱-۳- نتیجه‌گیری نهایی از دو فاز آزمایشگاهی (آزمایش اول و دوم)

در این بررسی هرچند تنش خشکی ناشی از پلی‌اتیلن گلیکول منجر به کاهش معنی‌دار شاخص‌های جوانه‌زنی گردید، اما تیمارهای مختلف پرایمینگ سبب تعدیل روند کاهشی پارامترهای جوانه‌زنی که با افزایش تنش خشکی حادث می‌شود، گردیدند (جدول ۴-۳ و ۴-۴).

بیشترین خسارت وارده به گیاهان در تیمار ۹-بار تنش خشکی ناشی از پلی‌اتیلن گلیکول مشاهده شد. کاهش رشد گیاهان در شرایط تنش بیانگر آن است که همیشه‌بهار دامن‌ه تحمل به خشکی پایینی دارد و استفاده از پیش تیمار مواد نانو و آلی باعث بهبود رشد و افزایش بهره‌وری گیاه می‌شود.

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از دو آزمایش جوانه‌زنی، با افزایش تنش خشکی، بیشترین درصد نهایی جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر، طول ساقه چه، وزن خشک گیاهچه، طول گیاهچه، ضریب آلومتریک، در اثر پیش تیمار با نانو اکسید آهن و اسید سالسیلیک به دست آمد. همچنین در آزمایش اول بیشترین سرعت جوانه‌زنی، در اثر پیش تیمار با نانو اکسید روی به دست آمد که تفاوت معنی‌داری با نانو اکسید آهن نداشت. همچنین در آزمایش دوم در صفات درصد جوانه‌زنی، وزن خشک گیاهچه و طول گیاهچه پیش تیمار با اسید سالسیلیک و اسید هیومیک باعث افزایش معنی‌دار این صفات نسبت به بذور تیمار نشده شد ولی این دو تیمار در یک گروه آماری قرار داشتند.

علت بهبود شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه را در این آزمایش باید در مکانیسم‌های تأثیر پیش تیمارها جستجو کرد. در این تیمارها که با جذب کنترل‌شده آب توسط بذر پیش از قرار گرفتن در بستر خود و در شرایط حاکم بر آن همراه است امکان تحقق‌بخش اعظمی از فرآیند جوانه‌زنی در شرایط مطلوب و به‌دوراز تنش فراهم می‌گردد. به دلیل طولانی شدن فاز دوم جذب آب در بذور تیمار شده به این روش امکان تحقق واکنش‌های متابولیکی مربوط به جوانه‌زنی و یا پیش‌شرط‌های مربوط به آن‌ها اعم از فعالیت‌های میتوکندری‌ها، سنتز اسیدهای آمینه‌ها، کاهش خسارت گونه‌های فعال اکسیژن و غیره به بهترین شکل ممکن فراهم می‌گردد؛ بنابراین با انجام تیمارهای پیش از کاشت موردبحث، بذر شروع فعالیت‌های متابولیکی

خود را در بهترین حالت ممکن انجام داده است و سپس در معرض شرایط تنش موجود در بستر خود، قرار می‌گیرد. بر این اساس شانس عبور از مراحل اولیه زندگی و ایجاد و استقرار گیاهچه در آن به شکل قابل توجهی افزایش می‌یابد. نتایج حاصل از آزمایش مربوط به تیمارهای نانو کودی و مواد آلی در شرایط خشکی نیز کاملاً اثبات‌کننده این موضوع می‌باشند.

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از آزمایش در مقایسه مواد مورد استفاده جهت پرایمینگ، پرایمینگ بذر با عناصر غذایی کم‌مصرف آهن و هورمون اسید سالیسیلیک نسبت به بذرهای تیمارهای نشده و سایر مواد مورد استفاده جهت پرایمینگ سبب بهبود درصد جوانه‌زنی، رشد اولیه ریشه‌چه، شاخص بنیه بذر، طول ساقچه، طول ریشه‌چه، طول گیاهچه و ضریب آلومتری در شرایط آبیاری نرمال و تنش گردید؛ بنابراین پیش تیمار بذر با عناصر ریزمغذی (نانو آهن) و اسید سالیسیلیک (۲۰۰۰ میکرو مول) می‌تواند به‌عنوان روشی آسان و کم‌هزینه در بهبود خصوصیات جوانه‌زنی همیشه‌بهار در شرایط نرمال و نیز تنش خشکی مؤثر واقع شود و از اثرات سوء ناشی از این تنش بکاهد.

۴-۲-آزمایش مزرعه‌ایی

۴-۲-۱-ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس ارتفاع بوته نشان داد اثر متقابل تنش خشکی و پرایمینگ بر ارتفاع گیاه همیشه‌بهار در سطح یک درصد معنی‌دار می‌باشد (جدول ۴-۵ الف). با توجه به مقایسه میانگین‌ها تیمارهای پرایمینگ باعث افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته نسبت به بذور بدون پیش تیمار در شرایط تنش خشکی و آبیاری نرمال شدند در شرایط آبیاری نرمال تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای پرایمینگ مشاهده نشد و همگی در یک گروه آماری قرار داشتند ولی بیشترین ارتفاع بوته در شرایط تنش خشکی به ترتیب در اثر تیمار با اسید سالیسیلیک و نانو اکسید آهن (به مقدار ۵۴/۳۵ سانتی‌متر با میانگین ۵۳/۰۱ سانتی‌متر) بود که تفاوت معنی‌داری بین این دو تیمار وجود نداشت (شکل ۴-۱۷). ولی بین تیمار سالیسیلیک و سایر تیمارها (به‌غیر از نانو کسید آهن) و شاهد تفاوت معنی‌داری وجود دارد بدین‌صورت مصرف اسید سالیسیلیک در تنش خشکی

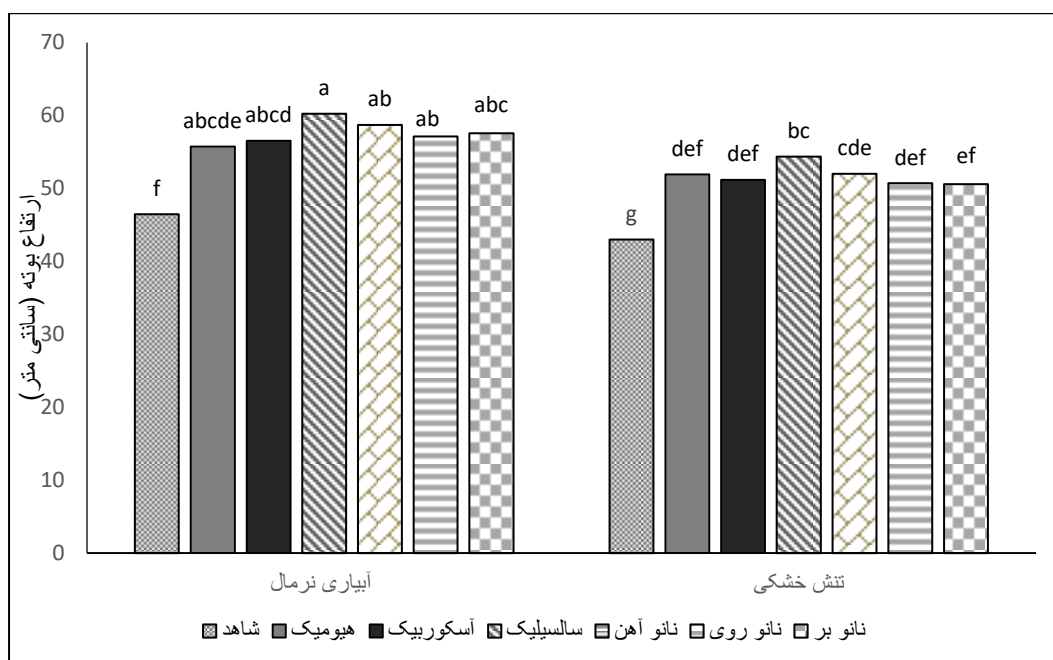
باعث افزایش ۲۰ درصدی ارتفاع بوته همیشه‌بهار نسبت به شاهد شده هست. به‌طوری‌که کمترین ارتفاع بوته مربوط به شاهد (بذور بدون پیش تیمار) در شرایط تنش خشکی ۴۳/۰۱ سانتیمتر بود که تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارها دارد (جدول ۴-۶).

مطالعات نشان داده است که کاهش میزان آب قابل‌دسترس به‌خصوص در ابتدای دوره گلدهی ضمن کاهش سرعت رشد رویشی و کوتاه کردن رشد زایشی به‌طور غیرمستقیم روی ارتفاع بوته نیز تأثیر منفی دارد (قلی نژاد، ۲۰۱۲).

ابراهیمی و همکاران (۲۰۱۷) نیز به کاهش ارتفاع بوته و رشد رویشی در گیاه همیشه‌بهار در شرایط تنش خشکی اشاره کرده و دلیل آن را کاهش محتوی آب و آماس سلول‌ها عنوان کردند. خيساندن بذر گندم در ۱۰۰ ppm استیل اسید سالیسیک، برای ۶ ساعت قبل از کاشت، نه‌تنها تأثیرات ممانعت‌کنندگی خشکی را کاهش می‌دهد، بلکه تأثیر تحریک‌کنندگی نیز برافزایش وزن خشک، ارتفاع قسمت‌های هوایی و ریشه‌ها دارد که با نتیجه آزمایش حاضر مطابقت دارد (بالجانی و شکاری، ۱۳۹۱). سالیسیلیک اسید یا آنالوگ‌های دیگر سالیسیلیک اسید، در برگ‌های ذرت و سویا باعث افزایش ارتفاع آن شد (خدایاری، ۲۰۰۴ و خان، ۲۰۰۳).

با افزایش غلظت اسیدسالیسیلیک، میزان رنگیزه‌های فتوسنتز و به‌ویژه کلروفیل و همچنین تقسیمات سلولی در گیاه لوبیا افزایشی یافته و سبب افزایش ارتفاع بوته در لوبیا می‌شود (سپهری و همکاران، ۱۳۹۴).

مکانیزم دقیق عمل اسید سالیسیلیک هنوز مشخص نیست اما احتمال دارد که اسید سالیسیلیک همانند اکسین در تنظیم طویل شدن و تقسیم سلول‌ها دخالت داشته باشد (هنان، ۲۰۰۷). از نتایج تحقیقات متفاوت در این زمینه به نظر می‌رسد کاربرد اسید سالیسیلیک در شرایط تنش به علت تأثیر آنتی‌اکسیدانی اسید سالیسیلیک و از بین بردن اثرات مخرب اکسیژن‌های فعال، باعث افزایش فتوسنتز گیاه و در نتیجه بهبود رشد گیاه و ارتفاع گیاه در شرایط تنش می‌گردد.



شکل (۴-۱۷) اثرات متقابل پیش تیمار و تنش خشکی بر ارتفاع بوته

حروف مشابه نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار بین تیمارها بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد است.

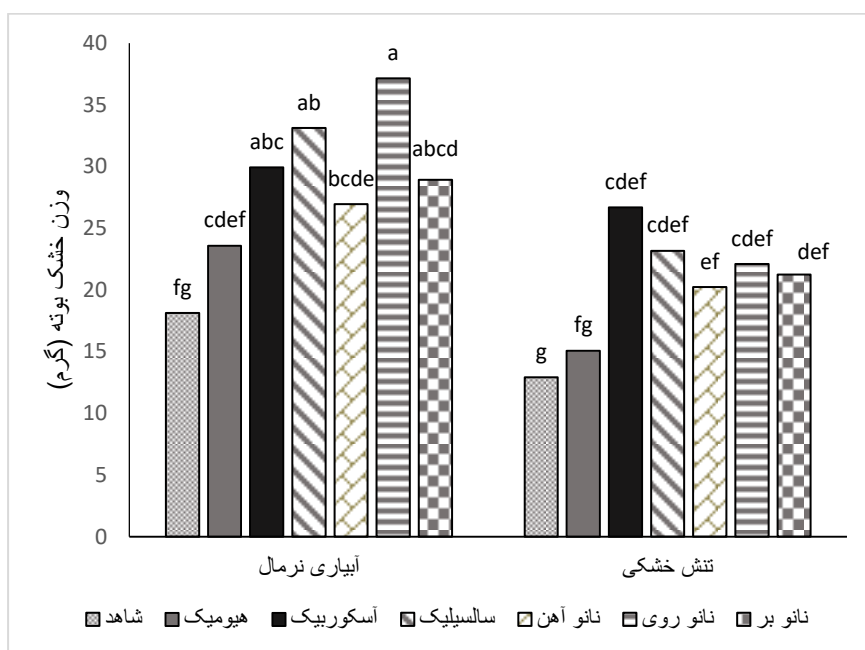
۴-۲-۲- وزن خشک بوته

با توجه به نتایج تجزیه واریانس داده‌ها اثر متقابل بین تنش خشکی و پرایمینگ بر وزن خشک بوته در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد (جدول ۴-۵ الف).

با توجه به مقایسه میانگین‌ها کلیه تیمارهای پرایمینگ به جز اسید هیومیک باعث افزایش معنی دار وزن خشک بوته نسبت به بذور شاهد (بذور بدون پیش تیمار) در شرایط آبیاری نرمال شد. همچنین مقایسه میانگین تیمارهای آزمایش حاکی از آن بود که تنش خشکی باعث کاهش معنی دار وزن بوته نسبت به آبیاری نرمال می‌گردد ولی کلیه تیمارهای پرایمینگ در تنش خشکی به جز اسید هیومیک باعث افزایش معنی دار وزن خشک بوته نسبت به شاهد شدند (جدول ۴-۶). در بین سطوح پرایمینگ در تنش خشکی از لحاظ تأثیر آن‌ها بر وزن خشک بوته تفاوت معنی داری مشاهده نشد با این حال بیشترین میانگین وزن خشک بوته مربوط به اسید آسکوربیک به مقدار ۲۳/۶۹ گرم بود که نسبت به شاهد (بذور بدون پیش تیمار)، باعث افزایش ۴۵ درصدی وزن خشک بوته شد؛ و کمترین مربوط به شاهد (بذور بدون پیش تیمار) ۱۲/۹۱ گرم بود که با کاربرد اسید هیومیک در یک گروه آماری بودند (شکل ۴-۱۸).

از آنجاکه پرایم کردن می‌تواند سبب افزایش سرعت استقرار گیاهچه، گسترش سیستم ریشه، افزایش شاخص سطح برگ و دوام آن و افزایش محتوای کلروفیل a و b گردد، لذا افزایش وزن خشک بوته در اثر پرایمینگ دور از انتظار نیست (ابو ترابیان و همکاران، ۲۰۱۲).

در مطالعات انجام شده عبدالعزیز و همکاران (۲۰۰۹) گزارش شده است که آسکوربات تقسیم سلولی را افزایش داده و سبب افزایش تعداد برگ، وزن تر و خشک برگ گیاه شد. با توجه به شواهد موجود آسکوربات نقش دوگانه‌ای در رشد سلول دارد، از یک طرف موجب تغییر چرخه سلولی و تحریک تقسیم سلولی می‌شود و از طرف دیگر، رشد طولی و گسترش سلولی را امکان‌پذیر می‌سازد. احتمال می‌رود افزایش وزن تر و خشک بوته توسط اسید آسکوربیک به همین دلیل باشد و علاوه بر آن کاربرد اسید آسکوربیک باعث افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی نسبت به شاهد می‌شود و همچنین گزارش شده که اسید آسکوربیک به‌عنوان یک کوآنزیم در واکنش‌های آنزیمی عمل می‌کنند و به‌واسطه ایجاد دگرگونی در کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها و پروتئین‌ها باعث بهبود فتوسنتز و تنفس می‌شوند (هیندوی و ازیل دین، ۲۰۱۰).



شکل (۴-۱۸) اثرات متقابل پیش تیمار و تنش خشکی بر وزن خشک بوته

حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین تیمارها بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد است.

۴-۲-۳- وزن خشک ریشه

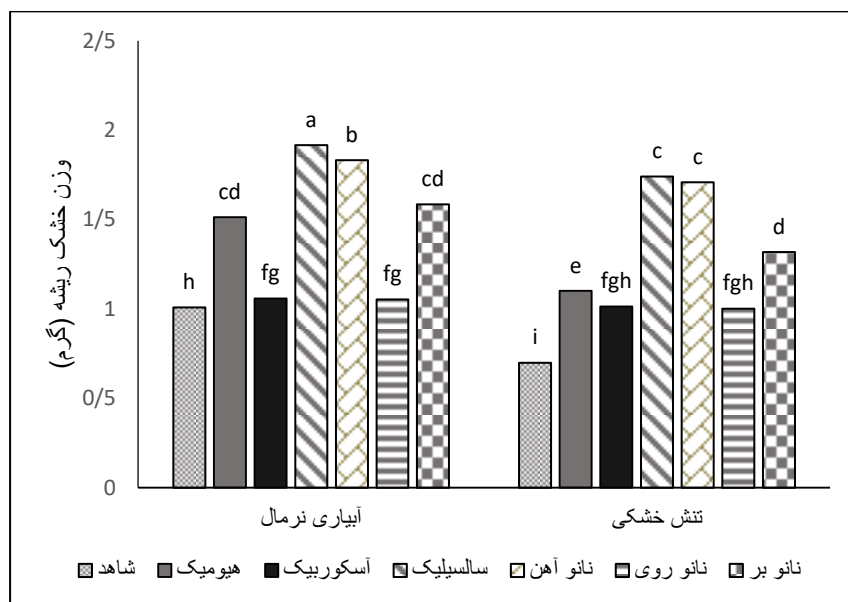
تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر متقابل تنش خشکی و پرایمینگ بر وزن خشک ریشه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار می‌باشد (جدول ۴-۵ الف). با توجه به مقایسه میانگین داده‌ها کلیه سطوح پرایمینگ باعث افزایش معنی‌دار وزن خشک ریشه نسبت به شاهد هم در شرایط آبیاری نرمال و هم تنش خشکی گردید. در شرایط آبیاری نرمال بیشترین وزن خشک ریشه در پرایمینگ با اسید سالیسیک با میانگین ۱/۹۱۶ گرم بود. همچنین در شرایط تنش خشکی بیشترین وزن خشک ریشه مربوط به تیمار اسید سالیسیک به مقدار ۱/۷۴۱ گرم در بوته بود که تفاوت معنی‌داری با نانو آهن با میانگین ۱/۷۰۹ گرم در بوته نداشت ولی با سایر تیمارهای پرایمینگ و شاهد تفاوت معنی‌داری داشت. در شرایط آبیاری نرمال کمترین وزن خشک ریشه در شاهد ۱/۰۰۹ گرم و کمترین وزن خشک ریشه در شرایط تنش خشکی مربوط به شاهد ۰/۶۹۹ گرم در بوته بود که تفاوت معنی‌داری با همدیگر داشتند. بدین ترتیب تیمار پرایمینگ با اسید سالیسیک باعث افزایش وزن خشک ریشه به مقدار ۶۷ درصد در شرایط تنش خشکی نسبت به شاهد شده است (شکل ۴-۱۹).

با توجه به اینکه یکی از آثار تنش خشکی کاهش جذب آب می‌باشد به همین دلیل پتانسیل آب جهت آماس سلول‌ها کاهش می‌یابد در نتیجه وزن گیاه کاهش می‌یابد چون مواد لازم برای رشد و نمو سلول‌ها نیز فراهم نمی‌شود در نتیجه رشد نیز به کندی صورت می‌گیرد در مقابل اسید سالیسیک فعالیت برخی آن‌تی‌اکسیدان‌ها را افزایش می‌دهد (عسگری، ۱۳۹۳) که این آنزیم‌ها در تنظیم سیستم فتوسنتزی و به دنبال آن افزایش رشد مؤثر هستند (نیکان و همکاران ۲۰۱۰).

در گزارش‌های سراج و همکاران (۲۰۰۱) نشان داده شد مجموع طول ریشه مهم‌ترین خصوصیت بوده که گیاه را قادر می‌سازد که آب بیشتری را از لایه پایین‌تر خاک جذب و در اختیار اندام‌های هوایی گیاه قرار دهد و نهایتاً باعث افزایش وزن خشک ریشه شده است.

نتایج به دست آمده در خصوص تأثیر اسید سالیسیک بر افزایش وزن خشک ریشه، در سایر گیاهان نیز مشاهده شده است که مطابق با نتایج تحقیق حاضر می‌باشد به عنوان مثال برخی از محققان همچون سناراتنا و

همکاران (۲۰۰۰) بیان کردند که خیساندن بذر گندم در محلول ۰/۵ میلی مولار اسید سالیسیک، درازیک و همکاران (۲۰۰۶) یونجه در محلول ۰/۰۱ میلی مولار و الطیب (۲۰۰۵) خیساندن جو در محلول یک میلی مولار بیان کردند که باعث افزایش رشد گیاهان از طریق افزایش تقسیم سلولی و بزرگ شدن سلول‌های ریشه گردیده است. در خصوص وزن خشک‌ریشه نیز نیکان و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که تیمار اسید سالیسیک تأثیر افزایشی بر وزن خشک‌ریشه داشت که با نتایج حاصل از این پژوهش برای وزن خشک‌ریشه مطابقت دارد. بنا بر نتایج حاصل از این آزمایش نانو اکسید آهن سبب افزایش وزن خشک‌ریشه شد. کاربرد نانو کود کلات آهن و سکوسترین آهن سبب افزایش وزن خشک اندام هوایی و ریشه، تعداد غلاف در بوته، غلاف و دانه در بوته در مقایسه با تیمار شاهد گردید (جوکار و همکاران، ۲۰۱۵). اسید سالیسیک از طریق افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و همچنین افزایش میزان پلی آمین‌ها در گیاهان، منجر به یکپارچگی و حفظ غشاء شده و میزان صدمات ناشی از تنش اکسیداتیو در تنش خشکی را کاهش می‌دهد (نعمت و همکاران، ۲۰۰۲). در مطالعه عسکری (۱۳۹۳) کاربرد اسید سالیسیک بر گیاه رازیانه رشد یافته در شرایط تنش کم‌آبی، سبب افزایش شاخص‌های رشد، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، محتوای کلروفیل و همچنین موجب بهبود صفات ریشه گردید.



شکل (۴-۱۹) اثرات متقابل پیش تیمار و تنش خشکی بر وزن خشک‌ریشه

حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین تیمارها بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد است

۴-۲-۴- تعداد کاپیتول

نتایج تجزیه واریانس تعداد کاپیتول در بوته نشان داد اثر متقابل تنش خشکی و پرایمینگ بر این صفت در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار است (جدول ۴-۵ الف). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش تعداد کاپیتول در شرایط تنش خشکی شد و در شرایط آبیاری نرمال تیمار اسید آسکوربیک، اسید سالیسیلیک، نانو آهن و نانو روی تعداد کاپیتول بیشتری نسبت به شاهد داشتند و دارای اختلاف معنی‌داری بودند. همچنین پرایمینگ باعث افزایش معنی‌دار تعداد کاپیتول در تنش خشکی نسبت به شاهد در تنش خشکی شده هست (شکل ۴-۲۰). همان‌گونه که ملاحظه می‌شود بیشترین تعداد کاپیتول در بوته در شرایط تنش خشکی ۲۳/۸۴ عدد در اثر پرایمینگ با روی حاصل شد و بعدازآن تیمارهای اسید آسکوربیک و اسید سالیسیلیک به ترتیب با میانگین (۲۲/۷۱-۱۹/۰۸ عدد) بیشترین تعداد کاپیتول را داشتند ولی از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری بین این سه تیمار وجود نداشت و کمترین تعداد کاپیتول ۱۳/۰۶ عدد مربوط به تیمار شاهد بود (شکل ۴-۲۰).

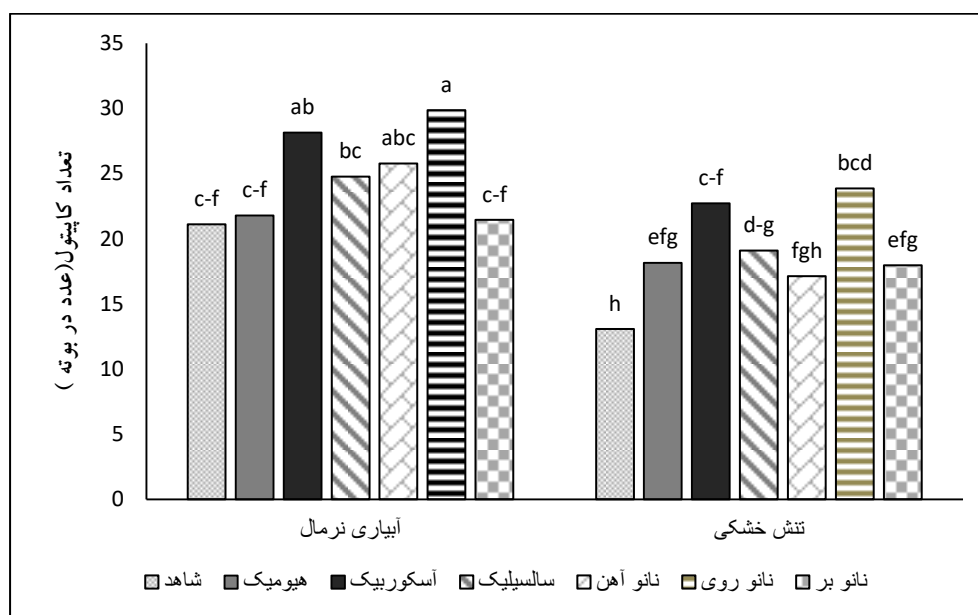
تعداد کاپیتول در گیاه یکی از اجزای مهم عملکرد می‌باشد، زیرا کاپیتول از یک طرف دربرگیرنده تعداد دانه بوده و از طرف دیگر تأمین‌کننده مواد فتوسنتزی موردنیاز برای دانه‌ها می‌باشد. در اثر تنش خشکی سطح برگ کاهش یافته، سرعت پیری برگ‌ها تشدید شده و میزان فتوسنتز خالص و در نتیجه ماده خشک تولیدی گیاه کاهش می‌یابد و در نتیجه گیاه تعداد کاپیتول کمتری تولید می‌کند (فرشید و همکاران، ۲۰۰۲).

با اعمال هیدروپرایمینگ، رشد رویشی بوته‌ها افزایش یافته و این امر منجر به افزایش تعداد شاخه و تعداد طبق در بوته می‌شود. نتایج بررسی‌ها در برنج نشان داد که در شرایط تنش، پرایمینگ بذری باعث افزایش تعداد پنجه بارور در مقایسه با بذور تیمار نشده شد (دو و تانگ، ۲۰۰۲).

روی از طریق تولید هورمون اکسین باعث افزایش رشد رویشی، شاخه بندی و فتوسنتز بیشتر و وجود آهن در ساختار کلروفیل و تأثیر آن بر میزان فتوسنتز و تثبیت دی‌اکسید کربن موجب بهبود اجزای عملکرد از جمله تعداد کاپیتول گشته است (دمیر و ماوی، ۲۰۰۴). مرادی و عباس دخت (۱۳۸۹) نشان دادند که

عناصر ریزمغذی آهن، بر و روی در ذرت باعث افزایش ارتفاع بوته، تعداد طبق در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و بیولوژیکی، شاخص برداشت نسبت به تیمار شاهد گردید. فاروق و باسرا (۲۰۰۹) در برنج، شیخ بگلو و همکاران (۲۰۱۰) در سویا، نیز گزارش کردند که عناصر ریزمغذی موجب بهبود اجزای عملکرد و عملکرد گیاهان فوق گردیده است.

به نظر، در شرایط پیش تیمار بذر یکی از دلایل افزایش تعداد کاپیتول در بوته، افزایش دوره رشد گیاه باشد که در نتیجه آن تولید مواد فتوسنتزی بهبود یافت. همچنین مصرف مقادیر مناسب مواد مورد استفاده جهت پرایمینگ بذر به صورت پیش تیمار بذر از طریق بهبود فعالیت‌های درونی گیاه و نیز تدارک جذب بیشتر عناصر غذایی، سبب افزایش میزان فتوسنتز و ماده خشک گیاهی شده که این مسئله در نهایت منجر به افزایش اجزای عملکرد دانه از جمله تعداد کاپیتول در گیاه گردیده است (ابراهیمی و همکاران، ۲۰۱۷). سجادی نیک و همکاران (۱۳۹۰) ابراز داشتند در اثر پیش تیمار بذر جذب بیشتر مواد غذایی نیتروژن بر فعل و انفعالات بیوشیمیایی، فتوسنتز، افزایش تعداد برگ گیاه، افزایش طول دوره رویش و تجمع ماده خشک اندام‌های هوایی گیاه مؤثر است، اثر آن بر این صفت مورد انتظار می‌باشد. این نتیجه با گزارش علیزاده و همکاران (۱۳۹۵) مطابقت دارد.



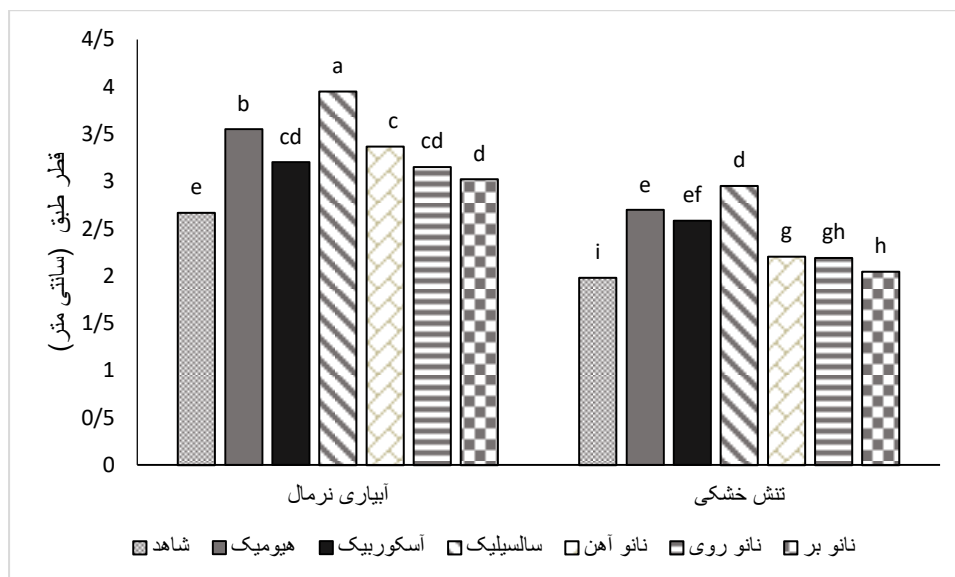
شکل (۴-۲۰) اثرات متقابل پیش تیمار و تنش خشکی بر تعداد کاپیتول

حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین تیمارها بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد است

۴-۲-۵- قطر طبق

با توجه به تجزیه واریانس داده‌ها اثر متقابل تنش خشکی و پرایمینگ بر قطر طبق در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار است (جدول ۴-۵ الف). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تنش خشکی عمده‌تاً موجب کاهش قطر طبق شد و بیشترین قطر طبق در شرایط آبیاری نرمال در شرایط کاربرد اسید سالیسیک با میانگین قطر ۳/۹۵۲ سانتی‌متر و در تنش خشکی بیشترین قطر طبق در اثر تیمار با اسید سالیسیک به مقدار ۲/۹۵۲ سانتی‌متر بود که در هر دو شرایط تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارها و شاهد داشت. در شرایط تنش خشکی رتبه دوم تأثیر معنی‌دار بر قطر طبق مربوط به اسید هیومیک و اسید آسکوربیک به ترتیب با میانگین (۲/۶۹۷، ۲/۵۸۵ سانتی‌متر) بود ولی تفاوت معنی‌داری بین این دو تیمار وجود نداشت (شکل ۴-۲۱). این نتیجه نشان داد، پرایمینگ با مواد نانو نیز باعث افزایش معنی‌دار قطر طبق نسبت به شاهد در اثر تنش خشکی شده هست، چنانچه ملاحظه می‌شود بیشترین قطر طبق در شرایط آبیاری کامل در اثر پرایمینگ با مواد نانو و آلی و کمترین آن در تنش خشکی حاصل شد (جدول ۴-۶).

توضیح اینکه چنانچه تنش در مرحله زایشی رخ دهد کاهش قطر طبق به واسطه کاهش دوره پر شدن دانه‌ها و کاهش وزن دانه‌ها قابل توجیه است و با افزایش مدت‌زمان تنش به علت کاهش شاخص سطح برگ و زودرسی از میزان تولید مواد فتوسنتزی کاسته شد که در نهایت منجر به تخصیص کمتر مواد فتوسنتزی به اندام‌های زایشی و ذخیره‌ای و در نتیجه کاهش قطر طبق می‌گردد که این کاهش در قطر طبق به علت تشکیل در مراحل دیرتری از دوره رشد گیاه و در نتیجه بهره‌مندی از مواد فتوسنتزی کمتر به علت شاخص سطح برگ کمتر و نیز مواجه با شرایط محیطی نامساعدتر به مراتب بیشتر بود (کافی و رستمی، ۲۰۰۸). موسوی فر و همکاران (۲۰۰۹) طی بررسی خود بر روی آفتابگردان پی بردند که بیشترین قطر طبق در شرایط آبیاری کامل و کمترین آن در تیمار تنش خشکی تا گلدهی حاصل شد.



شکل (۴-۲۱) اثرات متقابل پیش تیمار و تنش خشکی بر قطر طبق

حروف مشابه نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار بین تیمارها بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد است.

۴-۲-۶- وزن خشک گل

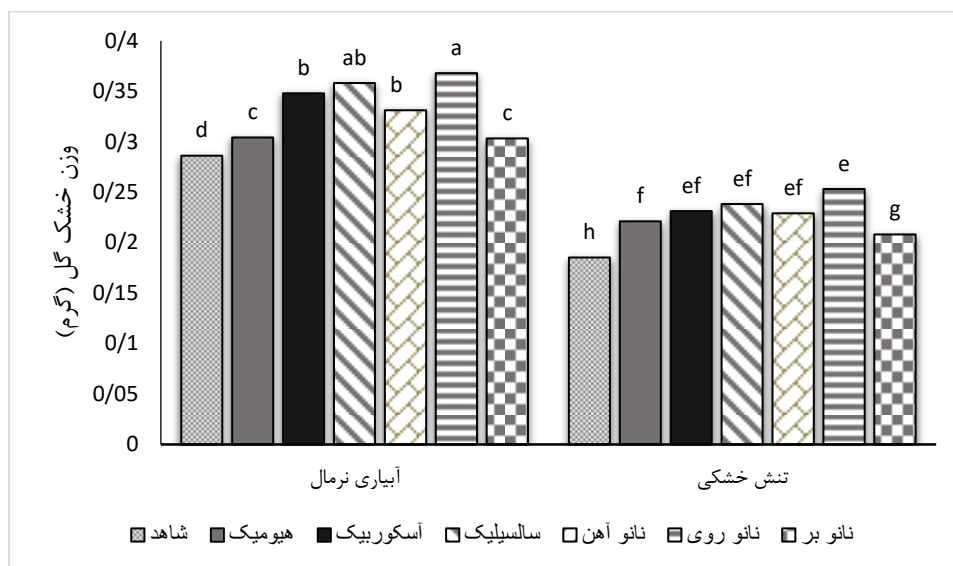
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل تنش خشکی و پرایمینگ بر وزن خشک گل در گیاه همیشه بهار تأثیر معنی داری داشت (جدول ۴-۵ الف). مقایسه میانگین‌ها نشان داد در شرایط آبیاری نرمال کلیه تیمارهای مواد آلی و نانو بر وزن خشک گل تأثیر معنی داری داشتند و نسبت به شاهد افزایش داشت. بیشترین وزن خشک گل در شرایط آبیاری نرمال با کاربرد نانو روی به مقدار ۰/۳۶۸ گرم بود که با تیمار اسید سالیسیلیک در یک گروه آماری قرار داشتند (شکل ۴-۲۲).

با توجه به مقایسه میانگین (شکل ۴-۲۲) در شرایط تنش خشکی بیشترین وزن خشک گل در اثر تیمار با نانو اکسید روی به مقدار ۰/۲۴۳ گرم در مترمربع بود که با تیمارهای اسید آسکوربیک، اسید سالیسیلیک و نانو آهن در یک گروه آماری قرار داشتند و تفاوت معنی داری بین این چهار تیمار وجود نداشت ولی با سایر تیمارها تفاوت معنی داری داشتند و کمترین مربوط به شاهد به مقدار ۰/۱۸۵ گرم در مترمربع بود، با اعمال تنش خشکی، عملکرد گل در همیشه بهار ۱۸/۱ درصد کاهش یافت.

در تحقیق انجام شده بر روی همیشه بهار در تنش خشکی کاهش مواد فتوسنتزی به علت کاهش سطح برگ و انتقال مواد آسیمیلاتی به سمت گل‌ها سبب کاهش وزن آن‌ها شده است (شوبرا و همکاران، ۲۰۰۴). این

نتایج با نتایج آزمایش حاضر بر روی همیشه‌بهار مطابقت دارد. کافی و رستمی (۲۰۰۸) اعلام کردند پرایمینگ به سبب در دسترس قرار دادن عناصر غذایی موردنیاز برای رشد در افزایش تولید گل مؤثر است. افزایش وزن خشک گل با پیش تیمار نانو اکسید روی نسبت به تیمار شاهد می‌تواند به علت افزایش غلظت کلروفیل، افزایش فعالیت فسفوانول پیرو وات کربوکسیلاز و ریبولوز بی فسفات - کربوکسیلاز، در بافت‌های گیاهی باشد (اقبال و همکاران، ۲۰۰۶). القاء گلدهی، رشد و نمو، سنتز اتیلن، تأثیر در باز و بسته شدن روزنه‌ها و تنفس از نقش‌های مهم سالیسیلیک اسید به شمار می‌رود (راسکین، ۱۹۹۲). با توجه به نتایج در شرایط تنش تیمارهای اسید هیومیک و نانو اکسید بر نیز باعث افزایش معنی‌دار وزن خشک گل نسبت به شاهد شدند (شکل ۴-۲۲).

حیدری و مینایی (۲۰۱۴) با بررسی تأثیر تنش خشکی و اسید هیومیک بر عملکرد گل و غلظت عناصر غذایی پرمصرف در گیاه دارویی گاوزبان اظهار داشتند که تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد گل، عملکرد زیست‌توده، تعداد شاخه‌های جانبی و عملکرد سرشاخه داشت. با بالا رفتن شدت تنش و رسیدن رطوبت خاک به ۵۰ درصد ظرفیت زراعی مزرعه، مقادیر این صفات کاهش یافتند. همچنین اثر محلول‌پاشی اسید هیومیک بر کلیه صفات مورد بررسی معنی‌دار بود.



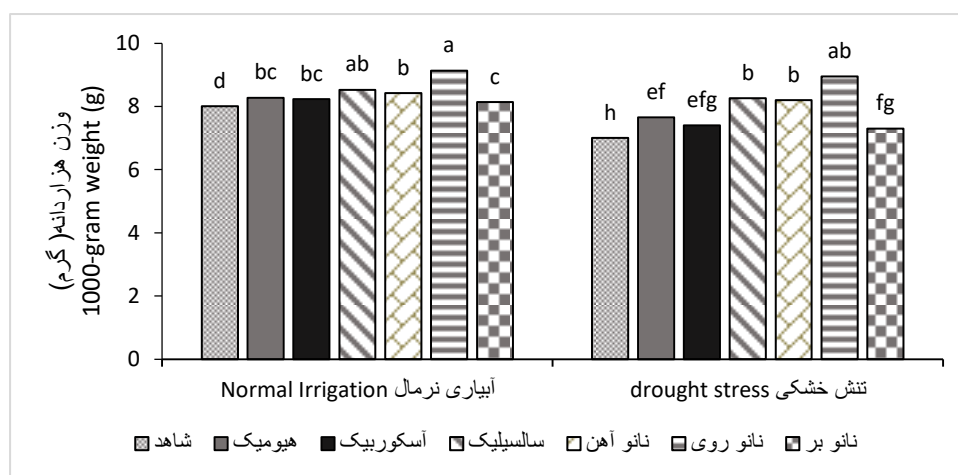
شکل (۴-۲۲) اثرات متقابل پیش تیمار و تنش خشکی بر وزن خشک گل

حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین تیمارها بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد است.

۴-۲-۷- وزن هزار دانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر متقابل تنش خشکی و پرایمینگ بر وزن هزار دانه معنی‌دار است (جدول ۴-۵ الف). با توجه به مقایسه میانگین داده‌ها تنش خشکی باعث کاهش وزن هزار دانه در شاهد و برخی از تیمارهای پرایمینگ نسبت به آبیاری نرمال شده است. در شرایط آبیاری نرمال بیشترین وزن هزار دانه مربوط به تیمار نانو اکسید روی بود که با اسید سالسیلیک تفاوت معنی‌داری نداشت ولی با سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری داشتند (شکل ۴-۲۳). با توجه به مقایسه میانگین‌ها در شرایط تنش خشکی بیشترین وزن هزار دانه مربوط به تیمارهای پرایمینگ با مواد نانو و مواد آلی بود و کمترین وزن هزار دانه مربوط به تیمار شاهد بود که تفاوت معنی‌داری بین سطوح پرایمینگ و تیمار شاهد وجود داشت. بیشترین وزن هزار دانه مربوط به پیش تیمار نانو اکسید روی با مقدار ۸/۹۵۵ گرم بود که با تیمارهای اسید سالسیلیک و نانو اکسید آهن تفاوت معنی‌داری نداشتند (شکل ۴-۲۳). کاهش وزن هزار دانه در اثر تنش خشکی به علت کاهش فتوسنتز در اثر تنش خشکی است و این خود باعث کاهش تولید مواد فتوسنتزی شده و از طرفی تنش خشکی باعث رسیدن سریع دانه‌ها شده و در نتیجه وزن هزار دانه کاهش می‌یابد. کاهش طول دوره رشد رویشی و زایشی در اثر تنش رطوبتی موجب کوتاه شدن طول دوره مؤثر پر شدن دانه و نیز کاهش ساخت و انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها شده و باعث تقلیل وزن هزار دانه شده است (شعبانزاده و همکاران، ۱۳۹۰). با محدود شدن آبیاری در مرحله زایشی به دلیل کاهش طول دوره پر شدن دانه، گیاه با محدودیت منبع مواجه شده و مواد کمتری به دانه‌ها منتقل می‌شود؛ بنابراین هرگونه تنش آبی در این مرحله می‌تواند بر روابط منبع و مخزن تأثیر منفی بگذارد. از این رو کاهش تأمین مواد پرورده در این دوره، سبب محدود شدن گنجایش ذخیره دانه و کاهش وزن هزار دانه خواهد شد (رضایی چپانه و همکاران، ۱۳۹۱). گزارش شده در شرایط تنش خشکی، به دلیل بسته شدن روزنه‌ها مقدار کربن دریافت گیاه کاهش و رشد مختل می‌شود. تنش باعث کاهش ارتفاع بوته، کاهش عملکرد زیست‌توده، وزن هزار دانه، گلدهی و تعداد شاخه فرعی در گیاه کلزا شد (دلخوش و همکاران، ۲۰۰۶).

در توجیه کارایی بهتر ذرات نانواکسید باید به خود ساختار ذرات نانو اشاره کرد، از آنجایی که ذرات نانو دارای ابعاد بسیار ریزی هستند لذا سطح ویژه بالایی دارند که این امر واکنش پذیری و تحرک بالاتری در گیاه ایجاد می‌کند و باعث می‌شود محلول کود نانو با سرعت و همگنی بالاتر در گیاه توزیع شود، مجموعه این دلایل افزایش پارامترهای مؤثر در اجزای عملکرد را به دنبال دارد و به‌طور ویژه در شرایط وقوع تنش از گیاه در برابر آسیب‌های جدی محافظت می‌کند (نیر و همکاران، ۲۰۱۰). عنصر نانو روی می‌تواند اثر مطلوبی بر فعالیت‌های فتوسنتزی برگ‌ها داشته باشد و باعث انتقال بهتر مواد فتوسنتزی شود. این نتایج با نتیجه متقی و همکاران (۲۰۰۹) بر روی گندم‌های هگزاپلوئید، که بیان نمودند روی باعث افزایش معنی‌دار صفت وزن هزار دانه می‌شود، مطابقت دارد. کاربرد نانواکسید روی در شرایط تنش خشکی باعث افزایش معنی‌دار تعداد دانه در غلاف نخود و وزن هزار دانه نسبت به شاهد می‌شود (پاندی و همکاران، ۲۰۱۰). اثر مفید اسید سالیسیلیک بر وزن هزار دانه در شرایط تنش می‌تواند به دلیل انتقال مواد پرورده بیشتر به دانه‌ها در طول دوره پر شدن دانه باشد. گزارش شده است که نقش اسید سالیسیلیک در کاهش اثر سوء تنش خشکی مربوط به تأثیر آن بر کاهش میزان تعرق است که این موضوع می‌تواند باعث افزایش وزن دانه‌ها شود (ابو حامد و همکاران، ۱۹۹۰).



شکل (۴-۲۳) مقایسه میانگین اثر متقابل پیش تیمار و تنش خشکی بر وزن هزار دانه

حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین تیمارها بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد است.

۴-۲-۸- عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها بیانگر آن است که اثر متقابل تیمارهای پرایمینگ و تنش خشکی بر عملکرد دانه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شدند (جدول ۴-۵ ب). در حالت کلی تنش خشکی باعث کاهش عملکرد دانه می‌گردد، با توجه به مقایسه میانگین اثرات متقابل، کلیه تیمارهای پرایمینگ در تنش خشکی باعث افزایش معنی‌دار عملکرد دانه نسبت به شاهد شدند. در شرایط تنش خشکی بین سطوح پرایمینگ بیشترین عملکرد دانه در اثر پرایمینگ مربوط به تیمار نانو اکسید روی $548/28$ کیلوگرم در هکتار بود که تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارها داشت و بعد از آن تیمارهای نانو اکسید آهن و اسید هیومیک بیشترین تأثیر را در عملکرد دانه داشتند ولی تفاوت معنی‌داری بین آن‌ها مشاهده نشد (جدول ۴-۶). کم‌ترین عملکرد دانه مربوط به تیمار شاهد به میزان $398/52$ کیلوگرم در هکتار در شرایط تنش خشکی بود (شکل ۴-۲۴). عملکرد دانه همیشه‌بهار تابع اجزای عملکرد (تعداد کاپیتول، تعداد دانه در کاپیتول و وزن هزار دانه) می‌باشد و تغییر در هر یک از اجزاء سبب تغییر در عملکرد دانه خواهد شد. عنصر روی می‌تواند اثر مطلوبی بر فعالیت‌های فتوسنتزی برگ و انتقال بهتر مواد فتوسنتزی داشته باشد (حیدری و خلیلی، ۲۰۱۴) بر اساس نتایج تحقیقات انجام‌شده، شکل‌گیری اندام‌های جنسی نر و ماده و فرآیند گرده‌افشانی بر اثر کمبود روی مختل شده و منجر به کاهش شدیدی در عملکرد می‌شود که این موضوع به کاهش تولید ایندول استیک اسید (IAA) نسبت داده شده است (شعبانزاده و همکاران، ۱۳۹۰).

کاهش عملکرد در تیمارهای تحت تنش آبی با کم شدن رشد رویشی و سطح فتوسنتز کننده، کاهش فتوسنتز و تولید مواد فتوسنتزی، کاهش تخصیص مواد به اندام‌های زایشی گیاه مرتبط بود. در مراحل زایشی نیز تنش آبی منجر به کاهش ظرفیت مخزن در گیاه شده و در نتیجه افت عملکرد در گیاه را در پی دارد (شعبانزاده و همکاران، ۱۳۹۰). پاندی و همکاران (۲۰۰۶) نیز در بررسی‌های خود به این نتایج دست یافتند آن‌ها گزارش نمودند که عملکرد دانه ذرت تحت تنش خشکی به شدت کاهش می‌یابد. تنش کم‌آبی با کاستن از طول دوره سبزمانی برگ در مراحل پایانی رشد می‌تواند موجب افت شدید در تولید مواد پرورده

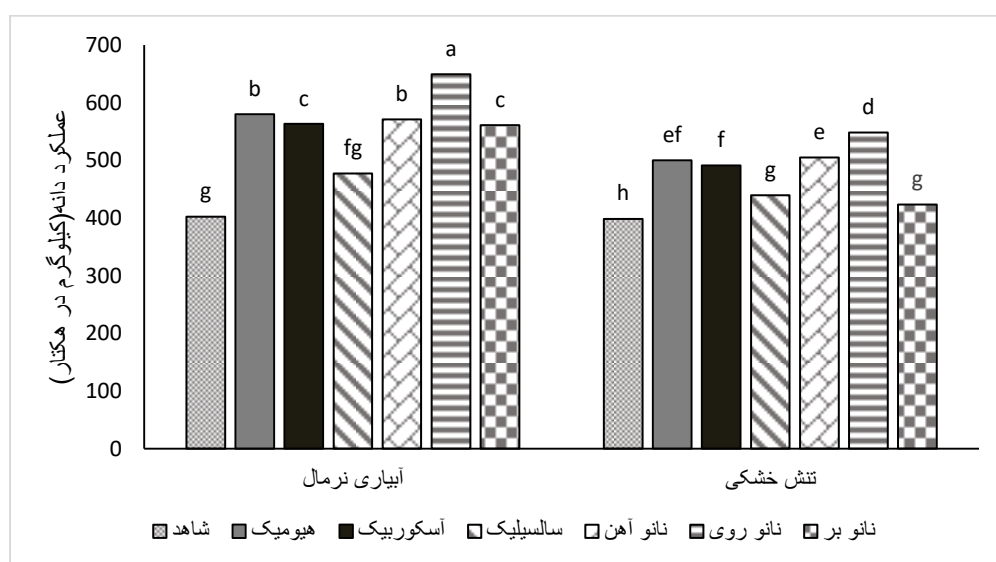
توسط اندام‌های فتوسنتز کننده شود (امام و نیک نژاد، ۱۳۹۰). از این رو، کاهش تولید مواد پرورده می‌تواند از طریق اثر منفی بر تعداد و وزن دانه‌های تولیدی منجر به کاهش عملکرد دانه شود.

هریس و همکاران (۲۰۰۱) گزارش کردند که با پرایمینگ بذر، جوانه‌زنی بذر و سبز شدن گیاهچه سریع‌تر صورت گرفته و در مدت‌زمان کوتاه‌تری مراحل نمو گیاه کامل می‌شود، در نتیجه گیاهچه‌هایی با بنیه بالاتر تولیدشده و عملکرد بیشتری به دست می‌آید. آن‌ها علت افزایش عملکرد در گندم در اثر پرایمینگ را استقرار سریع‌تر، بهتر و یکنواخت گیاهچه‌ها عنوان کردند که باعث پهنه‌زنی بیشتر و گل‌دهی و رسیدگی زودتر شده و باعث افزایش عملکرد دانه تا ۴۰ درصد گردید.

تأثیر پرایمینگ بر عملکرد دانه خصوصاً در شرایط تنش به علت نقش حائز اهمیت این عناصر در فرایند فتوسنتز، سنتز پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها و چربی‌ها می‌باشد، عنصر روی می‌تواند اثر مطلوبی بر فعالیت‌های فتوسنتزی برگ و انتقال بهتر مواد فتوسنتزی داشته باشد (موسوی و همکاران، ۲۰۰۹). بر اساس نتایج تحقیقات انجام‌شده، شکل‌گیری اندام‌های جنسی نر و ماده و فرآیند گرده‌افشانی بر اثر کمبود روی مختل شده و منجر به کاهش شدیدی در عملکرد می‌شود که این موضوع به کاهش تولید ایندول استیک اسید (IAA) نسبت داده شده است (مک دونالد، ۲۰۰۰). نتایج آزمایش حاضر با یافته‌های امیدیان و همکاران (۲۰۱۲) که نشان دادند استفاده از عنصر روی موجب افزایش عملکرد دانه در گیاه کلزا و گندم می‌شود، مطابقت دارد. بذور پرایم شده پس از قرار گرفتن در بستر خود زودتر جوانه‌زده و در پی این امر استقرار در گیاهان حاصل از این بذور سریع‌تر، بهتر و درعین حال یکنواخت‌تر انجام می‌پذیرد. در واقع چنین گیاهی در مقایسه با گیاهان به وجود آمده از بذور تیمار نشده در طی زمان کوتاه‌تری سیستم ریشه‌ای خود را گسترش داده و با جذب مطلوب‌تر آب و مواد غذایی و تولید بخش‌های سبز فتوسنتز کننده به مرحله اتوتروفی می‌رسند. تحقق چنین شرایطی به لحاظ زیستی و اکولوژیکی موقعیت ویژه‌ای به گیاهان حاصل از بذور پرایم شده می‌دهد و همچنین باعث افزایش عملکرد در چنین گیاهانی نسبت به سایر گیاهان می‌گردد (عبدالرحمانی و همکاران، ۱۳۹۰).

با توجه به نتایج آزمایش در شرایط تنش خشکی تیمارهای اسید آسکوربیک و اسید سالیسیلیک نیز باعث افزایش معنی‌دار عملکرد نسبت به شاهد شدند (شکل ۴-۲۴). بر اساس نتایج حاصل از آزمایش انجام‌یافته توسط مهربان مقدم و همکاران (۱۳۹۰) نیز اثر سالیسیلیک اسید بر بهبود رشد و افزایش عملکرد دانه ذرت در هر دو شرایط تنش و غیر تنش محسوس بوده است که با یافته‌های به‌دست‌آمده از این آزمایش هم‌خوانی دارد. پرایمینگ بذره‌ای گندم با سالیسیلیک اسید موجب افزایش عملکرد دانه در شرایط تنش آبی گردیده است (شاکیر و ا، ۲۰۰۷).

نتایج آزمایش حاضر با یافته‌های پاندی و همکاران (۲۰۰۶) که نشان دادند استفاده از عنصر روی موجب افزایش عملکرد دانه در گیاه ذرت می‌شود، مطابقت دارد. در نتیجه تحقیق حاضر نیز این امر به‌وضوح مشاهده شد، به‌گونه‌ای که در تیمارهای پرایمینگ در اثر بالاتر بودن سرعت و درصد جوانه‌زنی در مراحل ابتدایی رشد و گسترش بهتر و سریع‌تر تاج پوشش گیاهی از طریق اثرات مثبتی که بر اجزای عملکرد دانه طی مراحل مختلف رشدی داشت، در انتهای فصل رشد موجب حصول حداکثر عملکرد دانه در این تیمارها گردید.



شکل (۴-۲۴) اثرات متقابل پیش تیمار و تنش خشکی بر عملکرد دانه

حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین تیمارها بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد است.

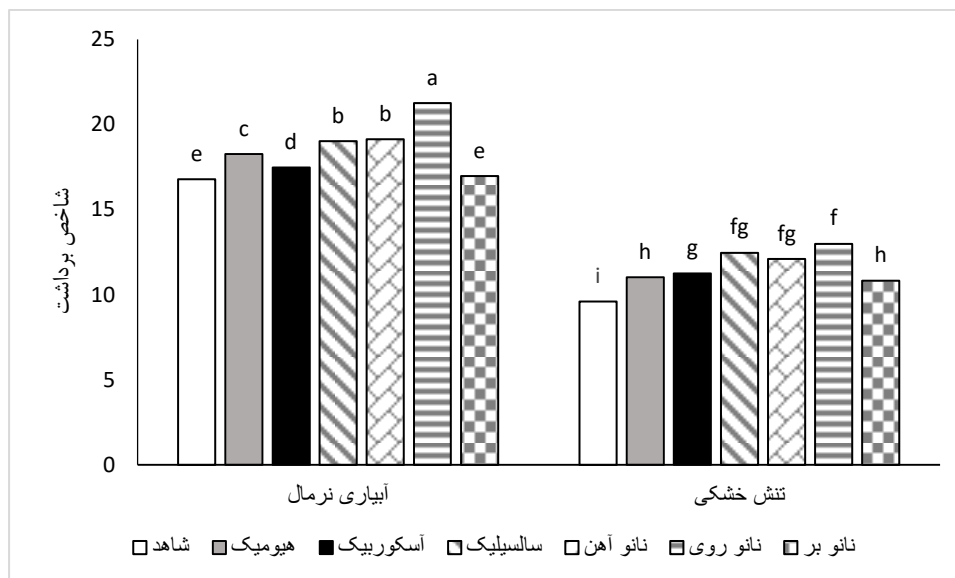
۴-۲-۹- شاخص برداشت

شاخص برداشت نشان‌دهنده میزان مواد انتقال‌یافته و ذخیره‌شده در دانه نسبت به کل مواد تولیدشده در دوران رشد رویشی و زایشی است (ثمن و همکاران، ۱۳۹۰). نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد اثرات ساده و متقابل پیش تیمار و تنش خشکی بر شاخص برداشت، از لحاظ آماری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شدند (جدول ۴-۵ ب). با توجه به مقایسه میانگین‌ها در کلیه تیمارهای پرایمینگ در شرایط تنش خشکی شاخص برداشت کاهش معنی‌داری داشت. بیشترین میزان شاخص برداشت در شرایط آبیاری نرمال و تیمار با نانواکسید روی (۲۱/۲۵) به دست آمد. اثرات مثبت پرایمینگ بر افزایش شاخص برداشت در تنش خشکی مشهود است به‌طوری‌که در شرایط تنش خشکی کلیه تیمارهای پرایمینگ نسبت به شاهد شاخص برداشت معنی‌داری داشتند (جدول ۴-۶). با توجه به مقایسه میانگین‌ها در شرایط تنش خشکی بیشترین شاخص برداشت در تیمارهای نانواکسید روی، اسید سالیسیلیک و نانو اکسید آهن بود ولی تفاوت معنی‌داری بین این تیمارها مشاهده نشد. با این حال در بین این تیمارها بیشترین مقدار شاخص برداشت مربوط به نانو اکسید روی بود و کمترین شاخص برداشت مربوط به تیمار شاهد در شرایط تنش خشکی بود (شکل ۴-۲۵).

راعی و همکاران (۱۳۸۶) در بررسی اثر سطوح مختلف آبیاری بر شاخص برداشت اذعان داشتند که در تیمار بدون آبیاری شاخص برداشت نسبت به آبیاری کامل کمتر بود. کاهش شاخص برداشت در تیمار تنش خشکی در مرحله رویشی و زایشی می‌تواند به دلیل کاهش سطح فتوسنتز کننده، کاهش انتقال مجدد مواد فتوسنتز شده در مرحله بردن دانه‌ها نیز باشد (خوشوقتی، ۱۳۸۵).

کاربرد نانو اکسیدروی با افزایش احتمالی طول دوره رویشی منجر به افزایش تولید مواد آسیمیلاسیون در اندام‌های رویشی و افزایش بخش رویشی در همیشه‌بهار می‌شود (نیر و همکاران، ۲۰۱۰). در زمان شروع نمو زایشی و تشکیل گل با انتقال مواد آسیمیلاسیون از اندام‌های رویشی به اندام‌های زایشی افزایش عملکرد را منجر خواهد شد؛ که در نهایت سبب افزایش نسبت‌های شاخص برداشت گل و دانه شده است (شکل ۴-۲۵).

نتایج به دست آمده با نتایج کافی و رستمی (۲۰۰۸) در گیاه آفتابگردان مطابقت دارد. شاخص برداشت که نشان دهنده مقدار مواد فتوسنتزی اختصاص یافته به اندام اقتصادی گیاه نسبت به کل مواد تولیدی ذخیره شده در طول دوره نمو و رشد است، تحت تأثیر برهمکنش نانوپرایمینگ و تنش خشکی واقع شد.



شکل (۴-۲۵) اثر متقابل پیش تیمار و تنش خشکی بر شاخص برداشت

حروف مشابه نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار بین تیمارها بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد است.

۴-۲-۱۰- درصد اسانس

طبق نتایج تجزیه واریانس جدول (۴-۵) اثر متقابل تنش خشکی و تیمار پرایمینگ بر درصد اسانس همیشه بهار در سطح احتمال پنج درصد معنی داری هست. با توجه به مقایسه میانگین بیشترین درصد اسانس در بذور تیمار شده و در شرایط آبیاری نرمال به دست آمد که بیشترین مقدار آن در تیمار نانو اکسید آهن و روی بود که تفاوت معنی داری با شاهد و سایر تیمارهای پرایمینگ داشت. (جدول ۴-۶). با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها تنش خشکی باعث کاهش معنی دار درصد اسانس در شاهد، نانو آهن و نانو روی نسبت به آبیاری نرمال گردید، ولی پرایمینگ باعث کاهش اثرات تنش خشکی بر درصد اسانس نسبت به شاهد شد به طوری که بیشترین درصد اسانس در شرایط تنش خشکی در تیمار نانو اکسید آهن به میزان ۰/۰۸۵ درصد بود که تفاوت معنی داری با سایر تیمارها و شاهد داشت و کمترین درصد اسانس ۰/۰۵۴

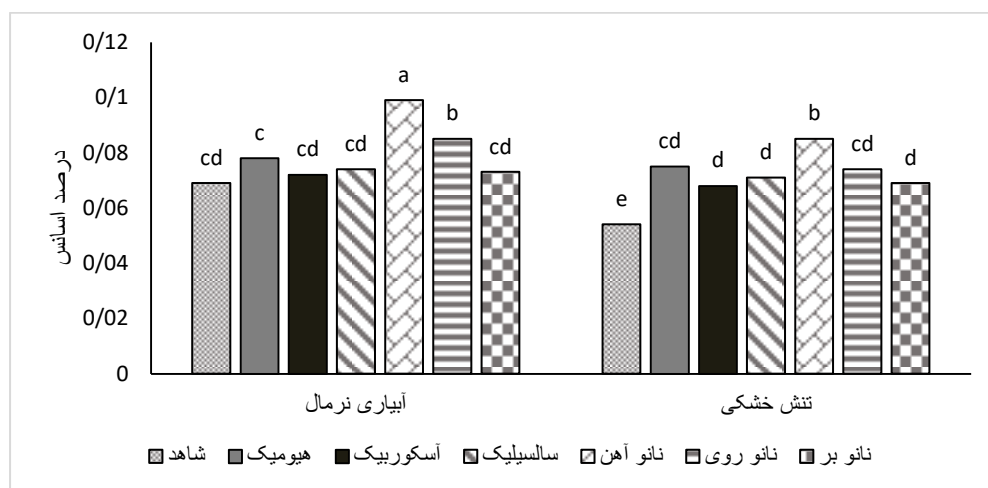
درصد مربوط به تیمار شاهد (عدم اعمال پرایمینگ) ثبت شد (شکل ۴-۲۶). همچنین سایر تیمارهای پرایمینگ هرچند از نظر آماری در یک گروه قرار داشتند ولی باعث افزایش معنی‌دار درصد اسانس نسبت به شاهد در شرایط تنش خشکی شدند (شکل ۴-۲۶). عوامل زیادی وجود دارد که سبب تغییر کمیت و کیفیت اسانس می‌شود که یکی از آن‌ها مصرف عناصر غذایی است. گیاهان دارویی در طول دوره رویش برای تولید مناسب اسانس و مواد مؤثر به مقدار کافی عناصر ریزمغذی نیاز دارند. به‌طوری‌که تأمین این عناصر، مقدار و عملکرد اسانس را تا حد زیادی افزایش می‌دهد (شعبانزاده و همکاران، ۱۳۹۰).

نکته‌ای که باید مورد اشاره قرار گیرد این است که تنش خشکی علاوه بر کمیت گل، عوامل مؤثر بر کیفیت گل از جمله میزان فلاونوئیدها و درصد اسانس را نیز تحت تأثیر قرار داد. علیرغم اینکه با افزایش شدت خشکی به سطح متوسط آن، میزان فلاونوئیدهای گل همیشه‌بهار افزایش یافت و درصد اسانس آن نیز کاهش یافت. کاهش در محتوی روغن‌های فرار می‌تواند به دلیل بر هم خوردن فتوسنتز و تولید کربوهیدرات‌ها و سرکوب رشد گیاه در شرایط خشکی باشد (نوروزپور و رضوانی مقدم، ۱۳۹۰).

گیاهان بسته به گونه گیاهی و ژنوتیپ به تنش خشکی واکنش‌های متفاوتی نشان می‌دهند؛ بنابراین تنظیم و مدیریت آب در گیاهان دارویی و معطر از نظر تولید اسانس حائز اهمیت زیادی است. ربیعی و همکاران (۲۰۱۲) در مطالعه اثر تنش خشکی (بدون تنش، تنش متوسط و تنش شدید) روی زیره سبز نشان دادند که گیاهان تحت تنش متوسط نسبت به دو تیمار بدون تنش (شاهد) و تنش شدید از اسانس بالاتری برخوردار بودند. رضائی چپانه (۱۳۹۱) در بررسی اثر تیمارهای مختلف آبیاری بر تجمع اسانس، ترکیبات آن و برخی صفات اکوفیزیولوژیکی در رازیانه دریافت که تنش خشکی سبب افزایش درصد اسانس رازیانه می‌گردد، اما عملکرد اسانس آن را کاهش می‌دهد؛ که علت افزایش درصد اسانس رازیانه بر اثر تنش کمبود آب را به دلیل بیشتر بودن تراکم غده‌های اسانس در اثر کاهش سطح برگ ناشی از تنش و تجمع بیشتر اسانس گزارش کرده است. در بررسی رضاپور و همکاران (۱۳۸۵) در سیاه‌دانه با افزایش تنش کم‌آبی درصد اسانس به‌طور معنی‌دار کاهش یافت که با نتیجه آزمایش حاضر مطابقت دارد.

فتوسنتز و تولید فرآورده‌های فتوسنتزی رابطه مستقیمی با تولید اسانس در گیاهان دارد. همبستگی بین فتوسنتز و تولید اسانس نشان می‌دهد که گلوکز به‌عنوان پیش ماده مناسب برای تولید NADPH و ATP در سنتز اسانس و به‌ویژه مونوترپن‌ها عمل می‌کند (دوبی و همکاران، ۲۰۰۳). به نظر می‌رسد که مقدار گلوکز حاصل از فتوسنتز، سوبسترای لازم را برای تأمین انرژی و سنتز ترکیب‌های مؤثر در اسانس فراهم می‌کند. علاوه بر این افزایش آهن در گیاه سبب افزایش توان فتوسنتزی و افزایش پیش سازهای ترکیبات فنولی موردنیاز سنتز اسانس‌ها و در نتیجه افزایش تولید اسانس می‌شود. از سوی دیگر به نظر می‌رسد با توجه به تأثیر عنصر آهن در رشد و نمو گیاه می‌توان یکی از دلایل بیشتر شدن مقدار اسانس را تولید بیشتر غده‌های ترشح‌کننده اسانس در گل‌ها دانست (دوبی و همکاران، ۲۰۰۳).

گزارش‌های زیادی وجود دارد که نتایج آزمایش حاضر را مورد تأیید قرار می‌دهند و حاکی از آن است که پرایمینگ باعث افزایش درصد اسانس در تنش خشکی می‌گردد. از جمله بهرام نژاد و صفاری (۱۳۹۳) نشان داد با اعمال استرس آبی و پرایمینگ در رازیانه، درصد اسانس و ترکیبات روغن ضروری افزایش می‌یابد.



شکل (۴-۲۶) اثرات متقابل پیش تیمار و تنش خشکی بر درصد اسانس

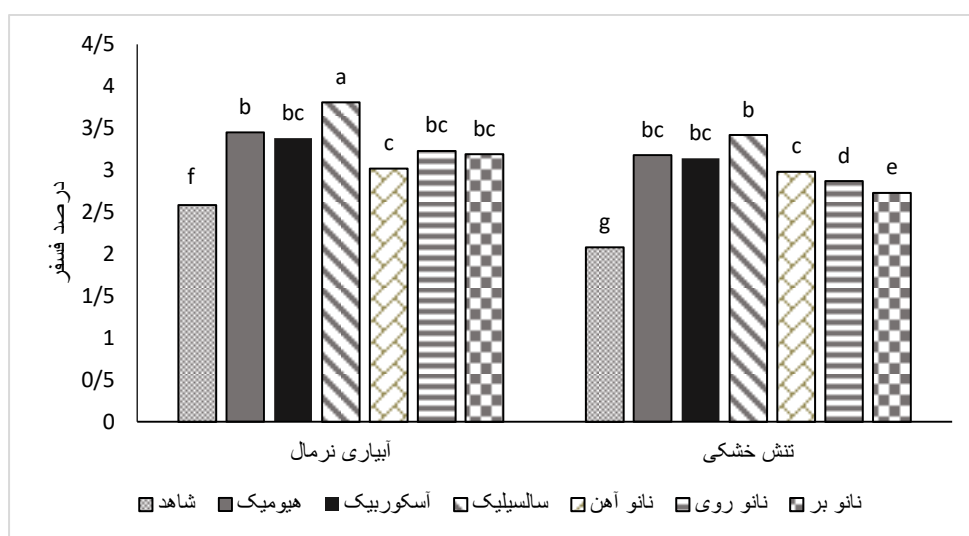
حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین تیمارها بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد است.

۴-۲-۱۱- درصد فسفر

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر متقابل پرایمینگ و تنش خشکی، تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بر غلظت فسفر در گیاه همیشه‌بهار داشت (جدول ۴-۵ ب). همان‌طور که از نتایج مقایسه میانگین‌ها مشخص هست تنش خشکی باعث کاهش غلظت فسفر در گیاه می‌گردد ولی به‌طور کلی، کلیه تیمارهای پرایمینگ هم در شرایط تنش خشکی و هم غیر تنش نقش افزایشی در جذب فسفر داشت (جدول ۴-۶). در شرایط آبیاری نرمال بیشترین درصد فسفر در تیمار پرایمینگ با اسید سالیسیک به میزان ۳/۸۱ درصد بود که تفاوت معنی‌داری نسبت به شاهد و سایر تیمارها داشت همچنین (جدول ۴-۶). با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها بیشترین درصد فسفر در شرایط تنش خشکی مربوط به تیمار اسید سالیسیک هست که با تیمارهای اسید آسکوربیک و اسید هیومیک در یک گروه آماری قرار داشتند ولی با سایر تیمارهای پرایمینگ و شاهد تفاوت معنی‌داری داشتند و کمترین درصد فسفر در تیمار شاهد، در شرایط تنش خشکی ۲/۰۸ درصد بود که نسبت به تیمار پرایمینگ با اسید سالیسیک کاهش ۴۵ درصدی داشت (شکل ۴-۲۷).

تأمین بهینه عناصر غذایی ضروری یکی از عوامل مهم در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت تولیدات کشاورزی بشمار می‌رود، یکی از مهم‌ترین پارامترهای تأثیرگذاری تنش خشکی بر تجمع عناصر غذایی، مسئله نیاز متفاوت گیاه در روند جذب و دوره‌های مختلف رشدی به عناصر غذایی می‌باشد. در خاک‌های آهکی جذب فسفر عمدتاً تحت تأثیر کربنات کلسیم است؛ اما اسیدهای آلی در نتیجه رقابت بر سر سایت‌های جذبی در خاک بر واکنش‌های رسوب و جذب فسفوری تأثیر می‌گذارند و فراهمی فسفر را افزایش می‌دهند (یو و همکاران، ۲۰۰۴). فسفر در ساختمان DNA و RNA و فیتین یا اسید فیتیک نقش مهمی دارد. مهم‌ترین نقش فسفر در گیاه، ذخیره و انتقال انرژی می‌باشد که به‌صورت مولکول‌های ATP قادر است انرژی مورد نیاز گیاه را تأمین نماید (علی مددی و همکاران، ۲۰۱۰). اسید سالیسیک با کلات کردن عناصر ضروری از جمله فسفر و نیتروژن سبب افزایش جذب این عناصر شده و تولید در گیاهان را افزایش می‌دهد (کیخا و همکاران، ۱۳۸۴).

افزایش قابلیت استفاده فسفر به سبب اثر مطلوب اسیدهای آلی در افزایش حلالیت فسفر از سنگ فسفات در نتیجه کاربرد اسیدهای آلی (سالیسیک، سیتریکو اگزالیک) در خاک توسط یو و همکاران (۲۰۰۴) گزارش شده است. همچنین پرایمینگ با اسید سالیسیک باعث تغییرات وسیع شاخص‌های مورفولوژیکی ریشه به‌ویژه گره بندی و افزایش طول ریشه می‌شود که از این رو می‌توان گفت تیمارهای پرایمینگ سبب افزایش جذب آب و مواد غذایی خصوصاً عنصر فسفر مورد نیاز گیاه می‌شوند (علی مددی و همکاران، ۲۰۱۰). از این رو می‌توان گفت پیش تیمار سبب افزایش جذب آب و مواد غذایی خصوصاً عنصر فسفر مورد نیاز گیاه می‌شوند.



شکل (۴-۲۷) اثرات متقابل پیش تیمار و تنش خشکی بر درصد فسفر

حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین تیمارها بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد است

۴-۲-۱۲- درصد روغن

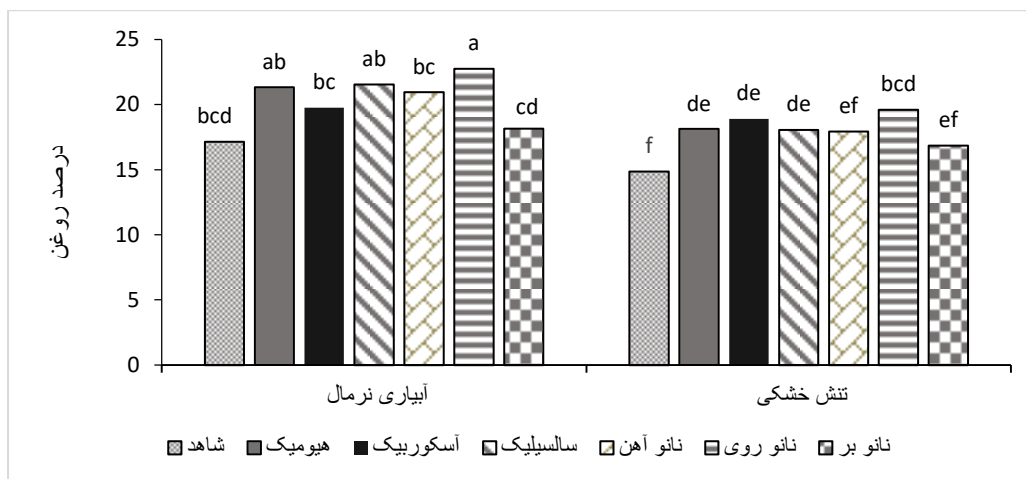
نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر متقابل پیش تیمار و تنش خشکی در سطح احتمال یک درصد بر درصد روغن معنی‌دار است (جدول ۴-۵ ب). با توجه به مقایسه میانگین‌ها مشاهده شد در همه تیمارهای پرایمینگ تنش خشکی نسبت به آبیاری نرمال باعث کاهش معنی‌دار درصد روغن شده و کمترین مقدار درصد روغن در شرایط تنش خشکی در تیمار شاهد با مقدار ۱۴/۸۶ درصد مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارها داشت. بیشترین درصد روغن در شرایط تنش خشکی در تیمار نانو روی به

مقدار ۱۹/۶۲ درصد مشاهده شد که با تیمارهای اسیدهای آلی در یک گروه آماری قرار داشتند ولی با تیمار نانو آهن، نانو بر و شاهد تفاوت معنی‌داری داشت (شکل ۴-۲۸). همچنین در شرایط آبیاری نرمال بیشترین درصد روغن در اثر تیمار نانو روی بود که با تیمارهای اسید سالیسیلیک و اسید هیومیک در یک گروه آماری قرار داشتند ولی نسبت به شاهد و سایر تیمارهای تفاوت معنی‌داری داشت (شکل ۴-۲۸).

بلالویی و همکاران (۲۰۱۳) نیز گزارش کردند مقدار روغن دانه سویا در اثر تنش خشکی کاهش معنی‌داری نشان داد که دلیل آن را می‌توان حساسیت زیاد تجمع لیپیدها نسبت به تنش خشکی در مرحله دانه‌بندی و کاهش فتوسنتز جاری و کاهش مواد فتوسنتزی عرضه‌شده برای پر شدن دانه و همچنین کاهش طول دوره پر شدن دانه ذکر نمود. تنش خشکی به‌ویژه در هنگام رسیدگی به دلیل تسریع در رسیدگی گیاه، درصد روغن را کاهش ولی محتوای پروتئین را افزایش می‌دهد. در چنین شرایطی فرصت کافی برای سنتز روغن از پروتئین‌های ذخیره‌شده در دانه وجود نداشته و بنابراین درصد روغن کاهش خواهد یافت (آلیاری و همکاران، ۱۳۷۹).

جایارانبابو و کوماری (۲۰۱۴) نیز با مقایسه اثر نسبت‌های مختلف کودهای نانو و شیمیایی اکسیدروی بر عملکرد روغن دانه به نتیجه مشابهی دست یافتند. در همین راستا کیخا و همکاران (۱۳۸۴) گزارش کردند هرچند با کاهش میزان آب مصرفی و به تبع آن بروز تنش خشکی از عملکرد، میزان روغن و درصد روغن در گیاه کلزا کاسته شد، اما با به‌کارگیری کودهای نانو بور و روی در سطوح بالای تنش تا حدی اثرات سوء تنش خشکی بر عملکرد را کاهش داد. به نظر می‌رسد افزایش درصد روغن در گیاه سویا با پیش تیمار مواد نانو به دلیل بهبود جذب عناصر غذایی و همچنین اثرات مثبت بر فتوسنتز برگ رخ داده باشد (بارکر و سویر، ۲۰۰۵). از آنجایی که تولید روغن نیاز به انرژی بسیار بیشتری در مقایسه با تولید نشاسته دارد، بنابراین وجود سطح سبزینه مطلوب و فعال که توان فتوسنتزی بالایی داشته باشند به واسطه بهبود انرژی در گیاه، اثر مطلوب‌تری بر این صفت کیفی خواهد داشت (مرشدی و نقیبی، ۱۳۸۳).

با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها تیمار با نانو اکسید روی باعث افزایش ۲۴/۲۶ درصدی روغن نسبت به شاهد در شرایط تنش خشکی شده است.



شکل (۴-۲۸) اثر متقابل پیش تیمار و تنش خشکی بر درصد روغن

حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین تیمارها بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد است.

۴-۲-۱۳- عملکرد روغن

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد اثرات ساده و متقابل پیش تیمار و تنش خشکی در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد روغن، از لحاظ آماری معنی‌دار شدند (جدول ۴-۵ ب).

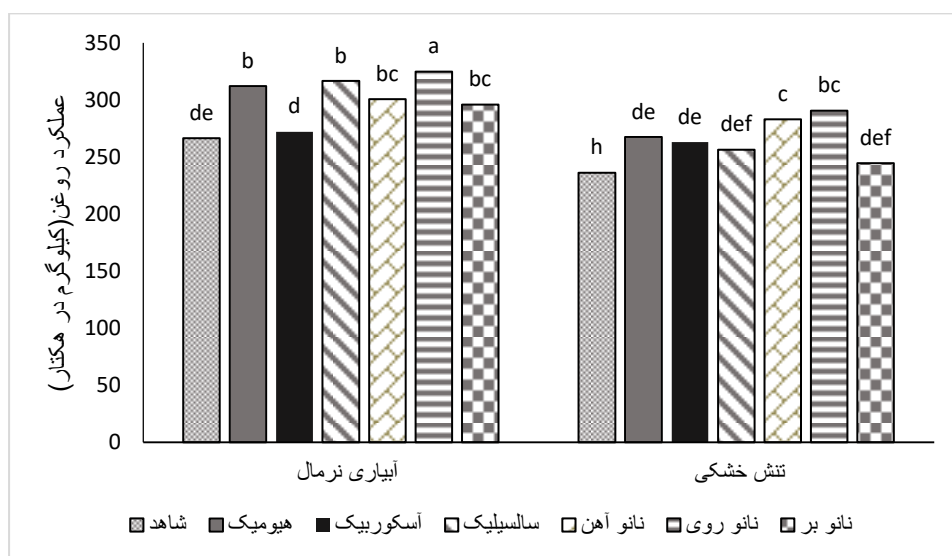
با توجه به مقایسه میانگین‌ها مشاهده می‌شود تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار عملکرد روغن در هر یک از تیمارهای پرایمینگ و شاهد نسبت به آبیاری نرمال می‌گردد (جدول ۴-۶). با بررسی نتایج آزمایش در آبیاری نرمال و تنش خشکی پرایمینگ با مواد آلی و نانو باعث افزایش معنی‌دار عملکرد روغن نسبت به شاهد شده هست. مطابق شکل (۴-۲۹) بیشترین عملکرد روغن در شرایط آبیاری نرمال به مقدار $324/8$ کیلوگرم در هکتار در اثر پیش تیمار با نانو اکسیدروی به دست آمد و در شرایط تنش نیز بیشترین میزان عملکرد روغن در اثر تیمار با نانو اکسید روی به مقدار $290/4$ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد، ولی تفاوت معنی‌داری با نانو اکسید آهن نداشت. کمترین مقدار عملکرد روغن در تیمار شاهد در شرایط تنش خشکی به دست آمد (جدول ۴-۶).

تأثیر نانو اکسید روی می‌تواند به دلیل نقش ویژه این عنصر در افزایش فعالیت‌های متابولیکی مخصوصاً واکنش‌های منتج به سنتز روغن باشد (مارچنر، ۱۹۹۵). کمبود روی باعث جلوگیری از فعالیت تعدادی از

آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان می‌شود که نتیجه آن خسارت شدید به غشای لیپیدی می‌باشد و این امر می‌تواند باعث کاهش میزان روغن دانه شود (چاکماک و هورست، ۱۹۹۱). عنصر روی می‌تواند اثر مطلوبی بر فعالیت‌های فتوسنتزی برگ و انتقال بهتر مواد فتوسنتزی داشته باشد بر اساس نتایج تحقیقات انجام‌شده، شکل‌گیری اندام‌های جنسی نر و ماده و فرآیند گرده‌افشانی بر اثر کمبود روی مختل شده و منجر به کاهش شدیدی در عملکرد می‌شود که این موضوع به کاهش تولید ایندول استیک اسید (IAA) نسبت داده شده است (برنان و همکاران، ۲۰۰۱).

به‌طور کلی در شرایط تنش خشکی پیش تیمار با اسید هیومیک، اسید آسکوربیک، اسید سالسیلیک و نانو اکسید بر نیز باعث افزایش معنی‌دار عملکرد روغن نسبت به شاهد شد ولی تفاوت معنی‌داری بین این تیمارها مشاهده نگردید (شکل ۴-۲۹).

طاهری و همکاران (۱۳۹۷) در بررسی تأثیر پرایمینگ بذر گلرنگ با اسید سالسیلیک در شرایط تنش خشکی بیان کردند که عملکرد روغن دانه در بذره‌ای پرایم شده نسبت به بذره‌ای پرایم نشده در حدود ۱۱ درصد بیشتر بود. با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها نتیجه‌گیری می‌شود که در حالت کلی پرایمینگ با مواد آلی و نانو باعث افزایش معنی‌دار عملکرد روغن نسبت به شاهد شده هست.



شکل (۴-۲۹) اثر متقابل تیمار و تنش خشکی بر عملکرد روغن

حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین تیمارها بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد است

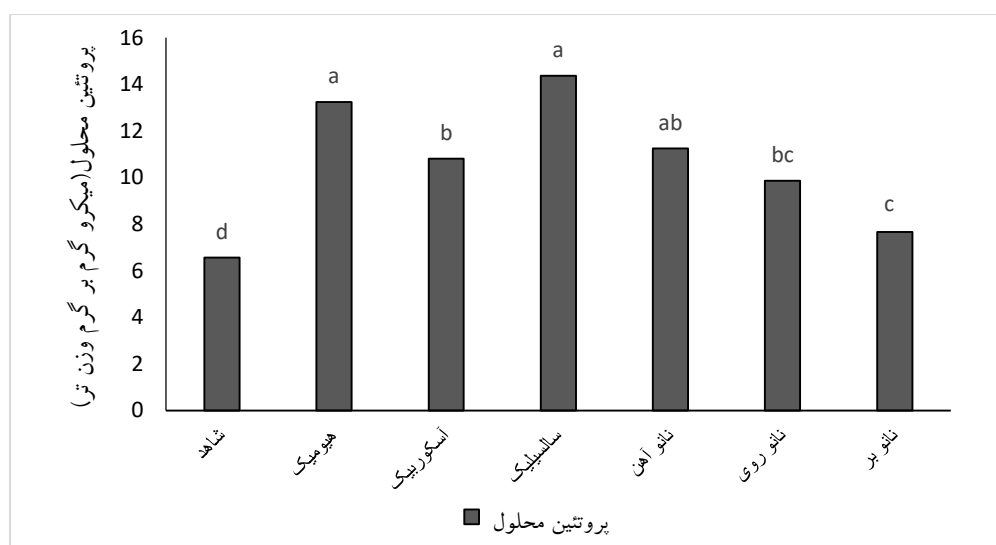
۴-۲-۱۴- پروتئین محلول

مقایسه تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثرات اصلی پیش تیمار بذر و تنش خشکی بر پروتئین محلول در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود ولی اثر متقابل تنش خشکی و پیش تیمار بر پروتئین محلول برگ همیشه‌بهار معنی‌دار نبود (جدول ۴-۵ ب). بیشترین مقدار پروتئین محلول در شرایط پیش تیمار با اسید سالسیلیک به مقدار ۱۴/۳۷ میکروگرم بر گرم وزن تر به دست آمد که با تیمارهای اسید هیومیک و نانو آهن در یک گروه آماری قرار داشتند، ولی با سایر تیمارها و تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری داشت و کمترین مقدار مربوط به شاهد به مقدار ۶/۵۷ میکروگرم بر گرم وزن تر بود (شکل ۴-۳۰). در خصوص اثر ساده تنش خشکی نیز بیشترین مقدار پروتئین محلول ۱۰/۱۴ میکروگرم بر گرم وزن تر در آبیاری نرمال بود که نسبت به تنش خشکی به میزان ۱۲ درصد افزایش داشت.

نتایج مطالعات پیراسته و همکاران (۲۰۱۲) نشان داد، تیمار اسید سالسیلیک احتمالاً فعالیت نیترات ردوکتاز را محافظت می‌کند و محتوای پروتئین و نیتروژن برگ را در سطحی برابر با گیاهچه‌هایی که در شرایط آب کافی بودند، نگه می‌دارد. نتایج سایر محققان نشان داد که اسید سالسیلیک می‌تواند به‌عنوان یک تنظیم‌کننده رشد بالقوه برای بهبود رشد گیاه تحت تنش آبی مورد استفاده قرار گیرد (اورابی و همکاران، ۲۰۱۰). نقش اسید سالسیلیک در بهبود ویژگی‌های بیوشیمیایی گیاه مانند محتوای پروتئین‌های محلول، پرولین آزاد، رنگیزه‌های فتوسنتزی و میزان هورمون‌های گیاهی و در نتیجه افزایش عملکرد در شرایط تنش در بسیاری از گیاهان مانند جو و گندم نیز گزارش شده است (شاکریووا، ۲۰۰۷)؛ (تاسکین و همکاران، ۲۰۰۶). اسید هیومیک نیز از طریق بهبود جذب عناصر غذایی و سهولت جذب عناصر ماکرو و میکرو منجر به افزایش درصد پروتئین دانه می‌شود (انجی و همکاران، ۲۰۱۳).

در آزمایش‌های مزرعه‌ای روی کنجد نیز مشاهده شد که کاربرد اسید هیومیک به‌صورت محلول‌پاشی میزان پروتئین را افزایش داد (سالوا، ۲۰۱۱). افزایش پروتئین دانه با کاربرد آهن توسط پور غلام و همکاران (۲۰۱۳) در کلزا و افزایش این صفت توسط رآوی و همکاران (۲۰۰۸) در گلرنگ با محلول‌پاشی آهن و روی

مشاهده شد. محلول پاشی آهن نیز میزان آهن فعال درون گیاه و فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز که برای چرخه اسیدهای آمینه ضروری است و در نتیجه میزان پروتئین را افزایش می دهد (پور غلام و همکاران، ۲۰۱۳). با توجه به نتایج آزمایش سالیسیک اسید و نانو آهن به علت افزایش فعالیت آنزیم ها و اسید هیومیک به علت افزایش جذب عناصر غذایی و در نتیجه افزایش فتوسنتز می توان افزایش پروتئین محلول را در اثر پرایمینگ توجیه کرد.



شکل (۴-۳) اثر ساده پیش تیمار بذر بر درصد پروتئین محلول

حروف مشابه نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار بین تیمارها بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد است.

۴-۲-۱۵-محتوای پرولین برگ

نتایج تجزیه مرکب داده های آزمایش نشان داد که اثر متقابل پرایمینگ و تنش خشکی بر مقدار پرولین در سطح یک درصد معنی داری بود (جدول ۴-۵ ب). با توجه به مقایسه میانگین ها تنش خشکی غلظت پرولین برگ را به طور معنی داری افزایش داده است. به طوری که بیشترین میزان پرولین مربوط به بذور پیش تیمار شده در شرایط تنش خشکی و کمترین میزان پرولین مربوط به شاهد در هر دو شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی بود (جدول ۴-۶). با توجه به شکل (۴-۳) با اعمال تنش خشکی در گیاهانی که پرایمینگ صورت

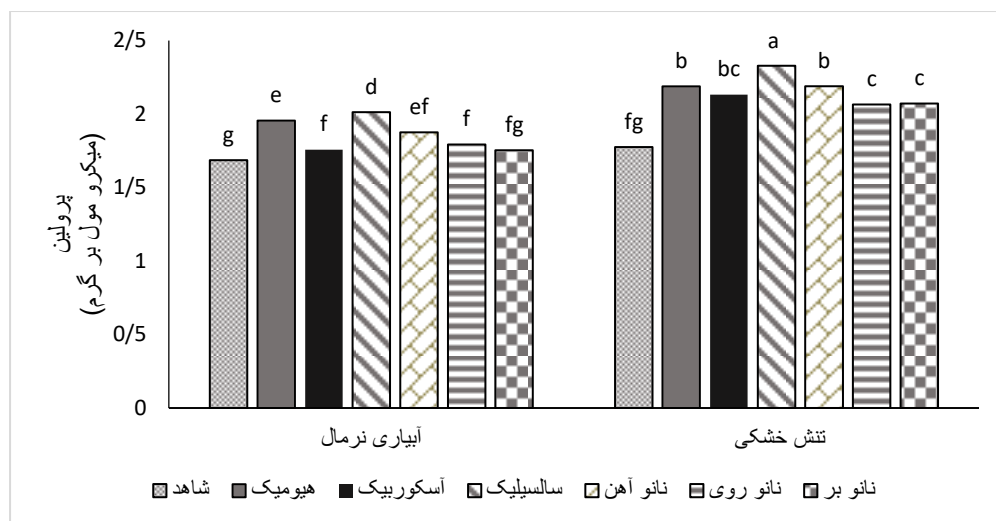
گرفته میزان پرولین در برگ نسبت به شاهد افزایش معنی داری یافته است به طوری که بیشترین مقدار پرولین در تیمار پرایمینگ با اسید سالسیلیک به مقدار ۲/۳۲۸ درصد و کمترین مقدار پرولین برگ مربوط به تیمار شاهد در آبیاری نرمال به مقدار ۱/۶۸۶ درصد بود، در بین تیمارهای پرایمینگ در شرایط آبیاری نرمال بیشترین درصد پرولین مربوط به تیمار با اسید سالسیلیک بود که تفاوت معنی داری با سایر تیمارهای پرایمینگ و شاهد داشت (۴-۳۱).

ابراهیمی و همکاران (۱۳۹۶) در بررسی تنش خشکی بر روی همیشه بهار مشاهده کردند که اسید آمینه پرولین در گیاهان تحت تنش به طور مستمر افزایش یافت، به طوری که میزان آن در بالاترین سطح تنش (حفظ رطوبت در ۲۰٪ آب قابل استفاده گیاه) به بیش از ۴ برابر میزان آن در تیمار شاهد بدون تنش رسید.

احتمالاً دلیل افزایش پرولین طی تنش خشکی این است که پرولین اسید آمینه ذخیره شده در سیتوپلاسم بوده که احتمالاً در حفاظت از ساختمان ماکرو مولکول های درون سلول در طی تنش خشکی نقش مؤثری دارد. تجمع پرولین تحت شرایط تنش می تواند تا حدی شرایط لازم برای ادامه جذب آب از محیط ریشه برای گیاه را فراهم کند ولی اتکای گیاهان به این ترکیب های آلی برای تنظیم اسمزی هزینه بر است و منجر به کاهش عملکرد گیاهان می شود (نیو و همکاران، ۲۰۰۸).

افزایش غلظت پرولین تحت تنش ممکن است نشان دهنده نقش احتمالی این اسید آمینه در مقاومت به تنش خشکی باشد. بعلاوه، تجمع پرولین ممکن است، به توسعه واکنش های ضد تنشی القاء شده به وسیله اسید سالسیلیک وزنده مانی گیاه در دوره های کوتاه خشکی کمک کند (ریاحی و همکاران، ۲۰۱۲). اسید آمینه پرولین جزء ترکیبات تنظیم کننده اسمزی به شمار می رود و تجمع آن در بافت یکی از بیشترین تغییرات القاء شده ناشی از تنش آبی یا شوری در گیاهان است (تاردیو، ۲۰۰۵). برای تجمع پرولین در گیاه به هنگام تنش خشکی دلایل مختلفی ارائه شده است. برخی آن را به اثر تنظیمی آبسزیک اسید بر فرآیندهای نوری در متابولیسم پرولین (نقی زاده و همکاران، ۲۰۰۴) و برخی آن را به وجود ترکیبات پرانرژی حاصل از فتوسنتز که سبب تحریک سنتز پرولین می شود، نسبت می دهند (یونخیا و همکاران، ۲۰۱۰). همچنین گزارش شده اسید سالسیلیک می تواند باعث القا تجمع پرولین در گیاهچه های گندم شود که با دخالت

اسیدآبسیزیک انجام می‌شود. در نتیجه موجب کاهش تأثیر زیان‌آور تنش شوری و کم‌آبی بر گیاهچه‌ها می‌شود (شکیرا و همکاران، ۲۰۰۳). گزارش شده که اسید سالیسیلیک بر تشکیل پروتئین‌های دفاعی گیاه تأثیر می‌گذارد (الحکیمی و همکاران، ۲۰۰۱). افزودن اسید سالیسیلیک با غلظت‌های متفاوت باعث افزایش مقدار پرولین و بهبود مقاومت گیاه به خشکی می‌گردد (یزدان پناه و همکاران، ۱۳۸۸).



شکل (۴-۳۱) اثر متقابل پیش تیمار و تنش خشکی بر پرولین آزاد برگ

حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین تیمارها بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد است.

۴-۲-۱۶-آنزیم پراکسیداز

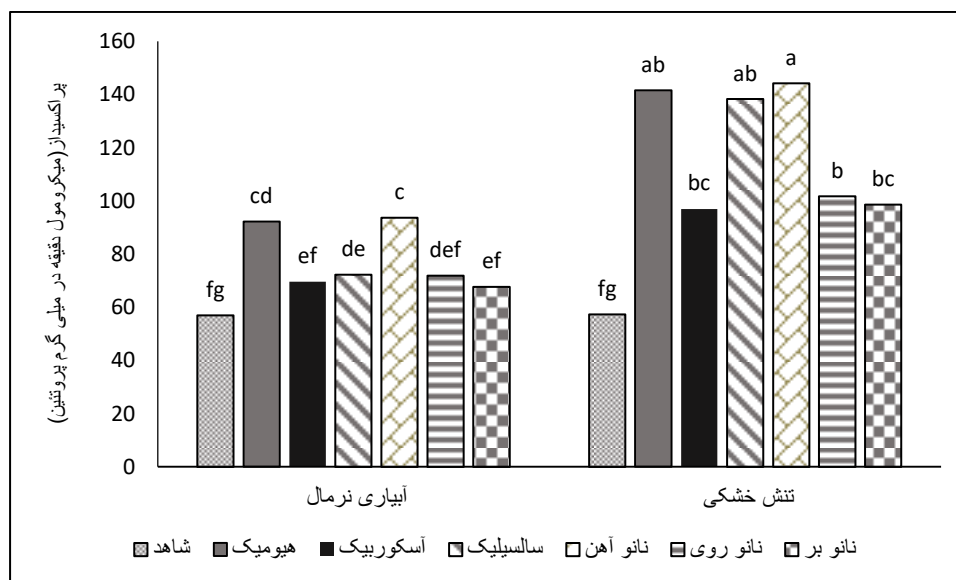
نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثرات ساده و متقابل تنش خشکی و پرایمینگ بر آنزیم پراکسیداز در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴-۵ ب) مقایسه میانگین‌ها حاکی از آن بود تیمارهای مختلف پیش تیمار بذر در برابر تنش خشکی رفتارهای متفاوتی نشان دادند. پیش تیمار با کودهای آلی و نانو فعالیت آنزیم پراکسیداز را به‌طور معنی‌داری در شرایط تنش خشکی نسبت به آبیاری نرمال افزایش دادند. (جدول ۴-۶). با توجه به شکل (۴-۳۲) در شرایط تنش خشکی کلیه پیش تیمارهای بذری باعث افزایش معنی‌دار پراکسیداز نسبت به شاهد شدند ولی بیشترین میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز در شرایط تنش خشکی به ترتیب مربوط به پیش تیمار با نانوآکسید آهن، اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک بوده که تفاوت معنی‌داری بین این سه

تیمار مشاهده نشد. همچنین در شرایط آبیاری نرمال بیشترین مقدار آنزیم پراکسیداز بر اثر پیش تیمار با نانو آهن بود که تفاوت معنی‌داری با اسید هیومیک نداشت ولی نسبت به شاهد و سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری نشان داد (۴-۳۲).

طبق نتایج مشاهده می‌شود تنش خشکی باعث افزایش فعالیت آنزیم پراکسیداز شده است به‌طوری‌که بیشترین مقدار آنزیم پراکسیداز در تنش خشکی مربوط به پرایمینگ با نانو اکسید آهن و کمترین مربوط به شاهد به ترتیب با میانگین ۱۴۴/۱۷ و ۵۷/۲۸ میکرو مول دقیقه در میلی گرم پروتئین مشاهده گردید (جدول ۴-۶). پاسخ آنتی اکسیدانی به هنگام کم‌آبی به شدت تنش و نوع گونه گیاهی بستگی دارد و معمولاً گونه‌های گیاهی مقاوم از ظرفیت حفاظتی کارآمدتری در مقابل تنش اکسیداتیو القاء شده توسط تنش کم‌آبی برخوردارند و می‌توانند از طریق بالا بردن میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان از قبیل پراکسیداز میزان حفاظت را افزایش دهند (حسینی و همکاران، ۲۰۱۲). مصرف خارجی سالیسیلیک اسید فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان سوپراکسید دیسموتاز و پراکسیداز را تحریک نموده و تحمل گیاه نسبت به تنش‌های محیطی را افزایش داده است (ساختنودنوا، ۲۰۰۴). کاربرد سالیسیلیک اسید فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی را در گیاه ذرت افزایش داده است (کرانتو و همکاران، ۲۰۰۸).

گزارش شده میزان فعالیت ایزو آنزیم‌های پراکسیداز در برگ‌های سویا و آفتابگردان در محلول غذایی فاقد آهن در فرآیند خنثی‌سازی پراکسید هیدروژن کاهش می‌یابد (کامروا و همکاران، ۲۰۱۷). بنابراین می‌توان بیان نمود که در گیاهان، مهم‌ترین آنزیم‌های خنثی‌کننده پراکسید هیدروژن، یعنی کاتالاز، پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز، آنزیم‌های حاوی عنصر آهن هستند. عناصر کم مصرف مانند آهن، روی، مس، منیزیم و منگنز، نقش مهمی را به عنوان کوفاکتور در ساختمان تعدادی از آنزیم‌های آنتی اکسیدان ایفا می‌کنند (ترحمی و همکاران، ۲۰۱۰). بنابراین هنگامی که گیاهان با کمبود این عناصر مواجه باشند، فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی کاهش می‌یابد و حساسیت به تنش‌های محیطی افزایش می‌یابد از طرفی تنش اکسیداتیو باعث کاهش تولید کلروفیل می‌شود که پیامد آن، آسیب به دستگاه فتوسنتزی است (نسیبی و همکاران، ۲۰۱۴). این موضوع به دلیل تغییر و تبدیل پروتئین‌های مجموعه فتوسیستم II صورت می‌گیرد بنابراین

افزایش فعالیت آنزیم آنتی اکسیدان در اثر مصرف نانو اکسید آهن، به خصوص در شرایط تنش خشکی، می تواند موجب حفظ و پایداری غشاهای سلولی و افزایش توان ظرفیت سیستم فتوسنتزی گیاه شود، زیرا از این طریق می توانند صدمات ناشی از تنش اکسیداتیو را کاهش داده که نتیجه آن، افزایش عملکرد دانه و به تبع آن عملکرد اسانس است (دلریو و همکاران، ۲۰۰۶).



شکل (۴-۳۲) اثر متقابل پیش تیمار و تنش خشکی بر محتوی پراکسیداز

حروف مشابه نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار بین تیمارها بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد است

۴-۲-۱۷-آنزیم کاتالاز

با توجه به نتایج تجزیه واریانس داده ها اثرات ساده تنش خشکی، پیش تیمار و همچنین اثرات متقابل آن ها در سطح احتمال یک درصد بر میزان فعالیت آنزیم کاتالاز معنی دار بود (جدول ۴-۵). بر اساس نتایج مقایسه میانگین داده های این آزمایش، در شرایط تنش خشکی کلیه پیش تیمارهای بذری باعث افزایش معنی دار آنزیم کاتالاز نسبت به شاهد شدند و پیش تیمار با نانو اکسید آهن، اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک به ترتیب بیشترین تأثیر در میزان آنزیم کاتالاز را داشتند ولی تفاوت معنی داری بین این سه تیمار مشاهده نشد (شکل ۴-۳۳). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در شرایط تنش خشکی در تیمار نانو اکسید آهن به میزان ۵۵/۳۶ میکرو مول دقیقه در میلی گرم پروتئین به دست آمد و

کمترین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در تیمار شاهد به میزان ۳۰/۱۹ میکرو مول دقیقه در میلی گرم پروتئین مشاهده گردید (شکل ۴-۳۳). نتایج بررسی اثر تیمارهای مختلف پرایمینگ نشان داد در حالت کلی بیشترین سطح کاتالاز در تیمارهای پرایم شده در تنش خشکی و کمترین مقدار کاتالاز در شرایط آبیاری نرمال بود. باین حال در شرایط آبیاری نرمال بیشترین مقدار آنزیم کاتالاز در بذور پیش تیمار شده با نانو آهن را بود که نسبت به شاهد تفاوت معنی داری داشت (جدول ۴-۶). این نتایج با نتایج گزارشی مبنی بر اثر پرایمینگ در افزایش کاتالاز در شرایط سطوح تنش شوری بالا مطابقت داشت (فرهودی و همکاران، ۲۰۱۱).

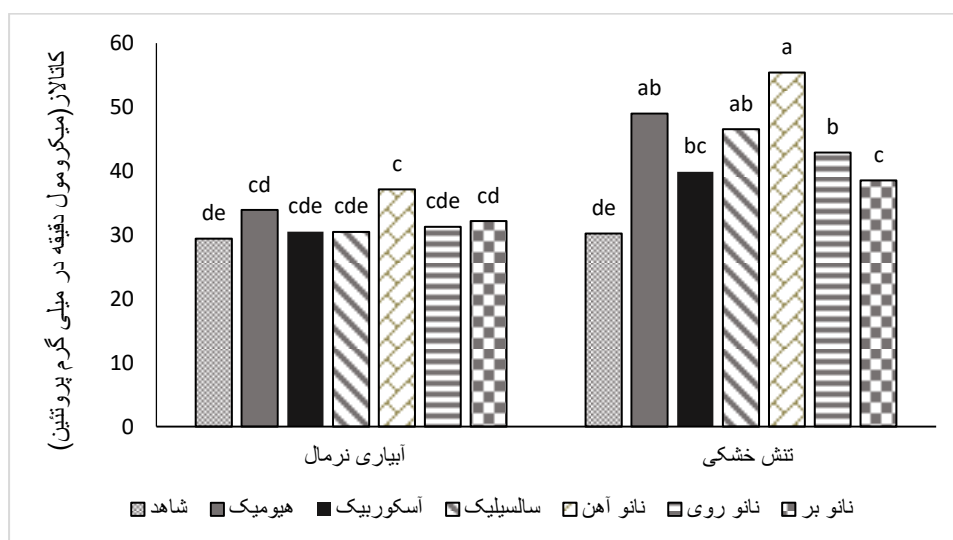
ابراهیمی و همکاران (۱۳۹۶) در مطالعه تنش خشکی بر روی همیشه بهار بیان کردند، با افزایش شدت تنش خشکی از سطح شاهد (حفظ رطوبت خاک در ۸۰٪ آب قابل استفاده خاک) فعالیت دو آنزیم سوپر اکسید دسموتاز و کاتالاز نیز افزایش یافت، به طوری که در تنش ۴۰٪ آب قابل استفاده گیاه میزان فعالیت SOD و CAT به ترتیب ۲۸/۵٪ و ۳۰/۵٪ بیشتر از شاهد بدون تنش بود. این یافته‌ها با نتایج آزمایش حاضر مطابقت دارد.

بروز تنش خشکی سبب ایجاد اختلالات متابولیسمی در سلول‌های گیاهی می‌گردد که می‌توان به افزایش تولید فرم‌های فعال اکسیژن به عنوان یکی از فاکتورهای اصلی اختلالات متابولیسمی سلول اشاره کرد (میتلر، ۲۰۰۲). احیای ناقص اکسیژن اتمسفری، سبب تشکیل فرم‌های فعال اکسیژن نظیر رادیکال سوپراکسید، پراکسید هیدروژن و رادیکال هیدروکسیل می‌شود (بلوخینا و همکاران، ۲۰۰۳). نتایج پژوهش‌های مختلف نشان دادند که یک ارتباط قوی میان تحمل به تنش‌های اکسیداتیو که به دلیل تنش‌های محیطی ایجاد می‌شود و افزایش در غلظت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در گیاهان وجود دارد هرچند واکنش آنزیم کاتالاز در شرایط تنش خشکی متغیر بوده و می‌تواند افزایشی، کاهش‌ی یا بدون تغییر باشد (زنگ و کیرخام، ۲۰۰۷؛ اشکانی و همکاران، ۱۹۹۷).

گزارش شده است که سنتز آنزیم‌هایی مانند کاتالاز، یک پاسخ سازگار یافته در برابر تنش‌های محیطی هست (دولت آبادی و همکاران، ۲۰۰۹) کمبود آهن در گیاهان نه تنها موجب کلروز می‌شود، بلکه فعالیت آنزیم‌های مشخصی مانند کاتالاز و پراکسیداز را نیز کاهش می‌دهد. زیرا این آنزیم‌ها دارای آهن پورفیرین هستند و

به عنوان گروه های پروستتیک، نقش ویژه ای را در متابولیسم گیاهی ایفا می کنند (فرش باف و همکاران، ۲۰۱۰). نتایج بررسی اثر تیمارهای مختلف پرایمینگ نشان داد در حالت کلی بیشترین سطح کاتالاز در تیمارهای پرایم شده در تنش خشکی و کمترین مقدار کاتالاز در شرایط آبیاری نرمال بود (جدول ۴-۴).

این نتایج با نتایج گزارشی مبنی بر اثر پرایمینگ در افزایش کاتالاز در شرایط سطوح تنش شوری بالا مطابقت داشت (فرهودی و همکاران، ۲۰۱۱). از آنجاکه کاتالاز با حذف پراکسید هیدروژن نقش مؤثری در مقاومت به خشکی دارد وجود فعالیت بیشتر این آنزیم می تواند نشان دهنده مقاومت بیشتر گیاه باشد (سرواجت و نارندرا، ۲۰۱۰)؛ بنابراین در این تحقیق چنین به نظر می رسد که پیش تیمار با ترکیبات نانو اکسید آهن، به علت افزایش کاتالاز باعث کاهش اثر سوء و مخرب تنش خشکی شده باشد.



شکل (۴-۳) اثر متقابل پیش تیمار و تنش خشکی بر محتوی کاتالاز

حروف مشابه نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار بین تیمارها بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد است

۴-۲-۱۸- نتیجه گیری آزمایش مزرعایی

تیمارهای پیش از کاشت بذر از جنبه های مختلف منجر به بهبود خصوصیات زراعی به ویژه در مناطقی که با تنش های محیطی و شرایط نامساعد روبرو می باشند باعث بهبود عملکرد در مناطق کم بازده می گردند. استقرار سریع تر و پر بنیه تر در ابتدای فصل رشد در شرایطی که در ادامه فصل رشد شرایط محیطی بهینه

وجود داشته باشد و یا ریسک بروز تنش‌های محیطی بالا باشد امری حیاتی در حصول عملکرد مطلوب و قابل قبول تلقی می‌گردد (شونبر و برادفور، ۲۰۰۵). نکته بسیار قابل توجه در این آزمایش کاهش شاخص‌های مربوط به رشد و عملکرد و اجزای عملکرد با کاهش دسترسی به آب در تیمار شاهد بود. در بذور تیمار شده رشد سریع‌تر و رسیدن به سطح فتوسنتز کننده مطلوب که در پی استقرار سریع و ایجاد سبز یکنواخت در مزرعه شده امکان فتوسنتز بیشتر و تجمع ماده خشک بیشتر برای انتقال به دانه‌ها در جریان انتقال مجدد را سبب می‌گردد. این در حالی است که گیاهان مربوط به بذور تیمار شاهد ضمن اینکه با چالش رطوبتی مربوط به رژیم‌های آبیاری مورد مطالعه دست‌به‌گریبان هستند از مزایای اکوفیزیولوژیکی مذکور نیز بی‌بهره می‌باشند و در نتیجه کاهش عملکرد و شاخص‌های آن در گیاهان مذکور قابل درک است.

نتایج این تحقیق به وضوح نشان داد که وضعیت رشد و عملکرد استحصالی از کشت بذور تیمار شده به‌طور معنی‌داری بیش از بذور تیمار نشده است. افزایش ارتفاع گیاه متعاقب استفاده از تیمارهای پیش از کاشت بذر در مقایسه با تیمار شاهد در همه تیمارها معنی‌دار بود. این امر را می‌توان به تسریع رشد و استقرار گیاه در مزرعه و امکان بهره‌برداری از منابع اکولوژیکی مورد نیاز برای رشد و نمو نسبت داد. همچنین توسعه سیستم ریشه‌ای و استفاده کارا تر از آب موجود در خاک نیز در این رابطه می‌تواند تأثیرگذار باشد. گرچه کلیه تیمارهای پیش از کاشت باعث بهبود اثرات تنش خشکی در گیاه همیشه‌بهار گردید ولی در میان تیمارهای این آزمایش بیشترین تأثیر بر صفات مورفولوژیک از قبیل ارتفاع بوته، وزن خشک بوته و وزن خشک ریشه در اثر تیمارهای پیش از کاشت بذر با اسید سالیسیلیک و نانو آهن حاصل گردید.

کلیه تیمارهای پیش از کاشت مورد مطالعه که در مقایسه با تیمار شاهد منجر به ارتقا و بهبود صفات مورفولوژیک شده‌اند، در عمل شاخص‌های عملکرد و اجزای عملکرد را نیز تحت تأثیر خود قرار داده‌اند. با توجه به نتایج به دست آمده بیشترین تأثیر بر عملکرد و اجزای عملکرد از قبیل تعداد کاپیتول، وزن خشک گل، وزن هزار دانه، عملکرد روغن و درصد روغن در اثر پیش تیمار با نانو اکسید روی به دست آمد که تفاوت معنی‌داری با نانو اکسید آهن و اسید سالیسیلیک نداشت.

تیمارهایی که منجر به افزایش عملکرد دانه شده‌اند در عمل تولید بیشتر درصد اسانس را نیز فراهم آورده‌اند که این امر در بخش ارائه نتایج کاملاً مشهود می‌باشد. باین حال بیشترین درصد اسانس در اثر پیش تیمار نانو اکسید آهن به دست آمد. همچنین با توجه به نتایج آزمایش بیشترین تأثیر بر صفات کیفی از قبیل پرولین، آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان کاتالاز و پراکسیداز در اثر پیش تیمار با نانو اکسید آهن، اسید سالیسیلیک و هیومیک به دست آمد. به‌طور کلی بر اساس نتایج این آزمایش در فاز مزرعه‌ای به نظر می‌رسد استفاده از پیش تیمارهای نانو اکسید روی نانو اکسید آهن و از ترکیبات آلی، تیمارهای اسید سالیسیلیک بیشتر تأثیر را در بهبود عملکرد و اجزای عملکرد داشته‌اند و می‌تواند به‌عنوان روشی آسان و کم‌هزینه در بهبود خصوصیات جوانه‌زنی و استقرار اولیه و بهبود عملکرد و اجزای عملکرد در شرایط نرمال و نیز تنش خشکی مؤثر واقع شود و از اثرات سوء ناشی از تنش خشکی بکاهد.

جدول ۴-۱- تجزیه واریانس تأثیر پیش تیمار نانو بر شاخص‌های جوانه‌زنی گیاه همیشه‌بهار تحت تنش خشکی

منابع تغییرات	درجه آزادی	طول ریشه‌چه	طول ساقه‌چه	طول گیاهچه	وزن خشک گیاهچه	ضریب آلومتریک	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	شاخص بنیه بذر
پیش تیمار	۳	۱/۸۳**	۱/۰۸**	۳/۷۰*	۶۰/۲۰۳**	۲۶/۰۱**	۴۰/۳۸**	۱۰/۰۱**	۳۹/۰۱*
تنش خشکی	۳	۱/۴۶۵**	۰/۴۲**	۴/۳۲*	۶۶/۷۴۲۰*	۹/۳۰**	۲۲/۷۵*	۳/۰۹*	۱۱/۰ ^{ns}
تنش خشکی× پیش تیمار	۹	۱/۰۲۷**	۰/۸۸**	۷/۸۲**	۴۳/۲*	۱۱/۲۶**	۱۹/۶۲*	۴/۰۰*	۱۹/۶۷*
خطا	۳۲	۰/۳۰۰	۰/۱۰۰	۱/۰۳	۲۰/۳۴۵	۱/۹۶	۵/۳۴	۱/۰۱	۸/۶۵۰
ضریب تغییرات	-	۳۲/۳۰	۲۰/۶۷	۱۹/۶۸	۰/۰۱	۲۰/۰۱	۸/۸۷	۸/۴۱	۲۰/۰۱

NS،***و* به ترتیب نشان دهنده غیر معنی دار بودن، معنی دار بودن در سطح ۱ و ۵ درصد می‌باشند

جدول ۴-۲- تجزیه واریانس تأثیر پیش تیمار مواد آلی بر شاخص‌های جوانه‌زنی گیاه همیشه‌بهار تحت تنش خشکی

منابع تغییرات	درجه آزادی	طول ریشه‌چه	طول ساقه‌چه	طول گیاهچه	وزن خشک گیاهچه	ضریب آلومتریک	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	شاخص بنیه بذر
پیش تیمار	۳	۹/۴۰۲**	۳/۴۸**	۲۸/۰۱*	۰/۰۸۷**	۰/۶۲۸**	۱۷/۵۹**	۰/۴۲*	۱۶/۴۲*
تنش خشکی	۳	۲۸/۱۴**	۱/۲**	۳۴/۱۸*	۰/۰۴۵*	۰/۷۴۲**	۱/۳۷۵ ^{ns}	۰/۴۸*	۲/۲۳۸ ^{ns}
تنش خشکی× پیش تیمار	۹	۵/۲**	۰/۴۵**	۱۸/۷۱**	۰/۰۵*	۱۱/۳۲۱**	۱۲/۳۲*	۰/۴۶*	۱۴/۵۸*
خطا	۳۲	۱/۸۱	۰/۱۵	۹	۰/۰۰۰۶	۰/۱۰	۴	۰/۱۳۸	۵/۳۶۵
ضریب تغییرات	-	۲۴/۱۸	۷/۶۴	۳۲/۵۱	۲۹	۱۵/۶۸	۱/۲۹	۱۳	۱۴/۸

NS،***و* به ترتیب نشان دهنده غیر معنی دار بودن، معنی دار بودن در سطح ۱ و ۵ درصد می‌باشند

جدول ۴-۳- مقایسه میانگین اثرات متقابل تأثیر پیش تیمار مواد آلی بر شاخص‌های جوانه‌زنی گیاه همیشه‌بهار تحت تنش خشکی

آبیاری	پرایمینگ	طول ریشه‌چه (سانتی متر)	طول ساقه‌چه (سانتی متر)	طول گیاهچه (سانتی متر)	وزن خشک گیاهچه (گرم)	ضریب آلومتريک	درصد جوان زنی	سرعت جوانه زنی (تعداد در روز)	شاخص بنیه بذر
	شاهد	۳/۸۱ef	۵/۹۴f	۹/۷۵ef	۰/۰۷cd	۲/۸۱cd	۹۰/۱۱de	۲/۲۱e	۶/۴۸۵ef
	اسید هیومیک	۶/۸۴a	۸/۷cd	۱۴/۷۸ab	۰/۱۱ab	۲/۹۷c	۹۳/۸۷c	۲/۵۷c	۱۰/۴۱۲b
آبیاری نرمال	آسکوربیک	۴/۲۹e	۷/۲۳de	۱۱/۵۲d	۰/۰۸c	۲/۹۵c	۹۱/۲۴bc	۲/۴۳b	۷/۲۱۹de
	اسید سالسیلیک	۵/۲۳cd	۹/۵۵a	۱۵/۵۴a	۰/۱۲a	۳/۴۷a	۹۴/۶۶a	۲/۶۴a	۱۱/۲۶۴a
آبیاری	پرایمینگ	طول ریشه‌چه (سانتی متر)	طول ساقه‌چه (سانتی متر)	طول گیاهچه (سانتی متر)	وزن خشک گیاهچه (گرم)	ضریب آلومتريک	درصد جوانه زنی	سرعت جوانه زنی (تعداد در روز)	شاخص بنیه بذر
تنش	شاهد	۳/۲۴f	۵/۶۷fgh	۸/۹۱f	۰/۰۶d	۲/۵۶ef	۹۰/۰۵de	۲/۰۳g	۵/۴۰۶fg
خشکی	اسید هیومیک	۶/۳۳ab	۸/۶۲cd	۱۴/۳۳ab	۰/۰۹b	۲/۸۶cd	۹۲/۹۳d	۲/۴۲d	۸/۴۶d
منه‌ای ۳ بار	آسکوربیک	۴/۱e	۷/۱۳e	۱۱/۲۳d	۰/۰۷cd	۲/۷۶d	۹۰/۸۲bc	۲/۳۸c	۶/۳۵vef
	اسید سالسیلیک	۵/۰۷d	۹/۲۶b	۱۴/۹۵a	۰/۱۱ab	۳/۲۵b	۹۴/۰۱b	۲/۵۹b	۱۰/۲۲۲c
آبیاری	پرایمینگ	طول ریشه‌چه (سانتی متر)	طول ساقه‌چه (سانتی متر)	طول گیاهچه (سانتی متر)	وزن خشک گیاهچه (گرم)	ضریب آلومتريک	درصد جوانه زنی	سرعت جوانه زنی (تعداد در روز)	شاخص بنیه بذر
	شاهد	۲/۸۷g	۵/۱۱fgh	۷/۹۸g	۰/۰۴f	۲/۰۹i	۸۸/۲۸f	۲/۰۱g	۴/۴۱۴i
تنش	اسید هیومیک	۶/۰۱b	۸/۰۹d	۱۳/۸۵bc	۰/۰۷cd	۲/۴۲fg	۹۲/۹۳bc	۲/۳۴f	۶/۵۸۱e
خشکی	آسکوربیک	۳/۹۱ef	۶/۷۸e	۱۰/۶۹e	۰/۰۶d	۲/۲۵gh	۸۹/۹۱e	۲/۲۸de	۵/۳۹۴g
منه‌ای ۶ بار	اسید سالسیلیک	۴/۸۹d	۸/۹۶c	۱۴/۰۱b	۰/۰۹b	۲/۸۷cd	۹۳bc	۲/۴۶bc	۸/۳۶۱d
آبیاری	پرایمینگ	طول ریشه‌چه (سانتی متر)	طول ساقه‌چه (سانتی متر)	طول گیاهچه (سانتی متر)	وزن خشک گیاهچه (گرم)	ضریب آلومتريک	درصد جوانه زنی	سرعت جوانه زنی (تعداد در روز)	شاخص بنیه بذر
	شاهد	۲/۳۱h	۵/۰۱h	۷/۳۲h	۰/۰۲g	۱/۹۶i	۸۵/۱۵g	۱/۹۱i	۳/۴۰۶j
تنش	اسید هیومیک	۵/۵۲c	۷/۸۲de	۱۲/۵۶c	۰/۰۶d	۲/۳g	۹۰/۲۲de	۲/۱fg	۵/۴۶۸fg
خشکی	آسکوربیک	۳/۲۸f	۶/۳۴ef	۹/۶۲ef	۰/۰۵e	۲/۲۳gh	۹۰de	۲/۰۹fg	۴/۵i
منه‌ای ۹ بار	اسید سالسیلیک	۴/۲e	۸/۳۶cd	۱۳/۲۴bc	۰/۰۷cd	۲/۶۸e	۹۱/۱۴cd	۲/۱۱fg	۶/۳۱۵f

جدول ۴-۴- مقایسه میانگین اثرات متقابل تأثیر پیش تیمار مواد نانو بر شاخص‌های جوانه‌زنی گیاه همیشه‌بهار تحت تنش خشکی

آبیاری	پرایمینگ	طول ریشه‌چه (سانتی متر)	طول ساقه‌چه (سانتی متر)	طول گیاهچه (سانتی متر)	وزن خشک گیاهچه (گرم)	ضریب آلومتریک	درصد جوانه زنی	سرعت جوانه زنی (تعداد در روز)	شاخص بنیه بذر
آبیاری نرمال	شاهد	۳/۶۱d	۵/۹۴d	۹/۷۵e	۰/۰۷c	۲/۸۱e	۹۰/۰۵bcd	۲/۲۱c	۶/۰۰۵cd
	نانو اکسید آهن	۴/۷۹a	۸/۷۶a	۱۳/۵۵a	۰/۰۹a	۳/۲۷a	۹۲/۹ab	۲/۴۶ab	۸/۳۹۱a
	نانو اکسید روی	۴/۰۶bc	۷/۵۴bc	۱۱/۶c	۰/۰۸b	۳/۱۹b	۹۰/۱۱bcd	۲/۵۳a	۷/۲۰۸b
	نانو اکسید بور	۳/۸۱c	۶/۲۵cd	۱۰/۰۶d	۰/۰۷c	۳/۰۵c	۹۱/۲۶bc	۲/۳۸b	۶/۲۴۸c
آبیاری	پرایمینگ	طول ریشه‌چه (سانتی متر)	طول ساقه‌چه (سانتی متر)	طول گیاهچه (سانتی متر)	وزن خشک گیاهچه (گرم)	ضریب آلومتریک	درصد جوانه زنی	سرعت جوانه زنی (تعداد در روز)	شاخص بنیه بذر
تنش خشکی منهای ۳ بار	شاهد	۳/۲۴ef	۵/۶۷de	۸/۹۱g	۰/۰۶b	۲/۵۶e	۹۰/۱۱bcd	۲/۰۳d	۵/۴۰۶d
	نانو اکسید آهن	۴/۴۹b	۸/۵۲ab	۱۳/۰۱a	۰/۰۸b	۳/۰۸c	۹۲/۳۴ab	۲/۳۸ab	۷/۳۷۱b
	نانو اکسید روی	۴/۰۱bc	۷/۳c	۱۱/۳۱c	۰/۰۷c	۲/۸۹cd	۹۰/۰۹bcd	۲/۴۱ab	۶/۲۹۳c
	نانو اکسید بور	۳/۵۸d	۶/۰۹d	۹/۶۷ef	۰/۰۷c	۲/۸۶cd	۹۱/۰۸bc	۲/۱۱cd	۶/۲۳۵c
آبیاری	پرایمینگ	طول ریشه‌چه (سانتی متر)	طول ساقه‌چه (سانتی متر)	طول گیاهچه (سانتی متر)	وزن خشک گیاهچه (گرم)	ضریب آلومتریک	درصد جوانه زنی	سرعت جوانه زنی (تعداد در روز)	شاخص بنیه بذر
تنش خشکی منهای ۶ بار	شاهد	۲/۸۷g	۵/۱۱e	۷/۹۸gh	۰/۰۴f	۲/۰۹h	۸۸/۲۸e	۲/۰۱d	۴/۰۱۴f
	نانو اکسید آهن	۴/۱۲bc	۸/۰۲ab	۱۲/۱۴b	۰/۰۶d	۲/۴۶f	۹۲/۱۲ab	۲/۲۴c	۵/۵۲۱d
	نانو اکسید روی	۳/۷۳c	۶/۹۲c	۱۰/۶۵d	۰/۰۵e	۲/۲۸g	۸۹/۹cd	۲/۳۳bc	۴/۴۹۵e
	نانو اکسید بور	۳/۴e	۵/۸۶de	۹/۲۶f	۰/۰۵e	۲/۲۲g	۸۹/۰۵cd	۲/۱۲cd	۴/۴۵۲e
آبیاری	پرایمینگ	طول ریشه‌چه (سانتی متر)	طول ساقه‌چه (سانتی متر)	طول گیاهچه (سانتی متر)	وزن خشک گیاهچه (گرم)	ضریب آلومتریک	درصد جوانه زنی	سرعت جوانه زنی (تعداد در روز)	شاخص بنیه بذر
تنش خشکی منهای ۹ بار	شاهد	۲/۳۱h	۵/۰۱f	۷/۳۲h	۰/۰۲h	۱/۹۶i	۸۵/۱۵f	۱/۹۱e	۲/۱۰۶h
	نانو اکسید آهن	۳/۷۷c	۷/۷۹b	۱۱/۵۶c	۰/۰۵e	۲/۳۳fg	۹۲/۰۸ab	۲/۰۹d	۴/۶۱۴e
	نانو اکسید روی	۳/۱۱e	۶/۴۱cd	۹/۵۲ef	۰/۰۲g	۲/۱۱h	۸۸/۵۲e	۲/۱۵cd	۳/۶۵۵fg
	نانو اکسید بور	۳/۰۹f	۵/۱۲e	۸/۲۱g	۰/۰۳g	۲/۰۹h	۸۷/۶۸ef	۲/۰۲d	۲/۶۳g

جدول ۴-۵ الف - نتایج تجزیه واریانس پرایمینگ بذر در شرایط تنش خشکی بر عملکرد، اجزای عملکرد گیاه همیشه بهار در شرایط مزرعه ای

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع بوته	تعداد کاپیتول	قطر طبق	وزن خشک ریش	وزن خشک گل	وزن خشک بوته	وزن هزار دانه
مکان	۱	۵۵۸/۵۵۴۷ ^{ns}	۲۴/۸۳۰ ^{ns}	۸/۲۸ ^{ns}	۲/۶۵۴ ^{ns}	۴/۸۲۱ ^{ns}	۱۴/۲۱ ^{ns}	۲/۳۵۹ ^{ns}
تکرار	۲	۱۶۳/۴۹۳ ^{ns}	۱۱/۶۴۳ ^{ns}	۲/۴۹۹ ^{ns}	۱/۲۹۴ ^{ns}	۳/۶۱۸ ^{ns}	۳۷/۸۷۲ ^{ns}	۰/۳۶۶ ^{ns}
تنش خشکی	۱	۷۴۳/۲۱۴*	۵۲۳/۰۵۲*	۴۰/۵**	۲۱/۰۹۹*	۸۴/۰۳**	۸۴۰/۱۴۸۴*	۱۶/۴۹۴*
مکان*تنش خشکی	۱	۴۲/۸۵۷ ^{ns}	۴۷/۴۸ ^{ns}	۰/۸ ^{ns}	۵/۰۰۹ ^{ns}	۷/۸۸ ^{ns}	۲۰/۰۱۶ ^{ns}	۴/۶۱۰ ^{ns}
پرایمینگ	۶	۲۰۵/۰۱۷ ^{ns}	۲۹/۶۲۳ ^{ns}	۳۱/۱۲۴*	۱/۳۵۷ ^{ns}	۲/۴۹۹ ^{ns}	۱۳/۹۱۳ ^{ns}	۳۶/۱۵*
مکان*پرایمینگ	۶	۷۹/۸۹۳ ^{ns}	۵۲/۱۶۲ ^{ns}	۷/۲۵۲ ^{ns}	۳/۰۸۰ ^{ns}	۶/۴۸۶۶ ^{ns}	۳۵/۱۹۸ ^{ns}	۰/۰۶۸ ^{ns}
تنش خشکی*پرایمینگ	۶	۹۳۷/۰۱*	۹۷/۱۳۹*	۷۱/۳۸*	۳۰/۵۱**	۹۲/۵۴۹**	۲۴۷/۲۶**	۲۹/۸**
کان*تنش خشکی*پرایمینگ	۶	۲۴۰/۱۴ ^{ns}	۵/۶۵۲ ^{ns}	۱/۳۸۴ ^{ns}	۰/۱۱۴ ^{ns}	۶/۱۹۹ ^{ns}	۲۵/۲۷۵ ^{ns}	۰/۱۱۷ ^{ns}
خطا	۵۲	۵۶۲/۷۹	۷۱/۰۱۲	۸/۵۴	۴/۱۵	۷/۳۷	۵۵/۷۳۹	۴/۰۹
C.v		۱۴/۲۹	۱۶/۱۵	۲۱/۳۴	۱۸/۲۲	۲۶/۷	۲۴/۱۳	۲۳/۸

ns،**و* به ترتیب نشان دهنده غیر معنی دار بودن، معنی دار بودن در سطح ۱ و ۵ درصد می باشد

جدول ۴-۵ ب -نتایج تجزیه واریانس پرایمینگ بذر در شرایط تنش خشکی بر عملکرد، اجزای عملکرد گیاه همیشه بهار در شرایط مزرعه ای

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد دانه	درصد فسفر	درصد اسانس	درصد روغن	عملکرد روغن	پروتئین محلول	پرولین	کاتالاز	پراکسیداز	شاخص برداشت گل
مکان	۱	۱۸۳/۱۶۶ ^{ns}	۱/۰۸۹ ^{ns}	۰/۲۵۰ ^{ns}	۲/۲۹۴ ^{ns}	۱۴۳/۴۸۵ ^{ns}	۰/۳۹۵ ^{ns}	۰/۱۴۶ ^{ns}	۰/۲۰۰۵ ^{ns}	۰/۰۰۰۳ ^{ns}	۰/۳۷ ^{ns}
تکرار	۲	۱۱۰/۵۴۱ ^{ns}	۳/۵۱۱ ^{ns}	۰/۱۰۹ ^{ns}	۰/۹۱۱ ^{ns}	۱۵۳/۹۵۹ ^{ns}	۰/۲۶۳ ^{ns}	۰/۰۲۹ ^{ns}	۰/۱۵۲۴ ^{ns}	۰/۰۰۰۲ ^{ns}	۰/۱۳۳ ^{ns}
تنش خشکی	۱	۱۲۸/۷۳۶ ^{ns}	۶/۴۹۹ ^{ns}	۰/۰۸ ^{ns}	۱۲/۸۸۶ ^{**}	۲۷۹۷/۴۷۸ ^{**}	۹/۷۳۹ ^{**}	۰/۹۲۲ ^{**}	۱/۰۷۸ ^{**}	۰/۲۱۰ ^{**}	۲۲/۴ ^{**}
مکان * تنش خشکی	۱	۲۴۵/۹۱۸ ^{ns}	۰/۱۱۹ ^{ns}	۰/۰۰۴ ^{ns}	۰/۰۰۵ ^{ns}	۲۳۸/۸۳۲ ^{ns}	۰/۸۰۲ ^{ns}	۰/۰۳۸ ^{ns}	۰/۰۲۲۰ ^{ns}	۰/۰۰۲ ^{ns}	۰/۱۹۵ ^{ns}
پرایمینگ	۶	۵۶۸۷/۲۲۵ [*]	۳۲/۷۰۹ [*]	۰/۹۶۳ [*]	۱۸/۰۵۲۸ ^{**}	۲۵۲۷۴/۳۴۴ ^{**}	۳/۵۲۰ ^{**}	۰/۳۱۰ ^{**}	۰/۸۵۲۰ ^{**}	۰/۴۰۰ ^{**}	۳۲/۸۲ ^{**}
مکان * پرایمینگ	۶	۴۵۷/۱۶۵ ^{ns}	۱/۱۶۳ ^{ns}	۰/۰۲۸ ^{ns}	۱/۸۴۲ ^{ns}	۱۳۳/۴۰۷ ^{ns}	۰/۱۷۹ ^{ns}	۰/۰۲۸ ^{ns}	۰/۲۷۸ ^{ns}	۰/۰۰۰۱ ^{ns}	۰/۹۳۵ ^{ns}
تنش خشکی * پرایمینگ	۶	۴۹۲۱/۳۲۱ ^{**}	۵۶/۰۱ [*]	۰/۰۲۰ [*]	۳۰/۰۵ ^{**}	۵۳۶/۱۶۳ ^{**}	۰/۰۸۹ ^{ns}	۰/۶۱۱ ^{**}	۰/۹۸۲ ^{**}	۰/۱۶۰ ^{**}	۱۷/۸ ^{**}
مکان * تنش خشکی * پرایمینگ	۶	۱۵۰/۲۰۲ ^{ns}	۰/۰۴۷ ^{ns}	۰/۰۲۳ ^{ns}	۰/۱۱۲ ^{ns}	۱۲۲/۸۷۸ ^{ns}	۰/۲۰۲ ^{ns}	۰/۰۵۱ ^{ns}	۰/۱۱۷ ^{ns}	۰/۰۲۹ ^{ns}	۰/۲۴ ^{ns}
خطا	۵۲	۳۲۴/۸۴۷	۸/۰۰۲	۰/۳۳	۲/۴۵	۱۷۰/۸۳۹	۰/۴۲۵	۰/۰۶۰	۰/۴۰۹	۰/۰۵	۱/۶۸
C.V		۱۲/۳۲	۲۷/۰۳	۱۴/۵۱	۲۲/۶	۲۲/۹۲	۲۶/۴	۲۱/۳۴	۲۳/۷۷	۲۰/۲۲	۱۵/۱۵

ns،**و* به ترتیب نشان دهنده غیر معنی دار بودن، معنی دار بودن در سطح ۱ و ۵ درصد می باشد

جدول ۴-۶- مقایسه میانگین اثرات متقابل پرایمینگ بذر در شرایط تنش خشکی بر عملکرد، اجزای عملکرد گیاه همیشه بهار

آبیاری	پرایمینگ	ارتفاع بوته (سانتی متر)	تعداد کاپیتول (عدد در بوته)	قطر طبق (سانتی متر)	وزن خشک ریش (گرم در بوته)	وزن خشک گل (گرم در بوته)	وزن خشک بوته (گرم در بوته)	وزن هزار دانه (گرم)
آبیاری نرمال	شاهد	۴۶/۴۸f	۱۵/۰۹cdef	۲/۶۶۷e	۱/۰۰۹h	۰/۲۸۶d	۱۸/۸۳f	۸/۰۱۳d
	اسید هیومیک	۵۵/۷۲abcde	۲۱/۷۹cdef	۳/۵۵۱b	۱/۵۱۴cd	۰/۳۰۴c	۲۳/۵۷cdef	۸/۲۷۸bc
	آسکوربیک	۵۶/۵۳abcd	۲۸/۱۵ab	۳/۲۰۳cd	۱/۰۵۸fg	۰/۳۴۸b	۲۹/۹۴abc	۸/۲۳۴bc
	اسید سالسیلیک	۶۰/۲۵a	۲۴/۷۶bc	۳/۹۵۲a	۱/۹۱۶a	۰/۳۵۸ab	۳۳/۱۱ab	۸/۵۲۰ab
	نانو اکسید آهن	۵۹/۷۱ab	۲۵/۷۷abc	۳/۳۶۸c	۱/۸۳۲b	۰/۳۳۱b	۲۶/۹۵bcde	۸/۴۲۴b
	نانو اکسید روی	۵۹/۱۳ab	۲۹/۸۵a	۳/۱۵۳cd	۱/۰۵۴fg	۰/۳۶۸a	۳۷/۱۴a	۹/۱۴a
	نانو اکسید بور	۵۸/۵۸abc	۲۱/۴۳cdef	۳/۰۲۳d	۱/۵۸۵cd	۰/۳۰۳c	۲۸/۹۱abcd	۸/۱۳۹c
آبیاری	پرایمینگ	ارتفاع بوته (سانتی متر)	تعداد کاپیتول (عدد در بوته)	قطر طبق (سانتی متر)	وزن خشک ریش (گرم در بوته)	وزن خشک گل (گرم در بوته)	وزن خشک بوته (گرم در بوته)	وزن هزار دانه (گرم)
تنش خشکی	شاهد	۴۳/۰۱g	۱۳/۰۶h	۱/۹۸۲i	۰/۶۹۹i	۰/۱۸۵h	۱۲/۹۱g	۷/۰۰۶h
	اسید هیومیک	۵۱/۹۱def	۱۸/۱۴efg	۲/۶۹۷e	۱/۱۰۱e	۰/۲۲۲۱f	۱۵/۰۶fg	۷/۶۵۹ef
	آسکوربیک	۵۱/۱۷def	۲۲/۷۱cde	۲/۵۸۵def	۱/۰۱۳fgh	۰/۲۳۱ef	۲۳/۶۹cdef	۷/۴۰۲efg
	اسید سالسیلیک	۵۴/۳۵bc	۱۹/۰۸defg	۲/۹۵۲d	۱/۷۴۱c	۰/۲۳۸ef	۲۳/۱۷cdef	۸/۲۶۸b
	نانو اکسید آهن	۵۳/۰۱cde	۱۷/۱۲fgh	۲/۲۰۳g	۱/۷۰۹c	۰/۲۲۹ef	۲۰/۲۴ef	۸/۲۰۴b
	نانو اکسید روی	۵۰/۷۲def	۲۳/۸۴bcd	۲/۱۹۲gh	۱/۰۰۱fgh	۰/۲۵۳e	۲۲/۰۹cdef	۸/۹۵۵ab
	نانو اکسید بور	۵۰/۵۹ef	۱۷/۹۶efg	۲/۰۴۷h	۱/۳۱۸d	۰/۲۰۸g	۲۱/۲۴def	۷/۲۹۸fg

ادامه جدول ۴-۶- مقایسه میانگین اثرات متقابل پرایمینگ بذر در شرایط تنش خشکی بر عملکرد، اجزای عملکرد گیاه همیشه بهار

آبیاری	پرایمینگ	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	درصد فسفر	درصد اسانس	درصد روغن	عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار)	پرولین	کاتالاز	پراکسیداز	شاخص برداشت
آبیاری نرمال	شاهد	۴۰۲/۳۳g	۲/۵۸۳f	۰/۰۶۹cd	۱۷/۱۶bcd	۲۶۶/۳de	۱/۶۸۶g	۲۹/۴de	۵۷/۰۲fg	۱۶/۷۸e
	اسید هیومیک	۵۷۹/۶۷b	۳/۴۵b	۰/۰۷۸c	۲۱/۳۴ab	۳۱۲/۲b	۱/۹۵۵e	۳۳/۸۸cd	۹۲/۲۱cd	۱۹/۱۲b
	آسکوربیک	۵۶۳/۲۳c	۳/۳۸bc	۰/۰۷۲cd	۱۹/۷۶bc	۲۷۲/۱d	۱/۷۵۶f	۳۰/۵۲cde	۶۹/۵۴ef	۱۷/۴۸d
	اسید سالیسیلیک	۴۷۷/۱۴ fg	۳/۸۱a	۰/۰۷۴cd	۲۱/۵۴ab	۳۱۶/۵b	۲/۰۱۱d	۳۰/۴۵cde	۷۲/۲۸de	۱۹/۰۲b
	نانو اکسید آهن	۵۷۱/۱ b	۳/۰۲c	۰/۰۹۹a	۲۰/۹۵bc	۳۰۰/۶bc	۱/۸۷۵ef	۳۷/۱۱c	۹۳/۶۶c	۱۸/۲۶c
	نانو اکسید روی	۶۴۹/۵۴ a	۳/۲۳bc	۰/۰۸۵b	۲۲/۷۶a	۳۲۴/۸a	۱/۷۹۲f	۳۱/۲۳cde	۷۱/۹۳def	۲۱/۲۵a
	نانو اکسید بور	۵۶۱/۱۹c	۳/۱۹bc	۰/۰۷۳cd	۱۸/۱۶cd	۲۹۵/۷bc	۱/۷۵۳fg	۳۲/۱۴cd	۶۷/۷۲ef	۱۶/۹۶e
آبیاری	پرایمینگ	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	درصد فسفر	درصد اسانس	درصد روغن	عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار)	پرولین	کاتالاز	پراکسیداز	شاخص برداشت
تنش خشکی	شاهد	۳۹۸/۵۲h	۲/۰۸g	۰/۰۵۴e	۱۴/۸۶f	۲۳۶/۱h	۱/۷۷۵fg	۳۰/۱۹de	۵۷/۲۸fg	۹/۵۹i
	اسید هیومیک	۵۰۰/۲۳ef	۳/۱۸bc	۰/۰۷۵cd	۱۸/۱۳de	۲۶۷/۵de	۲/۲۸۹b	۴۸/۹۸ab	۱۴۱/۵۴ab	۱۱/۰۲h
	آسکوربیک	۴۹۱/۳۱f	۳/۱۴bc	۰/۰۶۸d	۱۸/۹de	۲۶۳/۱de	۲/۱۳۲bc	۳۹/۸۷bc	۹۶/۹۶bc	۱۱/۲۵g
	اسید سالیسیلیک	۴۳۹/۲۸g	۳/۴۲b	۰/۰۷۱d	۱۸/۰۷de	۲۵۶/۴def	۲/۳۲۸a	۴۶/۵۲ab	۱۳۸/۲۵ab	۱۲/۴۶fg
	نانو اکسید آهن	۵۰۴/۷۶e	۲/۹۸c	۰/۰۸۵b	۱۷/۹۴ef	۲۸۲/۸c	۲/۱۸۷b	۵۵/۳۶a	۱۴۴/۱۷a	۱۲/۰۹fg
	نانو اکسید روی	۵۴۸/۲۸d	۲/۸۷d	۰/۰۷۴cd	۱۹/۶۲bcd	۲۹۰/۴bc	۲/۱۶۵c	۴۲/۸۷b	۱۰۱/۷۳b	۱۲/۹۸f
	نانو اکسید بور	۴۲۳/۵۸gh	۲/۷۳e	۰/۰۶۹d	۱۶/۸۶ef	۲۴۴/۶def	۲/۱۷۱c	۳۸/۵۲c	۹۸/۶۲bc	۱۰/۸۱h

جدول ۴-۷- مقایسه میانگین اثر ساده آبیاری و پیش تیمار بذر بر درصد پروتئین محلول برگ همیشه بهار

فاکتور	سطوح	درصد پروتئین محلول
آبیاری	نرمال	۸/۲۴b
	تنش	۱۰/۱۴a
	شاهد	۶/۵۷d
	اسید هیومیک	۱۳/۲۵a
پیش تیمار	آسکوربیک	۱۰/۸۱b
	اسید سالیسیک	۱۴/۳۷a
	نانو اکسید آهن	۱۱/۲۵ab
	نانو اکسید روی	۹/۸۷bc
	نانو اکسید بور	۷/۶۷c

منابع

۱. ادهمی، ا. و رونق، ی. (۱۳۷۸) "تأثیر فسفر و روی بر رشد و محتوی شیمیایی در ذرت، لوبیا، سویا و باقلا" انتشارات دانشگاه فردوسی، شماره ۷۲: ص ۷۶.
۲. اسمعیلی پور، ن. و مقدم، م. (۱۳۸۸) "اثر هیدروپرایمینگ بذر در بهبود جوانه‌زنی و رشد گیاهچه سورگوم شیرین تحت شرایط تنش شوری" فصل‌نامه علمی تخصصی فیزیولوژی گیاهان زراعی. سال اول، شماره ۳: ۵۱-۶۰.
۳. اشرفی، ا. و رزمجو، خ. (۱۳۸۸) "بررسی اثر هیدروپرایمینگ بر خصوصیات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گلرنگ تحت تنش خشکی" فصل‌نامه علمی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی. دوره ۱. شماره ۱: ۳۴-۴۳.
۴. اکبری نیا، ا. باباخانلو، پ. و مظفریان، و. (۱۳۸۵) "بررسی فلورستیک و ویژگیهای زیستی گیاهان دارویی استان قزوین" فصلنامه پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی، شماره ۷۲: ص ۷۶-۷۰.
۵. امید بیگی، رضا، (۱۳۸۴) "تولید و فرآوری گیاهان دارویی (جلد اول)" به نشر(انتشارات آستان قدس رضوی).
۶. امید، ح.، موحدی پ، و موحدی پویا، ش. (۱۳۹۰) "اثر هورمون اسید سالیسیلیک و خراش‌دهی بر ویژگی های جوانه‌زنی و محتوی پرولین، پروتئین و کربوهیدرات محلول گیاهچه ورک (*Prosopis farcta* L.) در شرایط شوری" تحقیقات مرتع و بیابان ایران زمستان ۱۸(۴): ۶۰۸-۶۲۳.
۷. باقری، ح. ادنایی، س. م. و بشری، ح. (۱۳۸۵) "شناسایی و بررسی اکولوژیک گیاهان اسانس دار استان قم" فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، جلد ۲۲، شماره ۲: صفحه ۱۶۸-۱۶۱.
۸. بالجانی، ر. و شکاری، ف. (۱۳۹۱) "تأثیر پیش تیمار با سالیسیلیک اسید بر روابط شاخص های رشد و عملکرد در گیاه گلرنگ تحت شرایط تنش خشکی آخر فصل" نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار شماره ۱- جلد ۲۲: ص ۸۷-۱۰۳.
۹. بلوچی، ح. م. (۱۳۹۲) "بررسی تأثیر پیش تیمار بذر بر جوانه زنی و رشد گیاهچه در کدوی تخم کاغذی تحت تنش شوری" مجله تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی. شماره ۱۰: ص ۱۷۹-۱.
۱۰. بهتاش، ف. طباطبایی، ج. ملکوتی، م. ج. سرورالدین، م. و اوستان، ش. (۱۳۸۹) "اثر روی و کادمیوم بر رشد، مقدار کلروفیل، فتوسنتز و غلظت کادمیوم در چغندر لبویی" مجله پژوهش های آب و خاک، جلد شماره ۱: صفحات ۲۴-۴۱.

۱۱. بهرام نژاد ر. و صفاری م. (۱۳۹۳) "اثر پیش تیمارهای مختلف بذر بر ویژگی های مورفولوژیک، عملکرد، اجزای عملکرد و اسانس رازیانه (*Foeniculam .Mill vulgar*) در شرایط تنش آب" مهندسی آبیاری و آب ۵(۱۷): ۱۴-۲۹.
۱۲. تاج بخش، م. و قیاسی، م. (۱۳۹۰) "خلاصه ایی بر مکانیسم های تاثیر تیمارهای پیش از کاشت بذر بر بهبود جوانه زنی و رشد گیاهچه در شرایط تنش های محیطی زنده و غیر زنده" دومین همایش ملی تغییر اقلیم و تاثیر آن بر کشاورزی و محیط زیست. دوم مرداد ۱۳۹۰، ارومیه. ۲۰۸۹-۲۰۹۶.
۱۳. حاجیخانی، س. حبیبی، ح. شکاری، ف. و فتوکیان، م. (۱۳۹۰) "تاثیر پرایمینگ بذر بر عملکرد و اجزاء عملکرد ارقام لوبیا چیتی در شرایط تنش کم آبی" مجله علوم گیاهان زراعی ایران. دوره ۴۲، شماره ۱: ۱۹-۱۹۷.
۱۴. خاقانی نیا ص. قراجه داغی ی. و نمکی خامنه ر. (۱۳۹۳) "برخی از مگس های خانواده ی *Chloropidae* مزارع گندم در استان آذربایجان شرقی و گزارش آفات جدید برای ایران" پژوهش های کاربردی در گیاه پزشکی، ۳(۱): ۶۵-۷۵.
۱۵. خوشوقتی، ح. (۱۳۸۵) "اثرات محدودیت آب بر روند رشد و عملکرد سه رقم لوبیا چیتی" پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تبریز. ۱۴ صفحه.
۱۶. راعی، ی.، ن. مقصی و ر. سیدشریفی. ۱۳۸۶. اثر سطوح مختلف آبیاری و تراکم بوته و اجزای آن در نخود نوع دسی (کاکا) تیپ دسی. (مجله علوم زراعی ایران ۴: ۳۷۱-۳۸۱).
۱۷. رجبی مظهر، ن. رضوانی، ع. رخشانی ا. و خیری، ه. (۱۳۸۶) "معرفی آفت شته گیاه دارویی همیشه بهار (*Calendula officinalis*) و زنبور پارازیتوئید آن در استان همدان" خلاصه مقالات سومین همایش گیاهان دارویی. انتشارات دانشگاه شاهد. ص ۷۳.
۱۸. رضاخانی، ل. گلچین، ا. و شفیعی، س. (۱۳۹۱) "تأثیر سطوح مختلف مس و کادمیم و بور بر رشد و نمو و ترکیب شیمیایی اسفناج" مجله زراعت و اصلاح نباتات. (۸) ۱: ۱۰۰-۸۷.
۱۹. رضائی چپانه ا. تاجبخش م. قیاسی م. و امیرنیا ر. (۱۳۹۴) "بررسی اثر تلفیقی کودهای آلی و شیمیایی بر عملکرد کمی و کیفی گیاه نخود (*Cicer arietinum* L.) تحت شرایط دیم" پژوهش در گیاهان زراعی، جلد ۳: شماره ۱: ۵۵-۶۹.
۲۰. زارعی. ب. تقی پور ز. و فاضلی آ. (۱۳۹۵) "بررسی تأثیر پرایمینگ بذر با غلظت های مختلف جاسمونیک اسید بر جوانه زنی و رشد گیاهچه سیاه دانه در شرایط تنش شوری" نشریه تحقیقات بذر ۶: ۷۶-۶.
۲۱. زرگری، ع. (۱۳۶۹) "گیاهان دارویی" جلد پنجم. مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران. ۹۲۳ ص.

۲۲. سادات طباطبایی س، رزازی ع، خوشگفتارمنش ا ح، خالدیان ن، مهربادی ز، عسگری ا، فتحیان ش و رمضانزاده ف (۱۳۹۰) "تأثیر کمبود آهن بر غلظت، جذب و انتقال نسبی آهن، روی و منگنز در برخی محصولات زراعی مختلف در شرایط آبکشت" نشریه آب و خاک. ۷۲۸-۷۳۵: ۲۵۴.
۲۳. سپهری، ع، عباسی، ر و کرمی، ا. (۱۳۹۴). اثر تنش خشکی واسیدسالیسیلیک بر عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ های لوبیا قرمز. مجله به زراعی کشاورزی. دوره ۱۷، شماره (۲): ص ۵۱۶-۵۰۳.
۲۴. شعبانزاده ش. رمرودی م. و گلوی م. (۱۳۹۰) "تأثیر محلول پاشی عناصر ریزمغذی بر عملکرد دانه و ویژگی های کیفی سیاه دانه (*Nigella sativa* L.) در رژیم های مختلف آبیاری" مجله تولید و فراوری محصولات زراعی و باغی، جلد ۱، شماره ۲: ص ۷۹-۸۹.
۲۵. شکاری، ف، پاک مهر، آ، راستگو، م، وظایفی، م. و قریشی نسب، ج (۱۳۸۹) "اثر پرایمینگ بذر با سالیسیلیک بر پاره های صفات فیزیولوژیک لوبیا چشم بلبلی (*Vigna unguiculata* L.) تحت تنش کم آبی در زمان غلاف بندی" مجله علمی- پژوهشی علوم کشاورزی، سال چهارم. شماره ۱۳. ۳۳-۱۵.
۲۶. صابری ط. (۱۳۹۲) "مطالعه تاثیر نانو ذرات اکسید آهن بر رشد و فیزیولوژی گیاه پرپوش *Catharanthus roseus*" پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه اراک، ایران.
۲۷. ضیائیان ا. و ملکوتی، م. (۱۳۷۷) "اثر کاربرد مواد ریزمغذی و زمان کاربرد آنها بر افزایش عملکرد" مجله آب و خاک، ۱: ۲۰-۲۰۲.
۲۸. ضیائیان ع. ا. و ملکوتی، م. ج (۱۳۸۳) "بررسی گلخانه ای اثرات مصرف آهن، منگنز، روی و مس بر تولید گندم در خاک های شدیداً آهکی استان فارس" تغذیه متعادل گندم، مجموعه مقالات، گردآورنده: ملکوتی، م. ج، نشر آموزش کشاورزی، ۲۱۱ صفحه، تهران، ایران.
۲۹. طهماسب پور ب. محمدیان ر. (۱۳۸۹) "تأثیر تراکم و تاریخ کاشت های مختلف بر روی گیاهان دارویی همیشه بهار و نعنای فلفلی" پنجمین همایش ملی ایده های نو در کشاورزی، خوراسگان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان.
۳۰. عامری، ع. ا. نصیری محلاتی م. و رضوانی مقدم پ. (۱۳۸۶) "اثر مقادیر مختلف نیتروژن و تراکم بر کارایی مصرف نیتروژن، عملکرد گل و ماده مؤثره همیشه بهار (*officinalis Calendula*)" ایران زراعی پژوهش های. ۳۲۵-۱۵ ۲۵۳.
۳۱. عباسزاده ب. شریفی عاشورآبادی ا. لباسچی م. نادری حاجی باقر کندی، م. و مقدمی، ف. (۱۳۸۶) "اثر تنش خشکی بر میزان پرولین، قندهای محلول، کلروفیل و آب نسبی (RWC) بادرنجبویه *Melissa officinalis* L تحقیقات گیاهان دارویی و معطرا ایران. ۲۳(۴): ۵۰۴-۵۱۳.
۳۲. عبدالرحمنی، ب. قاسمی گلعدانی، ک، ولیزاده م. فیض اصل و. و توکلی، ع. (۱۳۹۰) "اثر پرایمینگ بذر بر روند رشد و عملکرد دانه جو (*Hordeum vulgare* L.)" مجله به زراعی نهال و بذر. جلد ۲-۲۷، شماره ۱. ۱۲۹-۱۱۱.

۳۳. عسکری الف. (۱۳۹۳) "بررسی اثر رژیم رطوبتی و اسید سالیسیلیک بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیک، عملکرد، اسانس و مواد مؤثره جمعیت های رازیانه" رساله دکتری زراعت، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه صنعتی اصفهان
۳۴. فاتح، ح. سی و سه مرده ع. و کریم پور م. (۱۳۸۹) "اثرات پرایمینگ بذر و تاریخ کاشت بر فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدان و عملکرد نخود در شرایط دیم" مجله فناوری تولیدات گیاهی ۱۰(۲).
۳۵. فیضی، ح. رضوانی مقدم پ.، کوچکی ع. شاه طهماسبی، ن. و فتوت، ا. (۱۳۹۰) "تأثیر شدت و زمان های مختلف میدان مغناطیسی بر رفتار جوانه زنی و رشد گیاهچه گندم (*Triticum aestivum* L.)" نشریه بوم شناسی ایران. جلد سوم. شماره چهارم: ۴۸۲-۴۹۰.
۳۶. قیاسی م. و تاج بخش م. (۱۳۹۰) "پرایمینگ بذر روشی برای بهبود زراعت در مناطق کم بازده" دومین همایش ملی تغییر اقلیم و تأثیر آن بر کشاورزی و محیط زیست. دوم مرداد ۱۳۹۰، ارومیه. ۲۰۶۸-۲۰۷۳.
۳۷. کریم زاده ی. حسینیان س. بذرکار ا. ب. حقیقی ر. و بختیاری س. (۱۳۹۲) "مقایسه اثر پرایمینگ در بهبود ویژگیهای جوانه زنی بذر کدو تخم کاغذی تحت شرایط تنش خشکی" نشریه تحقیقات بذر ۳: ۶۰.
۳۸. کریمی ج. مددی ح. طلایی حسنلویی. (۱۳۹۱) "کنترل آفات و علفهای هرز به وسیله دشمنان طبیعی" انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.
۳۹. کشاورز پ. و ملکوتی م. (۱۳۸۴) "اثر روی و شوری بر رشد، ترکیب شیمیایی و بافت آوندی گندم" مجله علوم آب و خاک ۱۹: ۱۳۰-۱۲۱.
۴۰. کیخا غ. فنایی ج. پل شکن م. اکبری مقدم ع. و سروانی ف. (۱۳۸۴) "بررسی اثر محلول پاشی عناصر روی، بور و آهن بر عملکرد کمی و کیفی کلزا" مجموعه مقالات نهمین کنگره علوم و خاک ایران. ۶-۹ شهریور ماه، مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، تهران ۱۴-۱۵۳.
۴۱. محسنی، س. ه. ا. قنبری م. ر. رمضانپور، و م. محسنی. (۱۳۸۵) "مطالعه اثر مقدار و مصرف سولفات روی و بوریک اسید بر عملکرد، کیفیت و جذب عناصر در دو هیبرید ذرت دانه های" مجله علوم کشاورزی ۳۸: ۳-۴.
۴۲. محمدزاده آ، مجیدی ح، مقدم ح، مجنون حسینی ن و بقایی ن (۱۳۹۰) "بررسی تأثیر نانوکود کلات آهن بر محتوی آهن و کلروفیل در لوبیا چیتی" دومین کنفرانس ملی فیزیولوژی گیاهی ایران. ۸-۹ اردیبهشت ماه یزد.
۴۳. محمدی، ه.، سلطانی، ا.، صادقی پور، ح. زینلی، ا. و نجفی، ر (۱۳۸۷) "تأثیر زوال بذر بر رشد رویشی و فلورسانس کلروفیل در سویا (*Glycine max*)" مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، جلد پانزدهم، شماره پنج، ویژه نامه زراعت و اصلاح نباتات. ۴۱-۴۹.

۴۴. مرادی ع. شریف‌زاده ف. توکیا افشاری ر. و معالی ر. (۱۳۸۹) "تأثیر پرایمینگ بذر بر جوانه زنی و رشد گیاهچه علف گندمی (*Agropyron elongatum*) بلند در شرایط بهینه رطوبتی و تنش خشکی" مجله علمی و پژوهشی مرتع. سال چهارم شماره سوم. ۴۶۲-۴۷۳.

۴۵. مرادی ع. و عباس دخت ح. (۱۳۸۹) "تأثیر سطوح مختلف کود نیتروژن بر شاخص های فیزیولوژیک رشد گیاه ذرت متأثر از هیدروترمال پرایمینگ بذر" مجموعه مقالات دهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. ص ۳۰۱.

۴۶. مرشدی آ. و نقیبی ح. (۱۳۸۳) "بررسی تأثیر سطوح مختلف محلول پاشی مس و روی بر عملکرد و خواص کیفی دانه کلزا" مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی ۳: ۱۵-۲۲.

۴۷. معین م. و شریعتی م. (۱۳۸۹) "اثر همزمان سالیسیلیک اسید و تنش شوری بر روی رشد (تقسیم سلولی)، رنگیزه های فتوسنتزی و مقدار بتا کاروتن در جلبک تک سلول" مجله زیست شناسی ایران. ۲۳(۵): ۶۳۸.

۴۸. ملکوتی م.ج. ریاضی همدانی س. (۱۳۷۰) "کودها و حاصلخیزی خاک" (ترجمه). دانشگاه تربیت مدرس.

۴۹. ملکوتی، م.ج. طهرانی م. (۱۳۸۴) "نقش ریزمغذی ها در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی (عناصر خرد با تأثیر کلان)" چاپ سوم، انتشارات دانشگاه تربیت مدرس.

۵۰. موسیوند م. خورگامی ع. و رفیعی م. (۱۳۸۸) "بررسی تأثیر غلظت های بالای رشد مواد نانو بر عملکرد و اجزای عملکرد در ژنوتیپ های مختلف سویا" فیزیولوژی گیاهان زراعی ۴: ۳۵-۴۴.

۵۱. نجفی پر ع. عیوضی ع. حبیبی ف. پوریوسف ا. و طاهر م. (۱۳۸۷) "پرایمینگ بذر و اثر آن بر القای تحمل به تنش خشکی در ارقام گندم" مجله پژوهش در علوم زراعی. سال اول. شماره ۲. ۸۱-۸۹.

۵۲. ثمن م. سپهری ع. و احمدوند (۱۳۹۰) "تجمع ماده خشک و تولید متابولیت های سازگار در شش ژنوتیپ نخود تحت سطوح مختلف رطوبت خاک" مجله زیست شناسی ایران ۲۴. ۳۷۹-۳۸۹.

۵۳. یدالهی ده چشمه پ. اصغری پور م. خیری ن. و قادری ا. (۱۳۹۱) "اثر تنش خشکی و کودهای آلی بر عملکرد روغن و ویژگی های بیوشیمیایی گلرنگ" نشریه تولید گیاهان روغنی ۱ (۲) ۲۷-۴۰.

54. Abdel-Aziz, N.G., Taha Lobna, S. and Ibrahim Soad, M.M.(2009) "Some studies on the effect of putrescine, ascorbic acid and thiamine on growth, flowering and some chemical constituents of *Gladiolus* plants at Nubaria". *Ozean Journal of Applied Sciences*, 2(2): 169-179.

55. Abbasi, A, Shekari, F., Mustafavi, S. H"(2015). Effect of paclobutrazole and salicylic acid on antioxidants enzyme activity in drought stress in wheat" A. investigaciones. 33(4): 5-13.
56. Abdul Jaleel, C., P. Manivannan, A. Wahid, M. Farooq, R. Somasundaram and R. Panneerselvam (2009)"Drought stress in plants: a review on morphological characteristics and pigments composition Int" J. Agric. Biol. 11: 100-105.
57. Abo Hamed, S., M. Younis, O. EShahaby and Haroun, S (1990).Plant growth, metabolism and adaptation inrelation to stress conditions" IX. Endogenous levels of hormones, minerals and organic solutes inPisumsativumplants as affected by salinity. Phyto Annales Rei Botanicae. 30: 187-193.
58. Aboutalebian M. A, G. Zare Ekbatani and A.Sepehri(2012)" Effects of on-farm seed priming with zinc sulfate andurea solutions on emergence properties, yield and yield components of three rainfed wheat cultivars" Annals of Biological Research3(10):4790-4796.
59. Adamski, J. M., Danieloski, R., Deuner, S., Braga, E. J. B., De Castro, L. A. S. and Peters, J. A (2012) "Responses to excess iron in sweet potato: impacts on growth, enzyme activities, mineral concentrations, and anatomy" Acta Physiologiae Plantarum 34: 1827-1836.
60. Afzal, I., Basar, S.M.A., Ahmad, N., Cheema, M., Warrataich, E. and Khaliq, A (2002)" Effect of priming and growth regulator treatments on emergence and seedling growth of hybrid maize (*Zea mays* L.)" International Journal of Agriculture and Biology.4 (2):303-308.
61. Afzal, I., Rauf, S., Basra, S.M.A. and Murtaza, G (2008)" Halopriming improves vigor, metabolism of reserves and ionic contents in wheat seedlings under salt stress" Plant, Soil and Environment. 54:382-388.
62. Ahmad, I., Khaliq, T., Ahmad, A., Basra, S.M.A., Hasnain, Z., and Ali, A (2012)" Effect of seed priming with ascorbic acid, salicylic acid and hydrogen peroxide on emergence, vigor and antioxidant activities of maize" African Journal of Biotechnology 11(5): 1127-1132.
63. Ahmadikhah, A., Narimani, H., Rahimi, M. M. and Vaezi, B(2010)" Study on the effects of foliar spray of micronutrientd on yield and yield components of durum wheat" Archives of Applied Science Research, 2 (6): 168-176.
64. Akhondi M, Safarnejad E and Lahooti M (2006)" Effect of drought strees on proline and accumulation of ions" Agricultural Science. 10: 165-173.
65. Akram A, Aslan Khan M, Yonis A and Ashfagh M (2014)" Exogenous application of 24 epibrassinolid on morphological, biochemical attributes and essential oil contents of *Jasminum sambac* L" Pakistan Journal of Agricultural Sciences. 51: 881-886.
66. Alimadadi, A., Jahansouz, M.R., Besharati, H., Tavakkol-Afshari, R. and Tavakkoli, M., 2010. Effect phosphate solubilizing micro-organisms, mycorrhiza and seed priming on the nodulation in chickpea crop (*Cicer arietinum* L.). Journal of Soil Research (Soil Science and Water), 24(1): 43-53.
67. Alloway, B. J (2004)" Zinc in soils and crop nutrition" 1 st edition, International Zinc Association, (IZA), Brussels.
68. Almansouri M, Kinet, J M, Lutts S (2001)" Effect of salt and osmotic stresses on germination in durum wheat (*Triticum durum* Desf.)" Plant Soil 231, 243–254.
69. Ameri, A. and Tehranifar, A(2012)" Effect of humic acid on nutrient uptake and physiology characteristic *Fragaria ananassa* var *Camarosa*" Jouranal of Biological and Enviromental Science, 6(16): 77-79.

70. Amjad, M., Ziaf, K., Iqbal, Q., Ahmad, I., Atif, M. and Saqib, Z (2007)" Effect of seed priming on seed vigour and salt Tolerance in hot pepper" *Pakistan Journal of Agricultural Science*. 44(3):408-417.
71. Angadi SV, Entz MH (2002)" Water relations of standard height and dwarf sunflower cultivars" *Crop Sci*. 42,152–159.
72. Anonymous.2012. Hand Book for Seedling Evaluation (3rd. ed.). International Seed Testing Association (ISTA), Zurich, Switzerland.
73. Ansari, O., Chogazardi, H. R., Sharifzadeh, F. and Nazarli, H (2012)" Seed reserve utilization and seedling growth of treated seeds of mountain rye as affected by drought stress" *Cercetari Agronomica in Moldova*. 2(150):43-48.
74. Ansari, O. and Sharif-Zadeh. F (2012) "Does Gibberellic acid (GA), Salicylic acid (SA) and Ascorbic acid (ASc) improve Mountain Rye (*Secale montanum*) seeds germination and seedlings growth under cold stress" *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*, 3(8): 1651-1657.
75. Arancon, N.Q., Edwards, C.A., Lee, S., and Byrne, R (2006)" Effects of humic acids from vermicomposts on plant growth" *European Journal of Soil Biology* 42: S65-S69.
76. Arbaoui, M., Yahia, N. and Belkhodja, M (2015)" Germination of the tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) in response to salt stress combined with hormones" *International Journal of Agronomy and Agricultural Research*, 7: 14-24.
77. Ashkani, J., Pakniyat, H., Emam, Y., Assad, M and Bahrani, M (2007)" The evaluation and relationships of some physiological traits in spring safflower (*Carthamus tinctorius*) under stress and non-stress water regimes. *Journal of Agricultural Science* 9:267-277.
78. Audebert, A (2006)" Iron partitioning as a mechanism for iron toxicity tolerance in lowland rice" In: *Iron toxicity in rice-based system in West Africa*. (Eds. 34-46. Cotonou. WARDA [Africa Rice Center] Ibadan Nigeria.
79. Ayas, H. & Gulser, F (2005)" The effect of sulfur and humic acid on yield components and macro nutrient contents of spinach" *Journal of Biological Science*, 5(6), 801-804.
80. Azooz, M. M (2009)" Salt stress mitigation by seed priming with salicylic acid in two faba bean genotypes differing in salt tolerance" *International Journal of Agriculture and Biology*. 11(2): 343–350.
81. Azzaz, NA, Hassan, EA, Elemarey, FA(2007)" Physiological, anatomical, and biochemical studies on pot marigold (*Calendula officinalis* L) plants" *African Crop Science Conference Proceedings*, 5:7272- 85.
82. Barker, W.B., and Sowyer, J.E (2005)" Nitrogen application to soybean at early reproductive development" *Agronomy Journal* 97: 615-619.
83. Basra, S. M.A., Farooq, M., Afzal, I. and Hussain, M (2006)" Influence of osmopriming on the germination and early seedling growth of coarse and fine rice" *International Journal of Agriculture and Biology*, 119-125.
84. Bejandi, T., Sedghi, M., Sharifi, R., Namvar, A. and Molaei, P (2009)" Seed priming and sulfur effects on soybean cell membrane stability and yield in saline soil" *Pesq. Agropec. Bras. Brasília*. 44(9): 1114-1117.
85. Bernath, J (2000)" Medicinal and aromatic plants. Mezo" Publ. Budapest, pp. 667.
86. Blokhina, O., Virolainen, E and Fagersted t, K.V (2003)" Antioxidants, oxidative damage and oxygen deprivation stress" A review. *Annals of Botany* 91:179-194.
87. Blum, A (2011)" Plant water relations, plant stress and plant production" pp. 11-52.
88. Bogdan, L., Groza, L., Andrei, S., Pintea, A., Cenariu, M., Petrean, A. and Macri, A (2009)" Therapeutic and immunomodulatory effect of two complex homeopathic products used against chronic endometritis in Simmental cows" *Journal of Food, Agriculture and Environment*. 7 (2): 243 - 246.
89. Brennan, R, F., Bolland, M, A., and K. H. M. Siddique (2001)" Response of cool season grain legumes and wheat to soil-applied zinc" *Journal of Plant Nutrition* 24: 727-741.

90. Bukvic, G., M. Antunovic, S. Popovic, and M. Rastija (2003)" Effect of P and Zn fertilization on biomass yield and its uptake by maize lines (*Zea mays* L)" *Plant Soil Environment*. 49:505-510.
91. Butnariu, M., and Coradini, Z.C (2012)" Evaluation of biologically active compounds from *Calendula officinalis* flowers using spectrophotometry" *Butnariu and Coradini Chemistry Central Journal* (6): 1-7.
92. Cakmak, I., and Horst, W (1991)" Effect of aluminum on lipid peroxidation, superoxide dismutase, catalase and peroxidase activities in root tip soybean" *Plant Physiol.* 83: 463-468.
93. Cakmak, I (2008)" Enrichment of cereal grains with zinc" *Agronomic or genetic bio fortification?* *Plant Soil*. 302:1-17.
94. Cakmak, I (2009)" Enrichment of fertilizers with zinc: An excellent investment for humanity and crop production in India" *J. Trace Elem. Med. Biol* 23: 281-298.
95. Canak, P., Mirosavljević, M., Ćirić, M., Kešelj, J., Vujošević, B., Stanisavljević, D. and Mitrović, B (2016)" Effect of seed priming on seed vigor and early seedling growth in maize under optimal and suboptimal temperature conditions" *Selekcijai Semearstvo*, 22(1): 17-25.
96. Capron, I., Corbineua, F., Dacher, F., Job, C., Come, D. and Job, D (2000)" Sugar beet seed priming: Effects of priming conditions on germination, solubilization of 11-s globulin and accumulation of LEA proteins" *Seed Science and Research*, 10, 243–254.
97. Chang, C., BaolanW. Li, Y., Lian,D. and Zhang, W (2010)" Alleviation of salt stress induced inhibition of seed germination in cucumber (*Cucumis sativus* L) by ethylene and glutamate" *Journal of Plant Physiology*. 18:195-200.
98. Chen, K., Fessehaie, A. and Arora, R (2011)" Dehydrin metabolism is altered during seed osmopriming and subsequent germination under chilling and desiccation in *Spinacia oleracea* L. cv" *Bloomsdale: Possible role in stress tolerance. Plant Science*, 182, 420–430.
99. Chen, K., Fessehaie, A. and Arora, R (2011)" Dehydrin metabolism is altered during seed osmopriming and subsequent germination under chilling and desiccation in *Spinacia oleracea* L. cv. *Bloomsdale*" *Possible role in stress tolerance. Plant Science*, 182, 420–430.
100. Chiu, K.Y., Chen, C.L. and Sung, J.M (2002)" Effect of priming temperature on storability of primed sh-2 sweet corn seed" *Crop Science*, 42, 1996–2003.
101. Chiu, K.Y., Chuang, S.J. and Sung, J.M (2006)" Both anti-oxidation and lipid-carbohydrate conversion enhancements are involved in priming-improved emergence of *Echinacea purpurea* seeds that differ in size" *Scientia Horticulturae*, 108, 220–226.
102. Davis, S., N. C. Turner, K. H. M. Siddique, L. Leport, and J. Plummer (1999)" Seed growth of desi and kabuli chickpea (*Cicer arietinum*) in a short season Mediterranean type environment" *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 39:181–188.
103. Das R, Kiley P, Segal M, Norville J, Yu AA, Wang L, Trammell SA, Reddick L.E, Kumar R, Stellacci F, Lebedev N, Schnur J, Bruce BD, Zhang S, Baldo M(2004)" *Integration of Photosynthetic Protein*.
104. Da Silva, D. H., Rossi, M. L., Boaretto, A. E., De Lima Nogueira, N. and Muraoka, T. (2008) Boron affects the growth and ultrastructure of castor bean plants. *Scientia Agricola* 65: 659-664.
105. Dearman, J., Brocklehurst, P.A. and Drew, R.L.K (1987)" Effect of osmotic priming and aging on the germination and emergence of carrot and leek seed" *Annual Apply Biology*, 111, 717–722.
106. Dehghani, F., Aghaalikhani, M., Daneshian, J. and Rahmati, E (2011)" Osmopriming Improved Germination Parameters of Water Deficit Stress derived Soybean Seeds under Low Temperature Condition" *Tropentag*, October 5-7, 2011, Bonn. 258-261.

107. Delfine, S., Tognetti, R., Desiderio, E. & Alvino, A (2005) "Effect of foliar application of N and humic acid on growth and yield of durum wheat" *Agronomy for Sustainable Development*, Springer Verlag, 25, 183-191.
108. Delkhoush, B., Shiranirad, A. H., Nourmohammadi, G. & Darvish, F (2006) "Effect of drought stress on grain yield and chlorophyll in rape seed cultivars. *Journal of Agricultural sciences*, 12(2), 359-368. (In Persian)
109. Delian, E., and Lagunovschi-luchian, V (2015) "Germination and vigor of primed *Daucus carota* L. seeds under saline stress conditions" *Romanian Biotechnological Letters*, 20(5): 10833-10840.
110. Del Rio, L., Sandalio, L., Corpas, F., Palma, J., Barroso, J (2006) "Reactive oxygen species and reactive nitrogen species in paroxysms, production, scavenging and role in cell signaling" *Plant Physiology*. 141, 330-335.
111. Demir, I., and Mavi, K (2004) "The effect of priming on seedling emergence of differentially matured watermelon seeds" *Scientia Horticulturae*, 102, 467-473.
112. Draganic, I. and Lekic, S (2012) "Seed priming with antioxidants improves sunflower seed germination and seedling growth under unfavorable germination conditions" *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 36:421-428.
113. Drazic, G., Mihailovic, N., and Lojic, M (2006) "Cadmium accumulation in *Medicago sativa* seedlings treated with salicylic acid" *Biology Plant* 50(2): 239-244.
114. Dubey VS, Bhalla R and Lithra R (2003) "Sucrose mobilization in relation to essential oil biogenesis during palmarosa (*Cymbopogon martini* Roxb. Wats" Var. motia inflorescence development. *Bois sciences*. 28(4): 479-487.
115. Du, L. V. and Tuong, T. P (2002) "Enhancing the performance of dry-seeded rice: effects of seed priming, seedling rate, and time of seedling" Pandey, S., Mortimer, M., Wade, L., Tuong,
116. Ebrahimi M. Zamani Gh.R. and Alizadeh Z (2017) "A study on the effects of water deficit on physiological and yield-related traits of pot marigold (*Calendula officinalis* L) "Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 25(2): 261-271
117. EL-Kady ME, El-Boray MS, Shalan AM and Lamiaa M (2017) "Effect of silicon dioxide nanoparticles on growth improvement of banana shoots in vitro within rooting stage" *J. Plant Production, Mansoura Univ*; 8 (9): 913 - 6.
118. EL-Tayeb, M.A (2005) "Response of barley grain to the interactive effect of salinity and salicylic acid" *Plant, Growth Regulation* 45: 215-225.
119. Elouaer, M. and Hannachi, C (2012) "Seed priming to improve germination and seedling growth of safflower (*Carthamus tinctorius*) under salt stress" *Eurasia J. Biosci.* 6:76-84.
120. Farhoudi, R. and Makkizadeh, M (2011) "Effect of salt stress on seedlings growth and ions homeostasis of Soybean (*Glysin Max*) Cultivars" *Advances in Environmental Biology*. 5(8): 2522-2526.
121. Farhoudi, R., Saeedipour, S and Delfie, M (2011) "The effect of NaCl seed priming on salt tolerance, antioxidant enzyme activity, and proline and carbohydrate accumulation of Muskmelon (*Cucumis melo* L.) under saline condition" *African Journal of Agricultural Research* 6:1363-1370.
122. Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D. and Basra, S.M.A (2009) "Plant Drought Stress: Effects, Mechanisms and Management" *Sustainable Agriculture*. Springer, Dordrecht, PP. 153-188.
123. Farooq M., S.M.A., Basra A., Wahid and M.B. Khan (2006) "Rice seed invigoration by hormonal and vitamin priming" *Seed Science and Technology*, 34:775-780.
124. Farooq, M., Basra, S. M. A., Wahid, A., Ahmad, N., and Saleem, B. A (2009) "Improving the drought tolerance in rice *Oryza sativa* L" by exogenous application of salicylic acid. *Agronomy and Crop Science* 195: 237-246.
125. Farooq, M., Wahid, A. and Kadambot, H (2012) "Micronutrient application through seed treatments "a review. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 12 (1): 125-142.

126. Farooq, M., Basra, S.M.A., Tabassum, R. and Afzal, I (2006)" Enhancing the performance of direct seeded fine rice by seed priming" *Plant Production Science*, 9, 446-456.
127. Farshbaf-Jafari, S., Ghasemi-Golozani, K., Shafagh-Kalvanagh, J (2010)" Effects Pretreatment and drought stress on the percentage and yield of oil and soybean protein" *Proceedings of the 3rd International Seminar on Oilseeds and Edible Oils*, Tehran, Iran. [In Persian with English Summary].
128. Farshidfar, E., Mohammadi, R. and Sutca, J (2002)" Association between field and laboratory predictors of drought tolerance in wheat disomic addition lines" *Acta Agronomica Hungarica*, 50: 377-381.
129. Fayez, K.A, and Bazaid, S.A (2014)"Improving drought and salinity tolerance in barley by application of salicylic acid and potassium nitrate" *Journal of Saudian Society of Agriculktural Sciences*. 13, 45–55.
130. Fazeli, A., M. Ghorbani and V. Niknam (2007)" Effect of drought on biomass, protein content, lipid peroxidation and antioxidant enzymes in two sesame cultivars" *Biologia Plantarum*. 51 (1): 98-103.
131. Gallardo, K., Job C, Groot SPC, Puype M, Demol H, Vandekerckhove J, and Job D (2001)" Proteomic analysis of Arabidopsis seed germination and priming" *Plant Physiol*. 126:835-848.
132. Ghani, A., Azizi M. and Tehranifar, A (2009)" Response of *Achillea* species to drought stress induce by polyethylene glycol in germination stage" *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 25(2): 261-271
133. Ghassemi-Golezani K, Aliloo AA, Valizadeh M, Moghaddam M(2008)" Effects of different priming techniques on seed invigoration and seedling establishment of lentil (*Lens culinaris Medik*)" *Journal of Food, Agriculture & Environment*. 6(2): 222-226.
134. Ghassemi Golazani, K. And Dalil, b. 2011 .Terms for germination and seed vigor. Mashhad University Jihad Publications. 104 p.
135. Gebreegziabher, B.G., and Qufa, C.A (2017)" Plant physiological stimulation by seeds salt priming in maize (*Zea mays L.*): Prospect for salt tolerance" *African Journal of Biotechnology*, 16(5): 209-223.
136. Ghiyasi, M. Abbasi, A., Tajbakhsh, M., Amirnia, M. and Salehzadeh, H (2008)" Effect of osmopriming with polyethylene glycol (8000) on germination and seedling growth of wheat (*Triticum aestivum L.*) seeds under salt stress" *Research Journal of Biological Sciences*. 3(10): 1249-1251.
137. Ghiyasi, M., Amirnia, R., Tajbakhsh, M., and Rezaee Danesh, Y., and Valizadegan, O (2012)" The effect of pre-sowing seed traetments on germination and seedling growth of (*Ziziphora clinopodioides L.*)" *Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Sempozyumu* 13-15 Eylül 2012. 448-452.
138. Gholinezhad, E., A. Aynaband, A. Hassanzade Ghorttapeh, G. Noormohamadi and Bernousi I (2012)" Effects of Drought Stress, Nitrogen Amounts and Plant Densitieson Grain Yield, Rapidity and Period of Grain Filing" *Sunflowe Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*. 22(1): 129-143. (In Persian).
139. Habib, M (2010)" Sugarbeet (*Beta vulgaris L.*)_seed pre-treatment with water and HCl to improve germination" *African Journal of Biotechnology* Vol. 9(9): 1338-1342.
140. Hajiboland, R., Yang, X. E. Römheld, V (2003)" Effects of bicarbonate and high pH on growth of Zn-efficient and Zn-inefficient genotypes of rice, wheat and rye" *Plant Soil* 250: 349–357.
141. Hamada, A.M (2001)" Salicylic acid versus salinitydrought induced stress on wheat seedlings" *Rostlinná Výroba*, 47: 444-450.
142. Hanan, E.D (2007)" Influence of salicylic acid on stress tolerance during seed germination of *Triticum aestivum* and *Hordeum vulgare*" *Biological Research*. 1:40- 48.

143. Harris, D (2010)" The status of 'on-farm' seed priming and related work funded by the DEID plant sciences research programme" Plant Sciences research program. 4: 115-124.
144. Harris, D., Pathan, A., Gothkar, P., Joshi, A., Chivasa, W., Nyamudeza, P (2001a)" On-farm seed priming: using participatory methods to revive and refine a key technology" Agricultural Systems 69: 151–164.
145. Harris, D., Raghuwanshi, B. S., Gangwar, S. C., Singh, C., Joshi, K., Rashid, A. and Hollington P. A (2001b)" Particularly evaluation by farmers of on farm seed priming in wheat in India, Nepal and Pakistan" Experimental Agriculture. 37: 403-415.
146. Harris, D., Pathan, A.K., Gothkar, P., Joshi, A., Chivasa, W. and Nyamudeze, P (2001)" On-farm seed priming: using participatory methods to revive and refine a key technology. Agricultural Systems" 69: 151-164.
147. Hart J. J., Welch R. M., Norvell W. A. and Kochian L.V (2002)" Transport interactions between Cd and Zn in roots of bread and durum wheat seedlings" Journal of Plant Physiology. 45: 91-97.
148. Heidari, M. & Khalili, S (2014)" Effect of humic acid and phosphorus fertilizer on seed and flower yield, photosynthetic pigments and mineral elements concentration in sour tea (*Hisbiscus sabdariffa*L)" Iranian Journal of Field Crop Science, 45(2), 191-199. (In Persian).
149. Hernandez, I., Alegre, L. and Munne-Bosch, S (2004)" Drought-induced changes in flavonoids and other low molecular weight antioxidants in *Cistus clusii* grown under Mediterranean field conditions" Tree Physiology, 24: 1303-1311.
150. Hoseini, J. and Nasiri Mahallati M (2006)" Effect of seed pretreatment on germination of lentil genotypes" Iranian Journal of Agricultural Research 4 (1): 35-47. (In Farsi)
151. Hong-Bo, S., CH. Li-Ye., A. j. Cheruth & Chang-Xing. Z (2008)" Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants" Comptesrendus Biologies, 331(3): 215-225.
16. Horemansa, N., CH. H. Foyer.
152. Hu, Y., and U. Schmidhalter (2005)" Drought and salinity: A comparison of their effects on mineral nutrition of plants" J. Plant Nutr. Soil Sci. 168: 541–549.
153. Ilyas, N., Gull, R., Mazhar, R., Saeed M., Kanwal, S., Shabir, S. and Bibi, F (2017)" Influence of Salycilic acid and Jasmonic acid on Wheat under drought stress" Communications in soil Science and plant analysis. 48 (22):2715-2723.
154. Inoue, A., Udonishi, K., Saeki, Y., Nagatomo, Y. and Akao, S (2006)" Effect of zinc and auxin on the formation of adventitious roots and its growth in rice plants" Bulletin of the Faculty of Agriculture, University of Miyazaki 52(1.2): (57-64).
155. Jafar, M.Z. Farooq, M., Cheema, M.A., Afzal, I., Basra, S.M.A., Wahid, M.A., Aziz, T. and Shahid, M (2011)" Improving the Performance of Wheat by Seed Priming Under Saline Conditions" Journal of Agronomy and Crop Science, 20, 1-8.
156. Jayarambabu, N., and B. Kumari (2015)" Beneficial role of zinc oxide nanoparticles on green crop production" International Journal of Multidiciplinary Advanced Research Trends. 2(1): 273-182
157. Jeyaramraja, P.R., Meenakshi, S.N., Kumar, R.S., Joshi, S.D. and Ramasubramanian, B (2005)" Water deficit induced oxidative damage in tea (*Camelia sinensis*) plants. Plant Physiology, 162: 413-419.
158. Jokar L. Ronaghi L. Karimian A. M and Ghasemi Fasaei R (2015) "Effect of different levels of iron and nitrogen fertilizers and iron sequestrers on growth and concentration of certain nutrients of bean beans in a calcareous soil" Journal of Greenhouse Crop Science and Technology, 6 (22): 9-18
159. Johansen, C., Musa, A.M., Kumar Rao, J.V.D.K., Harris, D., Ali, M.Y. and Lauren, J.G (2004)" Molybdenum response of chickpea in the High Barind Tract of Bangladesh and in Eastern India" In 'International Workshop on Agricultural Strategies to Reduce Micronutrient Problems in Mountains and Other Marginal Areas in South and South East

- Asia'. Kathmandu, 8-10 September, 2004. Nepal Agricultural Research Council. 851-856.
160. Jutur PP and R eddy AR (2007)" Isolation, purification and properties of new restriction endonucleases from *Bacillus badius* and *Bacillus lentus*" Microbiological Research. 162:378-383.
 161. Kabiri, R. and Taghizade, M (2015)" Effect of salicylic acid pretreatment on germination and early growth of Black Cumin (*Nigella sativa*) seedling under salinity stress" Journal of Seed Science and Technology, 4(1): 61-72. [In Persian with English Summary].
 162. Kabiri, R., Hatami, A. and Naghizadeh, M (2014)" Effect of drought stress and its interaction with salicylic acid on fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) germination and early seedling growth" Journal of Medicinal Plants and By-Products, 2: 107-116.
 163. Kafi, M., EishiRezaii, A., Hagighikhah, M. and Gorbani, S (2010)" Effect of salinity and seed priming on germination and seedling characteristics of two medicinal citrus species" Journal of Agricultural Ecology, 2: 245-255. [In Persian with English Summary]
 164. Kafi, M., Rostami, M (2008)" Effect of drought stress in reproductive growth stage on yield and components yield and oil content three safflower cultivars in irrigation with salty water conditions" Iranian J. Field Crops Res. 5(1), 121-131. [In Persian with English summary].
 165. Kamrava, S., N. Babaeian Jolodar and N. Bagheri (2017)" Evaluation of Drought Stress on Chlorophyll and Proline Traits in Soybean Genotypes" Journal of Crop Breeding, 9(23): 95-104 (In Persian).
 166. Karimian, D. and Madadpour Inallou, M (2012)" Effect of Nanoprimering method on Lentil Seedling" International Conference on Biotechnology, Nanotechnology and its applications (ICBNA'2012) March 17-18, 2012 Bangkok. 47-49.
 167. Kaya MD, Okcu G, Atak M, Cýkýlý Y, Kolsarıýý O (2006)" Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.)" Europ. J. Agronomy 24. 291– 295
 168. Kaymak H.C., Govenc I., Yarah F.M., and Donmez F (2009)" The effect of bio-priming with PGPR on germination of radish (*Raphanus Sativus* L.) seed under saline condition" Turkish Journal of Agriculture & Forestry, 33:173- 179.
 169. Kaur, S., Gupta, A. K. and Kaur, N (2005)" Seed priming increase crop yield possibly by modulating enzymes of sucrose metabolism in chick pea" Journal of Agronomy and Crop Science. 191: 81-86.
 170. Khan, T.A., Mazid, M., and Mohammad, F (2011)" A review of ascorbic acid potentialities against oxidative stress induced in plants" Journal of Agro biology 28(2): 97-111.
 171. Khan, A., Iqbal, I., Shah, A., Nawaz, H., Ahmad, F. and Ibrahim, A (2010)" Alleviation of Adverse Effects of Salt Stress in Brassica (*Brassica campestris*) by pre-sowing seed treatment with Ascorbic Acid" American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci., 7 (5): 557-560.
 172. Khan. M.I R., Fatma, and M., Per, T. S., Anjum, N.A. and Khan, N.A (2015)" Salicylic acid-induced abiotic stress tolerance and underlying mechanisms in plants: a review. American Journal of Agricultural and Biological Sciences 6: 462.
 173. Khodary, S. E. A (2004)" Effect of salicylic acid on the growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt-stressed maize plants" International Journal of Agriculture and Biology, 6: 5-8.
 174. Koca, H., Bor, M., Ozdemir, F., and Turkan, I (2007)" The effect of salt stress on lipid peroxidation, anti-oxidative enzymes and proline content of sesame cultivars" Environmental and Experimental Botany, 60: 344-351.
 175. Kozminska A, Al Hassan M, Kumar D, Oprica L, Martinelli F, Grigore MN, Vicente O, Boscaiu M (2017) "Characterizing the effects of salt stress in *Calendula officinalis* L. "Journal of Applied Botany and Food Quality 90(40): 323–329.

176. Krol B (2012)" Yield and Chemical Composition of Flower Heads of Selected Cultivars of Pot Marigold" *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*. 11(1): 215-225.
177. Kumar, N., Sharma, J. and Sharma, S (2010)" Pharmacognostical and Phytochemical Investigation of *Calendula officinalis*" *Journal of Advanced Science Research*, 1(1): 61-66.
178. Kulkarni, G.N., and Eshanna, M.R (1988)" Effect of pre-soaking of corn seed on seed quality" *Seed Research*, 16, 37–40.
179. Kulkarni, V.V., Sivakumar, K., Singh, A.P., and Visha, P (2014)" Yield and quality characteristics of rendered chicken oil for biodiesel production" *Journal Oil Chemistry Sociality*, 91: 133-141.
180. Landi, M., Degl Innocenti, E., Pardossi, A. and Guidi, L (2012)" Antioxidant and photosynthetic responses in plants under boron toxicity" a review. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences* 7: 255-270.
181. Lanterpi, S., Nada, E., Belletti, P., Quaglitti, L. and Bino, R. J (1996)" Effects of Controlled Deterioration and Osmoconditioning on Germination and Nuclear Replication in Seeds of Pepper (*Capsicum annuum* L.)" *Annals of Botany* 77: 591-597.
182. Laware, S. L. and Raskar, S (2014)" Influence of zinc oxide nanoparticles on growth, flowering and seed productivity in onion" *International Journal of Current Microbiology Science*, 3(7): 874- 881.
183. Mackowiak, C.L., P.R. Grossl and B.G. Bugbee (2001)" Beneficial effects of humic acid on micronutrient availability to wheat" *Soil Sci.*65: 1744-1750.
184. Maksymiec, W (2011)" Effects of jasmonate and some other signaling factors on bean and onion growth during the initial phase of cadmium action" *Biologia Plantarum*, 55(1): 112-118.
185. Malik, S., and M. Ashraf (2012)" Exogenous application of ascorbic acid stimulates growth and photosynthesis of wheat (*Triticum aestivum* L.) under drought" *Soil and Environment*. 31 (1): 72-77.
186. Mansouri, A. and Omid, H (2016)" Seed priming with potassium nitrate improves germination indexes of (*Ocimum basilicum* L.) under water deficit" *Conference on new horizons in science, agriculture, natural resources and the environment*. Iran. Tehran. 2016.
187. Maroufi, K., Aliabadi Farahani, H. and Moradi, O (2011)" Evaluation of nano priming on germination percentage in green gram (*Vigna radiata* L.)" *Advances in Environmental Biology*. 5(11): 3659-3663.
188. Marschner, H (1995)" *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Second edition, Academic Press Limited" *Harcourt Brace and Company, Publishers, London*, pp. 347-364.
189. Marschner, H (2005)" *Mineral nutrition of higher plants*" vol. 1. Academic Press, London.
190. Martin, R. J. and B. Deo (2000)" Effect of plant population on *Calendula officinalis* flower production" *New Zealand J. of Crop and Hort. Sci.* 28(1):37-44.
191. McDonald, M. B (2000)" Seed Priming. In: *Seed Technology and Its Biological Basis*" (ed. Black, M. and Bewley, J. D.) Pp. 287-325. Sheffield Academic Press, Sheffield.
192. Miwa, K. and Fujiwara, T (2010)" Boron transport in plants: co-ordinated regulation of transporters" *Annals of Botany* 105: 1103-1108.
193. Mohammadi, G. R. (2009)" The effect of seed priming on plant traits of spring seeded soybean (*Glycine max* L.)" *American Eurasian Journal of agriculture and Environment Science*. 5(3):322-326.
194. Mohammadi, G. R (2009 b)" The influence of NaCl priming on seed germination and seedling growth of canola (*Brassica napus* L.) Under Salinity Conditions" *American-Eurasian Journal Agriculture and Environment Science*. 5 (5): 696-700.
195. Monica, R. C. & Cremonini, R (2003)" Nanoparticles and higher plants" *Caryologia*. 22, 121-122.

196. Moosavi, A., Tavakkol-Afshari, R., Sharif-Zadeh, F. and Aynehband, A (2009)" Effect of seed priming on germination characteristics, polyphenol oxidase, and peroxidase activities of four amaranth cultivars" *Journal of Food Agriculture and Environment* 7.
197. Mottaghi, M., Najafian, G., Bihamta, M.R (2009)" Effect of end of season drought stress on grain yield and quality of bakery in hexaploid wheat genotypes" *Journal of Agricultural Sciences of Iran*. 11(3), 209-306. [In Persian with English Summary].
198. Mousavifar, B.E., Behdani, M.A., Jami Al-Ahmadi, M (2009)" Response of spring safflower cultivars to different irrigation intervals in Birjand condition" *Proceedings of Regional Congress on Water Crisis and Drought*. Rasht, Iran, pp. 670-675.
199. Muley, B. P., Khadabadi, s. s. and Banarase, N. B (2009)" Phytochemical Constituents and Pharmacological Activities of *Calendula officinalis* Linn (Asteraceae)" A Review. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*. 8 (5): 455-465.
200. Musa, A., Harris, D., Johansen, C. and Kumar, J (2001)" Short duration chick peato replace fallow after a manrice: the role of on farm seed priming in the High Barind Tract of Bangladesh" *Experiment in Agriculture*. 37(4): 509-521.
201. Mittler, R (2002)" Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends in Plant Science* 7:405-410.
202. - Maguire, J. D. 1962. Speed of germination: in selection and evaluation for seedling vigour. *Crop Science*, 2: 176-177
203. Ming DF, Pei ZF, Naeem MS, Gong HJ, Zhou WJ (2012)" Silicon alleviates PEG-induced water deficit stress in upland rice seedlings by enhancing osmotic adjustment" *J. Agron Crop Sci*; 198: 14 – 26.
204. Muley BP, Khadabadi S, S and Banarase N, B (2009)" Phytochemical constituents and pharmacological activities of *Calendula officinalis* Linn (Asteraceae)" A Review. *Tropical Journal of Pharmaceutical Res.*; 8 (5): 455 - 65.
205. Naghizadeh, M., and Gholami Toran Poshti, M (2014)" Effect of seed pre-treatment with Salicylic Acid on wheat yield and yield components under drought stress" *Journal of Agricultural Ecology* 6 (1): 170-162. (In Persian with English abstract).
206. Nair, R., S. Hanna Varghese, B. G. Nair, T. Maekawa, Y. Yoshida, and D. Sakthi kumar (2010)" Nanoparticulate material delivery to plants" *Plant Science*, 179: 154-163.
207. Nasibi, F., Manouchehri Kalantari, K., Barand, A (2014)" Effects of seed pre-treatment with Larginine on improvement of seedling growth and alleviation of oxidative damage in canola plants subjected to salt stress" *Iranian Journal of Plant Physiology*. 5(1), 1217-1224. [In Persian with English Summary].
208. Nemeth, M., Janda, T., Hovarth, E., Paldi, E. and Szali, G (2002)" Exogenous salicylic acid increases polyamine content but may decrease drought tolerance in maize" *Plant Science* 162: 569-574.
209. Niu, J., S. Zhang, S. L. I u, H. Ma, J. Chen, Q. Shen, C. Ge, X. Zhang, C. Pang and. Zhao, X(2008)" The compensation effects of physiology and yield in cotton after drought stress" *Journal of Plant Physiology*. 224–225: 30-48.
210. Orabi, S. A., S. R. Salman and A. F. Shalaby (2010)" Increasing resistance to oxidative damage in cucumber (*Cucumis sativus* L.)" plants by exogenous application of salicylic acid and paclobutrazol. *World J. Agric. Sci*. 6: 252- 259.
211. Ozturk, L., Yazici, M.A., Yucel, C., Bagci, A., Ozkan, H., Braun, H Potarzycki, J, and M. Grzebisz (2009)" Effect of zinc foliar application on grain yield of maize and its yielding components" *Plant Soil Environment*. 55:519-527.
212. Pandey, A. C., S. S. Sanjay, and R. S. Yadav (2010)" Application of ZnO nanoparticles in influencing the growth rate of *Cicer arietinum* L" *Journal of Experimental Nanoscience*, 5: 488-497.

213. Pandey N, Pathak GC and Sharm a CP (2009)" Impairment in reproductive development is a major factor limiting yield of black gram under zinc deficiency" *Biologia Plantarum*. 53:723-727.
214. Papadakis, I. E., Dimassi, N., Bosabalidis, A. M., Therios, I. N., Patakas, A. and Giannakoula, A (2004)" Effects of B excess on some physiological and anatomical parameters of 'Navelina' orange plants grafted on two rootstocks" *Environmental and Experimental Botany* 51: 247-257.
215. Pavet, V., Olmos, E., Kiddle, G., Mowla, S., Kumar, S., Antoniow, J., Alvarez, M.E., and Foyer, C.H (2005)" Ascorbic acid deficiency activates cell death and disease resistance responses in *Arabidopsis*" *Plant Physiology* 139: 1291-1303.
216. Paul, S.R. and Choudhury A.K (1991)" Effect of seed priming with potassium salts on growth and yield of wheat under rainfed condition" *Annals of Agricultural Research*, 12, 415–418.
217. Payegozar, Y (2008)" Effect offoliar applicationof micro nutrient sonquantitative and qualitative characteristics of pearl millet under drought stress. Master's thesis, Department of Agriculture, University of Zabol.
218. Pazeki, A., H. Rezaie, D., Habibi, and F. Paknejad. (2012)" Effect of drought stress, ascorbat and giberlin sperey on some morphological subjects, RWC and membrane stability in thyme plant (*Thymus vulgaris* L.)" *Journal of Agronomy and Plant Breeding*. 8(1): 1-13. (In Persian).
219. Peleg, Z. and E. Blumwald (2011)" Hormone balance and abiotic stress tolerance in crop plants" *Current Opinion in Plant Biology*. 14:290–295
220. Pirasteh-Anosheh, H., Y. Emam, M. Ashraf and M. R. Foolad (2012)" Exogenous application of salicylic acid and chlormequat chloride alleviates negative effects of drought stress in wheat" *Adv. Stud. Biol.* 11: 501-520.
221. Plessi, M., Bertelli, D., Albasini, A (2007)" Distribution of metals and phenolic compounds as a criterion to evaluate variety of berries and related jams" *Food Chemistry*. 100: 419-427.
222. Priya, P., Patil, V. and Arvind, K (2011)" Effect of Seed Priming Practices on Growth, Yield and Economics of Maize (*Zea mays* L.) Based Cropping Systems under Rainfed Conditions in Northern Karnataka" *Research Journal of Agricultural Sciences*. 2(3): 502-508.
223. Rapsio ED, Balzelli IL, Boni LU, Caielli AL, Csnini EL, Porizo CL(2007)" Evaluation of the efficacy of *Calendula Officinalis* tincture in surgical wound care treatment" *Dictionary of Open Access Journals, Capsula Eburnea*; 2 (19), 1-4.
224. Raquel, E., Joan-Colón, C., Xavier, F., Sánchez, A. and Puentes, V (2009) "Evaluation of the ecotoxicity of model nanoparticles." *Elsevier*. 72: 850–857.
225. Rashid, A., Harris, D., Hollington, P. and Ali, S (2004)" On –farm seed priming reduces yield losses of mungbean (*Vinga radiate*) associated with mungbean yellow mosaic virus in The North West Frontier Province of Pakistan" *Crop Protection*, and 23: 1119-1124.
226. Rashidi, S. H., Shirani Rad, A. M., Ayene Band, A., Javidfar, F., and Lak, S. H (2012)" Study of relationship between drought stress tolerances with some physiological parameters in canola genotypes *Brassica napus* L" *Annals of Biological Research* 3: 564-569.
227. Roveroni-Favaretto LHD, Bortolin Lodi L and Dias Almeida, J (2008)" Topical *Calendula officinalis* L. successfully treated exfoliative cheilitis" a case report. *Cases Journal*; 2 (9077): 1 - 3.
228. Riahi, N., H. farahbakhsh and A. Pasandipoor (2012)" Influence of exogenous application of proline, glycine betaine, salicylic acid and ascorbic acid to reduce the effects of drought stress in sorghum" In: *Proceeding of the 11th National Seminar on Irrigation and Evapotranspiration*. Shahid Bahonar University of Kerman. Kerman.

229. Rico CM, Majumdar S, Duarte-Gardea M, Peralta-Videa JR, Gardea- Torresdey JL (2011)" Interaction of nanoparticles with edible plants and their possible implications in the food chain" *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 59(8): 3485–3498.
230. Ruiz, J. M., Rivero, R. M. and Romero, L (2006)" Boron increases synthesis of glutathione in sunflower plants subjected to aluminum stress" *Plant and Soil* 279: 25-30.
231. Sadeghian SY, Yavari N (2004)" Effect of water-deficit stress on germination and early seedling growth in sugar beet" *J. Agron. Crop Sci.* 190, 138–144.
232. Sakr, W. R. A (2017)" Chemical and biological fertilization of *Calendula officinalis* plant grown in sandy Soil" *Journal of Horticultural Science & Ornamental Plants* 9(1): 17-27.
233. Sangeetha, M., Singaram, P., Uma Devi, R (2006)" Effect of lignite humic acid and fertilizer on yield of onion and nutrient availability" *International Union of Soil Sci.* 21, 163.
234. Sayers, Z. and Cakmak, I (2006)" Concentration and localization of zinc during seed development and germination in wheat" *J. Physiol plant.* 128:142-155.
235. Schwember, R. and Bradford, K (2005)" Drying rates following priming affect temperature sensitivity of germination and longevity of lettuce seeds" *Horticulture sciences.* 40(3): 778-781.
236. Sebahattin, A., Necdet, C (2005)" Effects of different levels and application times of humic acid on root and leaf yield and yield components of forage Turnip (*Brassica rapa* L)" *Agronomy. J.* 4, 130-133.
237. Senaratna T., Touchell D., Bunn E, Dixon K (2000)" Acetylsalicylic acid and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants" *Plant Growth Regulation* 30: 157–161.
238. Shahverdi, M.A., Omid, H. and Tabatabaei, S.J (2017)" Effect of nutri-priming on germination indices and physiological characteristics of *Stevia* seedling under salinity stress" *Journal of Seed Science*, 39(4): 353-362.
239. Shahzad, M., Din, M., Sahi, S., Mujtaba, M. and Ahmad, M (2007)" Effect of sowing dates and seed treatment on grain yield and quality of wheat" *Pakistan Journal of Agricultural Science.* 44 :(4).
240. Shakirova, F. M. A. Sakhabutdinova, M. Bozrutkova, R. Fatkhutdinova, and D. Fatkhutdinova (2003)" Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity" *Plant Science* 164: 317-322.
241. Shakirova, F. M (2007)" Role of Hormonal System in the Manifestation of Growth Promoting and Anti-Stress Action of Salicylic Acid. In: Hayat, H. and A. Ahmad (Eds.) *Salicylic Acid, A Plant Hormone.* Springer, Dordrecht.
242. Sheykhabglou, R., Sedghi, M., Tajbakhsh Shishevan, M. Seyed-Sharifi, R (2010)" Effects of Nano-Iron Oxide Particles on Agronomic Traits of Soybean" *Notulae Scientia Biologicae* 2: 112-113.
243. Siadat, S., Moosavi, S. A., Sharifzade, M. Fotouhi, F. and Zirezadeh, M (2011)" Effects of halo and phytohormone seed priming on germination and seedling growth of maize under different duration of accelerated ageing treatment" *African Journal of Agricultural Research.* 6(31): 6453-6462.
244. Silva, T., Abreu, I. and Carvalho, C (2010)" Improved and reproducible flow cytometer methodology for nuclei isolation from Single root meristem" *Journal of Botany.* 18: 1-7.
245. Singh, B. and Usha, K (2003)" Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedlings under water stress" *Plant Growth Regul.* 39: 137-141.
246. Smiciklas, K.D., Mullen, R.E., Carlosn, R.E., and Knapp, A.D (1989)" Drought- induced stress effects on soybean seed calcium and quality" *Crop Sci.* 29: 1519-1522.

247. Soliman, M.H., Al-Juhani, R.S., Hashash, M.A., and Al-Juhani, F.M (2016)" Effect of seed priming with salicylic acid on seed germination and seedling growth of broad bean (*Vicia faba* L)" International Journal of Agricultural Technology, 12(6): 1125-1138.
248. Swathi, L., Reddy, D.M., Sudhakar, P. and Vineela, V (2017)" Screening of Mungbean (*Vigna radiata* L. Wilczek) Genotypes against Water Stress Mediated through Polyethylene Glycol" International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 6(10): 2524-2531.
249. Subedi, K.D. and Ma, B.L (2005)" Seed Priming Does Not Improve Corn Yield in a Humid Temperate Environment" Agronomy Journal, 97, 211-218.
250. Subedi, K.D. and Ma, B.L (2005)" Seed Priming Does Not Improve Corn Yield in a Humid Temperate Environment" Agronomy Journal, 97, 211-218.
251. Subedi, K. and Ma, M (2005)" Seed priming does not improve corn yield in a humid temperate environmental" Agronomy Journal. 97: 211-218.
252. Tahkorpi, M (2010)" Anthocyanins under drought and droughtrelanted stresses in Bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) "Academic dissertation to be presented with the assent of the Faculty of Science of the University of Oulu.
253. Tandon, H. L. S (1995)" Micronutrients in soils, crops and fertilizers" A source book–cum–Directory. Fertilizer Development and consumption Organization, India.
254. Tarahomi, P., D. Lahooti and P. Abbasi (2010)" Effects of drought stress on soluble sugars, chlorophyll and potassium *S. leriifolia* (*Salvia leriifolia* Benth)" Journal of Biological Sciences, 3: 1- 7 (In Persian).
255. Tardieu, F (2005)" Plant tolerance to water deficit: Physical limits and possibilities for progress" Comptes Rendus Geoscience 337: 57-67.
256. Tasgin, E., O. Atici, B. Nalbantoglou and L. P. Popova (2006)" Effects of salicylic acid and cold treatments on protein levels and on the activities of antioxidants enzymes in the apoplast of winter wheat leaves" Phytochemistry. 67: 710-15.
257. Tiryaki, I., Kizilsimsek, M. and Kaplan, M (2009)" Rapid and enhanced germination at low temperature of alfalfa and white clover seeds following osmotic priming" Tropical Grasslands. 43:171-177.
258. Tiryaki, I., Korkmaz, A., Nas, M. and Ozbay, N (2005)" Effects of priming supplemented with plant growth regulators on sorghum seed germination and seedling emergence at low temperatures" The sixth field crops congress of turkey, 5-9 september 2005. Antalya. 2:829-833.
259. Tolay I and Gul mezoglu N (2004)" Effect of Manganese and Zinc Foliar Application on Common Bean" Plant Soil Environment. 42: 314-322.
260. T.P., Lopes, K., Hardy, B. (2009)" Direct seeding: research strategies and opportunities. International" Research Institute, Manila, Philippines, pp 241-256.
261. Türkmen, Ö. Dursun, A., Turan, M. and Ç. Erdinç (2004)" Calcium and humic acid affect seed germination, growth, and nutrient content of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) seedlings under saline soil conditionspp" Acta Agriculture Scandinavica. 7:168-174.
262. Tzortzakis, N (2009)" Effect of pre-sowing treatment on seed germination and seedling vigour in endive and chicory" Horticulture Science Journal. 36(3): 117-125.
263. Ulukan, H (2008)" Effect of soil applied humic acid at different sowing times on some yield colponents in wheat hybrids" International Journaly of Bot. 4, 164-175.
264. Vaughan, D., Linehan. D.J (2004)" The growth of wheat plants in humic acid solutions under axenic conditions" Plant and Soil. 44, 445-449.
265. Wani, S.H., Kumar, V., Shriram, V., and Sah, S.K (2016)" Phytohormones and their metabolic engineering for abiotic stress tolerance in crop plants" The Crop Journal, 4: 162-176.
266. Wang, D., Shannonb, M. C. and Grieve, C (2001)" Salinity reduces radiation absorption and use efficiency in soybean" Field Crops Research 69: 267-277.

267. Welch, R. M (2001)" Impact of mineral nutrients in plants on human nutrition on a worldwide scale" Plant Nutrition-Food Security and Dordrecht, Netherlands. PP: 258-284.
268. Wu, S.G, Huang, L., Head, J., Chen, D-R., Kong, I-C., Tang, Y.J (2012)" Phytotoxicity of metal oxide nanoparticles is related to both dissolved metals ions and adsorption of particles on seed surfaces" J. Pet. Environ. Biotechnol. 3, 1000122
269. Xuenyuan, G., W. Xiaorong., G. Zhimany, D. Lemei and C. Yijun (2001)" Effect of hemic acid speciation and bioavailability to wheat of rare earth elements in soil" Chem Speci and Bioavail. 13(3):83-88.
270. Xu, R. K., Yang, M. L., Wang, Q. S., & Ji, G. L (2004)" Effect of low molecular weight organic acids on the adsorption of Cl⁻ by variable charge soils" Pedosphere, Journal of Colloid and Interface Science, (14), 405–408.
271. Yadav, S (2010)" Heavy metals toxicity in plants: An overview on the role of glutathione and phytochelatins in heavy metal stress tolerance of plants" South African Journal of Botany, 76(2): p. 167-179.
272. Yuan-Yuan, S., Yong-Jian, S., Ming-Tian, W., Xu-Yi, L, Xiang, G., Rong, H. and M, Jun (2010)" Effects of Seed Priming on Germination and Seedling Growth under Water Stress in Rice" Acta Agronomica Sinica, 36, 1931–1940.
273. Yun-Xia, G., Li-Jun, Z., Feng-Hai, L., Zhi-Bin, C., Che, W., Yun-Cong, Y., Zhen-Hai, H., Jie, Z., and ZhenSheng, S (2010)" Relationship between jasmonic acid accumulation and senescence in drought-stress" African Journal of Agriculture Research 5: 1978-1983.
274. Zhang, H., Schroder, J. L., Fuhrman, J. K., Basta, N. T., Storm, D., and Payton, M. E. (2005)" Path and multiple regression analyses of phosphorus sorption capacity as affected by soil properties" Soil Science Society American Journal, (69), 96– 106.
275. Ziaeyan, A. H. and Rajaie, M (2009)" Combined effect of zinc and boron on yield and nutrients accumulation in corn" International Journal of Plant Production, 3(3): 35-44.
276. Zhu, H., J. Han., L. Lutz., Q.J. Xiao & Y. Jin (2008)" Uptake, translocation, and accumulation of manufactured iron oxide nanoparticles by pumpkin plants" Journal of Environmental Monitoring, 10: 713- 717.

Abstract

Drought stress is the most important factor limiting the growth and yield of medicinal plants, including Marigold. Given the water shortage in the country and its importance in the production of medicinal plants, it seems necessary to apply management methods that produce good performance with minimal irrigation. Therefore, seed pretreatment with organic matter and nanofertilizers in order to precisely control the release of seed nutrients and due to physiological and morphological changes can be an effective step towards achieving sustainable agriculture and increasing plant tolerance to stress.

In order to investigate the effects of seed pretreatment on drought tolerance, growth and active ingredients of Marigold (*Calendula officinalis* L), an experiment was conducted in the year 2016-2017 as a compound (repeated in place).

This experiment was performed in two independent sections (including germination test and field test). The germination experiment was performed during two independent experiments. The first experiment was performed as a factorial in a completely randomized design with three replications. The experimental treatments were dry levels of polyethylene glycol at four levels (control, 3-, 6). And 9 times) and prime with nano fertilizers (control, Iron oxide, Zinc oxide and Boron oxide with a concentration of two per thousand). The second experiment was performed as a factorial in a completely randomized design with three replications. The experimental treatments were dry levels of polyethylene glycol at four levels (control, -3, -6 and -9bar) and priming treatments including Humic acid. (72 mg / L), Salicylic acid (2000 μ mol), Ascorbic acid (200 ppm) and control were applied.

The field experiment was conducted as a factorial experiment in the form of a randomized complete block design with three replications in combination (repeated in situ) located in the research farm of Urmia and Salmas Agricultural Research Center. The first factor is the method of irrigation in two levels including irrigation and cessation of irrigation at the beginning of flowering and the second factor of priming treatments in seven levels including pretreatment with nano fertilizers (Iron oxide, Zinc oxide and Boron oxide with a concentration of two per thousand) and pretreatment with organic matter (Humic acid 72 mg / l, Salicylic acid 2000 μ mol and Ascorbic acid 200 ppm) and control. Germination test results showed that with increasing levels of polyethylene glycol-induced dryness, germination indices are significantly reduced. The highest value of the measured traits was observed in normal irrigation and in priming treatments and the lowest value of the mentioned traits was observed in the -9 bar drought level due to polyethylene glycol in the control treatment. In the first germination experiment, the greatest effect under drought stress conditions was obtained on the final germination percentage, seed vigor index, root length, and seedling length due to pretreatment with iron nanoxide and There was no significant difference in germination rate and shoot length of iron nanoxide and zinc had the greatest effect on both. The highest allometric coefficient in normal irrigation due to pretreatment with Iron nanoxide was 3.27% and the lowest in the drought level -9 bar in the control treatment (no pretreatment) was 1.96%, which was a significant difference with other priming treatments. In the second germination experiment, the interaction effect of pretreatment with organic matter and drought stress on shoot length, root length, shoot dry weight, allometric coefficient, seed vigor index, germination percentage and germination rate was significant at 1% probability level. According to the results, in general, with increasing drought stress, the measured germination parameters decreased, so that the minimum values of germination parameters were observed at the -9bar drought level . At the drought level, all priming treatments significantly increased

germination percentage and germination rate compared to the control, but there was no significant difference with each other. In seed vigor index traits, seedling dry weight and stem length were the most affected by pretreatment

with salicylic acid. The greatest effect on root length at all drought levels was obtained by pretreatment with Humic acid. The effect of pretreatment with salicylic acid and Humic acid on seedling length was significant at all drought levels but there was no significant difference between the two treatments. In all drought levels, the highest allometric coefficient was obtained by priming with salicylic acid, which had a significant increase compared to the control and other treatments.

The results of combined analysis of field experimental data showed that the use of seed priming with nanomaterials and organic matter in traits such as plant height, number of capitols, plant dry weight, root dry weight, grain yield, harvest index, percentage of essential oil and percentage of mineral element Phosphorus showed a positive reaction and increased and improved the mentioned traits and quantitative and qualitative performance in Marigold, especially in drought stress conditions. Pretreatment with Zinc nano oxide and Iron nano oxide caused a significant increase in oil performance compared to the control and other priming treatments. The results of combined analysis of experimental data showed that under drought stress, the application of salicylic acid pretreatment caused a significant increase in proline accumulation compared to the control. Regarding antioxidant properties in drought stress conditions, application of pretreatment of Iron nanoxide, Humic acid and Salicylic acid significantly increased the activity of catalase and peroxidase enzymes compared to the control (no treatment) and other treatments. . In general, seed pretreatment with different levels of Salicylic acid and Iron and Zinc nanoxide significantly reduced the adverse effects of drought stress on most of the studied traits. Plants from seeds treated with Salicylic acid, Zinc and Iron nanoparticles had higher stress tolerance. The results of this study showed an increase in drought stress tolerance and improved Marigold yield under stress conditions by applying seed priming with Salicylic acid, Iron nanoxide and Zinc nanoxide, which is recommended in sustainable and organic agriculture.

Keywords: Marigold, Organic matter, Nanomaterials, Seed pretreatment, Drought stress, Antioxidant.



Shahrood University of Technology

Faculty of Agriculture

Ph.D. Thesis in Agronomy

**The Effect of Priming on Induction of Drought Stress Resistance
at Germination Stage and Quantitative and Qualitative Yield of
Marigold (*Calendula officinalis* L.)**

By: Fhimeh Helali Soltanahmadi

Supervisors:

Dr. Mohamad Reza Amerian

Advisors:

Dr. Hamid Abbasdokht

Dr. Mahdi Ghiyasi

october 2020