نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۰، شماره ۲ ، تابستان ۱۳۹۱، ص. ۳۱۰-۲۹۹

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 10, No. 2, Summer. 2012, p. 299-310

بررسی تاثیر تسریع کننده‌ها بر بنیه بذر و خصوصیات جوانه‌زنی گیاه دارویی سیاه‌دانه (*Nigella sativa* L.) تحت تنش‌شوری

کیوان فتحی امیرخیز[۱]- حشمت امیدی[۲*]- سیاوش حشمتی[۳] - لیلا جعفرزاده[٤]

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۳/۱۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۲/۲۷

چکیده

شوری آب و خاک در مناطق خشک و نیمه‌خشک، یکی از مهم‌ترین تنش‌ها در محدود کردن تولید گیاهان است. سیاه‌دانه گیاه یک‌ساله علفی و دارویی مهم متعلق به تیره Runnunculaceae است که به شوری حساس می‌باشد. این آزمایش به‌منظور ارزیابی اثرات پرایمینگ بر جوانه‌زنی بذر سیاه‌دانه در شرایط تنش‌شوری اجرا گردید. آزمایش به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملا تصادفی در ۳ تکرار انجام گرفت. فاکتورهای آزمایش شامل تنش‌شوری (صفر، ۶۲/۲، ۱۲۴/۴، ۱۸۶/۶ و ۲۴۸/۸ میلی‌مولار) و سه سطح پیش‌تیمار، بذور پرایمینگ شده با نیترات‌پتاسیم (۰/۲ درصد به‌مدت ۷۲ ساعت)، جیبرلیک اسید (۵۰۰ قسمت در میلیون به مدت ۴۸ ساعت) و آب‌مقطر (به‌مدت ۲۴ ساعت) بود. سطوح تنش‌شوری با استفاده از کلرید سدیم ایجاد شد و برای پرایمینگ با آب‌مقطر هم از روش هیدروپرایمینگ استفاده گردید. بذور سیاه‌دانه در مرحله اول پس از تیمار شدن، در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد خشک شدند و به‌مدت دو هفته در معرض تنش‌شوری قرار گرفتند. نتایج نشان داد که اثر تیمار پرایمینگ بر صفات مورد ارزیابی معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) است. در بین پیش تیمارها، بیشترین اثر مثبت را نیترات‌پتاسیم بر ضریب جوانه‌زنی و جیبرلیک اسید بر میانگین مدت زمان جوانه‌زنی در سطوح مختلف تنش‌شوری داشتند. به‌عبارتی این بذور در کمترین زمان، بیشترین درصد جوانه‌زنی را داشتند. مقایسه میانگین نشان داد بیشترین و کمترین میزان جوانه‌زنی به‌ترتیب در تیمار نیترات‌پتاسیم و هیدروپرایمینگ به‌دست آمد. همچنین در سطوح مختلف تنش‌شوری، پیش تیمارهای نیترات‌پتاسیم و آب‌مقطر اثر مثبتی بر طول ریشه‌چه، تعداد ریشه‌های جانبی و نسبت ریشه به ساقه داشتند و بیشترین اثر پیش تیمار هیدروپرایمینگ بر وزن تر ساقه‌چه و ریشه‌چه بود. پیش تیمار ۵۰۰ پی پی ام جیبرلیک اسید نیز سبب کاهش تعداد گیاهچه‌های غیرنرمال گردید. ضرایب همبستگی ساده نشان داد که طول ریشه‌چه با میانگین مدت زمان جوانه‌زنی همبستگی معنی‌دار منفی (**۰/۷۲۶- =R^2)، با تعداد گیاهچه غیرنرمال همبستگی غیرمعنی‌دار و با سایر صفات همبستگی معنی‌دار مثبت داشت. همچنین میانگین مدت زمان جوانه‌زنی با صفات مورد ارزیابی (به‌جز تعداد گیاهچه غیرنرمال و نسبت وزن‌خشک ریشه‌چه به ساقه‌چه) همبستگی معنی‌دار منفی داشت. به‌طورکلی اعمال پرایمینگ ۷۲ ساعت نیترات‌پتاسیم ۰/۲ درصد یا ۵۰۰ قسمت در میلیون جیبرلیک اسید به مدت ۴۸ ساعت جهت حصول بالاترین ویژگی‌های جوانه‌زنی توصیه می‌شود.

واژه های کلیدی: پیش تیمار، تنش‌شوری، جوانه‌زنی، سیاه‌دانه (*Nigella sativa* L.)

مقدمه

تقریباً ۲۰ درصد از مناطق کشت‌شده جهان و حدود نیمی از زمین‌های آبیاری شده تحت تاثیر شوری قرار دارند (۴۶) و حدود ۱۵ درصد از کل زمین‌های ایران نیز با مشکل شوری مواجه هستند (۱۴). شوری عبارت است از حضور بیش از اندازه نمک‌های قابل حل و عناصر معدنی در محلول آب و خاک که منجر به تجمع نمک در ناحیه ریشه شده و گیاه در جذب آب کافی از محلول‌های خاک با مشکل روبرو می‌شود (۳۸). مرحلهٔ جوانه‌زنی یکی از مراحل حساس گیاهان به تنش‌شوری است (۴۴). اثر بازدارنده تنش‌شوری بر جوانه‌زنی بذر به‌دلیل کاهش پتانسیل اسمزی یا سمیت یونی است (۴۲). شوری بر جنبه‌های مختلف رشد اثر گذاشته و موجب کاهش و به تأخیر افتادن جوانه‌زنی، کاهش رشد اندام‌های هوایی و کاهش تولید ماده‌خشک می‌گردد. پرایمینگ، یکی از تکنیک‌های ساده‌ای است که قدرت و استقرار گیاهچه‌ها و در نتیجه کارایی گیاه در مزارع را بهبود می‌بخشد. در پرایمینگ مراحل اولیه جوانه‌زنی به‌وسیله مرطوب‌کردن بذور در شرایط مناسب آغاز می‌گردد، ولی اجازه ظهور گیاهچه‌ها به آن‌ها داده نمی‌شود و سپس بذور را خشک می‌کنند.

۱، ۳ و ۴- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی‌ارشد زراعت گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده‌کشاورزی، دانشگاه شاهد
۲- عضو هیات علمی مرکز تحقیقات گیاهان دارویی و دانشگاه شاهد
(*- نویسنده مسئول: Email: heshmatomidi@yahoo.com)

گزارش‌هایی وجود دارد که نشان می‌دهد پرایمینگ اجازه رونویسی زود هنگام، رونویسی DNA، افزایش RNA و پروتین سنتتاز را به بذور می‌دهد و رشد رویان را نیز افزایش می‌دهد، بخش‌های آسیب دیده بذور را ترمیم می‌بخشد و ترشحات متابولیت‌ها را کاهش می‌دهد. این عوامل می‌تواند میزان و یکنواختی جوانه‌زنی بذور و ظهور گیاهچه‌ها را بهبود بخشد (۳۲). بنابراین اثرات مفید پرایمینگ ممکن است تحت شرایط نامساعد آشکارتر باشد. پرایمینگ و در نتیجه ظهور سریعتر گیاهچه‌ها می‌تواند منجر به تولید گیاهان قویتری گردد (۱۶). همچنین گزارش شده است که این تکنیک باعث افزایش دامنه جوانه‌زنی بذرها در شرایط محیطی تنش‌زا از قبیل شوری (۳۵)، خشکی (۲۶) و دما می‌شود (۷). عمل آماده‌سازی اسمزی بر روی بذور گیاهان مختلفی از جمله جو (۳۶) و زیره سبز (۴۱) انجام شده است.

مطالعه اثر تیمارهای مختلف شوری تا ۳۰۰ میلی‌مول کلرید سدیم بر جوانه‌زنی و شاخص‌های رشد سیاه‌دانه نشان داد که دانه‌های سیاه‌دانه تا ۱۵۰ میلی‌مول کلرید سدیم مقاومت خوبی در جوانه‌زنی داشتند، هر چند وزن ساقه، ریشه و سطوح برگ گیاهان قرار گرفته در معرض شوری بالاتر از ۱۵۰ میلی‌مول کاهش نشان داند (۱۷).

در آزمایشی روی گیاه *Limonium stocksii* و زیره سبز نیز کاهش درصد جوانه‌زنی با افزایش سطوح شوری مشاهده شد (۴۱ و ۴۸). در آزمایشی تاثیر تیمارهای مختلف هورمونی GA_3، KNO_3 و IAA روی جوانه‌زنی بذر *Swertia angustifolia* نشان داد که جوانه‌زنی این گونه تحت تاثیر تیمار شاهد کمتر از ۳۲ درصد بود و GA_3 بیشترین میزان جوانه‌زنی داشت به‌طوری‌که درصد جوانه‌زنی تا ۹۶ درصد افزایش یافته بود و میانگین زمان جوانه‌زنی به طور معنی‌داری کم شده بود (۱۰). اما در آزمایشی کاربرد ۲۰۰µm جیبرلین تاثیر معنی‌داری بر درصد جوانه‌زنی و میانگین سرعت جوانه‌زنی دو توده *Arnebia benthamii* نداشت (۲۴).

گزارش‌ها حاکی از آن است که کاربرد اسید جیبرلیک، کینتین، نیترات‌پتاسیم و پلی اتیلن گلیکول بر جوانه‌زنی بذور پیر شده گیاه بادمجان به‌صورت معنی‌داری درصد و سرعت جوانه‌زنی را نسبت به شاهد افزایش داد (۱۱). همین‌طور تاثیر هیدروپرایمینگ و پرایمینگ با مانیتول در بذور نخود موجب افزایش تعداد شاخه‌های فرعی و طول ریشه‌چه و همچنین بیوماس گره‌های ریشه می‌گردد که می‌تواند به‌دلیل توزیع بیشتر مواد فتوسنتزی به گره‌ها باشد، همچنین میزان فعالیت ساکارز سنتتاز و گلوتامین سنتتاز نیز افزایش می‌یابد (۲۱). در آزمایشی عکس‌العمل جوانه‌زنی بذور زیره سبز در برابر تنش اسمزی، مشاهده شد که بهترین شرایط برای جوانه‌زنی خیساندن بذور به مدت سه روز قبل از کاشت در آب می‌باشد (۴۱). در آزمایشی نشان داده شد که جو پرایمینگ شده، جوانه‌زنی و رشد گیاهچه و بیوماس بیشتری تحت شرایط تنش شوری داشت (۳۶).

امروزه گیاهان دارویی از گیاهان مهم اقتصادی هستند که به‌صورت خام یا فرآوری‌شده در طب سنتی و مدرن صنعتی مورد استفاده و بهره‌وری قرار می‌گیرند، سیاه‌دانه یکی از این گیاهان است که در بعضی از نقاط ایران به صورت خودرو وجود داشته و در برخی نقاط دیگر به صورت زراعی کشت و کار می‌شود و مصارف گسترده‌ای در صنایع‌غذایی و دارویی کشور دارد. سیاه‌دانه گیاهی دارویی از خانواده آلاله (Ranunculaceae)، یک‌ساله و علفی می‌باشد. دانه‌های این گیاه حاوی ۳۰-۴۰ درصد روغن، ۲۰ درصد پروتئین، ۷/۵ درصد رطوبت و ۰/۵-۱/۵ درصد اسانس است. علاوه بر خاصیت ضد باکتریایی روغن دانه‌های سیاه‌دانه از این گیاه در درمان سرطان، فشارخون، بیماری‌های قلبی-عروقی و غیره استفاده می‌شود (۱). دانه‌های این گیاه در ایران و هندوستان جهت پاشیدن روی نان، معطرکردن سرکه و به‌عنوان اشتهاآور در طب سنتی کاربرد داشته و به‌عنوان ماده معطر استفاده می‌شود. همچنین از دانه‌های آن جهت طعم‌دادن به مربا و ترشی استفاده شده است (۲).

از آنجایی‌که سیاه‌دانه (*Nigella sativa* L.) از گیاهان دارویی حساس به شوری خاک و آب بوده (۱۵) و جوانه‌زنی آن از یکنواختی و استقرار مطلوبی در کشور ما برخوردار نیست و از طرفی در کشورهای تولید کننده این گیاه تحقیقات اندکی در زمینه به زراعی و جوانه‌زنی تحت تنش‌شوری انجام شده است، بنابراین با توجه به اهمیت ماده موثره این گیاه در صنایع داروسازی، تاثیر پیش تیمار (پرایمینگ) بر جوانه‌زنی سیاه‌دانه تحت شرایط شوری مورد بررسی قرار گرفت، لذا این تحقیق در نوع خود از اهمیت ویژه ای برخوردار است.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تاثیر تنش‌شوری بر جوانه‌زنی بذور سیاه‌دانه، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل، طی دو مرحله در آزمایشگاه بذر دانشکده‌کشاورزی دانشگاه شاهد در قالب طرح پایه کاملا تصادفی در ۳ تکرار اجرا گردید. بذور آزمایش از هرباریوم گیاهی پژوهشکده گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی تهیه شدند که پس از برداشت مزرعه تحت شرایط مطلوب انبارداری نظیر رطوبت، دما و تهویه نگهداری شده بودند. تیمارهای آزمایشی شامل ۳ پیش تیمار جوانه‌زنی (پرایمینگ) و ۵ سطح تنش‌شوری بود. قبل از اعمال پرایمینگ، ابتدا بذور با هیپوکلریت سدیم ۵ درصد به مدت ۳۰ ثانیه ضدعفونی و سپس چند بار با آب‌مقطر شستشو داده شدند. بذرها طی مرحله اول درون ۳ نوع پیش تیمار جوانه‌زنی (پرایمینگ) شامل نیترات‌پتاسیم ۰/۲ درصد به‌مدت ۷۲ ساعت، جیبرلیک اسید ۵۰۰ قسمت در میلیون به مدت ۴۸ ساعت و هیدروپرایمینگ (آب‌مقطر) به‌مدت ۲۴ ساعت غوطه‌ور شدند؛ در این مدت نمونه‌ها روی شیکر قرار داشتند، سپس نمونه‌ها از محلول‌ها خارج و در دمای اتاق خشک گردیدند.

در مرحله دوم، برای اعمال ۵ سطح تنش‌شوری (صفر، ۶۲/۲، ۱۲۴/۴، ۱۸۶/۶ و ۲۴۸/۸ میلی‌مولار) از نمک کلرید سدیم و با توجه به فرمول وانت هوف ($\psi = -mRiT$) استفاده گردید. در هر تیمار، ۲۵ بذر در داخل پتری دیش به ابعاد (۹×۱/۵ سانتی‌متر) روی کاغذ واتمن شماره ۱ قرار داده شد. به هر پتری دیش ۷ میلی‌لیتر آب‌مقطر یا محلول کلرید سدیم با سطوح پتانسیل اسمزی بسته به تیمار افزوده شد و به‌منظور کاهش میزان تبخیر آب دور پتری‌ها با پارافیلم بسته شد. شمارش بذرهای جوانه‌زده از روز دوم به صورت روزانه در ساعتی معین انجام گردید. به‌هنگام شمارش، بذوری جوانه‌زده تلقی می‌شدند که طول ریشه‌چه آن‌ها ۲ میلی‌متر بیشتر بود. همچنین تعداد گیاهچه‌های نرمال (گیاهچه‌هایی که تحت شرایط مطلوب رطوبت، دما و نور در صورت کشت در خاک می‌توانند به گیاه سالم تبدیل شوند) و غیر نرمال (گیاهچه‌هایی که حتی در شرایط مناسب، توانایی تبدیل‌شدن به گیاه سالم ندارند) بر مبنای معیارهای بین المللی آزمون بذر (۶) مشخص گردید. طول گیاهچه‌ها بر حسب سانتی‌متر و وزن تر گیاهچه‌ها بر حسب میلی‌گرم تعیین گردید. وزن‌خشک گیاهچه، پس از خشک‌کردن آن‌ها به‌مدت ۲۴ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد در درون آون تعیین شد.

با شمارش روزانه بذرهای جوانه‌زده، میانگین مدت زمان جوانه‌زنی[1] (MGT) و همچنین ضریب جوانه‌زنی[2] (GC) که عکس میانگین مدت زمان جوانه‌زنی است طبق معادلات زیر تعیین گردید. متوسط مدت زمان جوانه‌زنی مرتبط با مدت زمانی (روز) است که ریشه‌چه خارج می‌شود، هرچه مقدار عددی آن کوچک‌تر باشد نشان از جوانه‌زنی سریع‌تر می‌باشد) که شاخصی از سرعت و شتاب جوانه‌زنی محسوب می‌گردد (۱۲).

$$MGT = \frac{\sum_{i=1}^{d} n_i d_i}{\sum N_i} \quad (۱)$$

$$GC = \left(\frac{1}{MGT}\right) \times 100 \quad (۲)$$

در این معادلات، n: تعداد بذور جوانه‌زده طی d روز، d: تعداد روزها از ابتدای جوانه‌زنی و $\sum N$: نیز کل تعداد بذور جوانه‌زده می‌باشد. هدف از اعمال پیش تیمارهای جوانه‌زنی، ارزیابی اثرات آن بر شرایط جوانه‌زدن بذر تحت شرایط تنش‌شوری می‌باشد. تجزیه‌آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 و مقایسه میانگین صفات مورد ارزیابی با آزمون Duncan در سطح احتمال ۵ درصد انجام گردید.

1- Mean Germination Time (MGT)
2- Germination Coefficient (GC)

نتایج و بحث

درصد و تعداد گیاهچه نرمال و غیرنرمال

بررسی نتایج نشان داد که اثر پیش‌تیمار (پرایمینگ)، سطوح مختلف شوری و اثر متقابل شوری و پرایمینگ بر درصد و تعداد گیاهچه نرمال و غیرنرمال ($p\leq ۰/۰۱$) معنی‌دار شد (جدول ۱)، به‌طوری‌که بذور سیاه‌دانه تحت پرایمینگ با نیترات‌پتاسیم بیشترین و تحت تکنیک هیدروپرایمینگ کمترین تعداد گیاهچه‌های نرمال را دارا بودند (جدول۲).

اثر متقابل پرایمینگ و شوری نیز نشان داد که بیشترین تعداد گیاهچه‌های نرمال به‌ترتیب در پرایمینگ با جیبرلیک اسید و نیترات‌پتاسیم با سطح شوری ۶۲/۲ میلی‌مولار و کمترین تعداد گیاهچه‌های نرمال نیز در سطح ۲۴۸/۸ میلی‌مولار هر سه پیش تیمار بود (جدول ۴). در مورد تعداد گیاهچه‌های غیرنرمال، پیش تیمار هیدروپرایمینگ و نیترات‌پتاسیم تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند ولی پیش تیمار جیبرلیک اسید تفاوت معنی‌داری با دو پیش تیمار دیگر داشت، به‌طوری‌که کمترین تعداد گیاهچه‌های غیرنرمال مربوط به پیش تیمار کردن با جیبرلیک اسید بود (جدول ۲).

در مورد اثر متقابل پرایمینگ و شوری، بیشترین تعداد گیاهچه‌های غیرنرمال مربوط به پیش تیمار نیترات‌پتاسیم با سطوح تنش‌شوری ۱۸۶/۶ و ۲۴۸/۸ میلی‌مولار و هیدروپرایمینگ در سطح تنش ۲۴۸/۸ میلی‌مولار بود. در صورتی که پیش‌تیمار جیبرلیک‌اسید با سطوح تنش‌شوری ۱۸۶/۶ و ۲۴۸/۸ میلی‌مولار کمترین تعداد گیاهچه‌های غیرنرمال را داشته است (جدول ۴). با افزایش سطوح پتانسیل (تنش‌شوری) تعداد گیاهچه‌های غیرنرمال افزایش معنی‌داری یافتند، به‌طوری‌که کمترین و بیشترین تعداد گیاهچه‌های غیرنرمال بترتیب در سطوح ۶۲/۲ و ۲۴۸/۸ میلی‌مولار بود (جدول ۳). کایا و همکاران (۲۳) گزارش کردند که پرایمینگ باعث افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی، وزن خشک گیاهچه و کاهش گیاهچه‌های غیرنرمال آفتابگردان در شرایط تنش‌خشکی گردید. همچنین نتایج این تحقیق با یافته‌های حجار و همکاران (۱۷) مطابقت دارد. به‌طوری‌که تعداد گیاهچه‌های غیرنرمال در سطوح پایینی تنش تحت پیش‌تیمار نیترات‌پتاسیم و جیبرلیک‌اسید نسبت به حالت هیدروپرایم کمتر بود و تعداد گیاهچه‌های نرمال نیز تحت پیش‌تیمار نیترات‌پتاسیم و جیبرلیک‌اسید به مراتب بیشتر از تیمار هیدروپرایم است، اما در سطوح بالای تنش تفاوت معنی‌داری بین پیش تیمارهای مختلف وجود ندارد؛ به‌عبارت دیگر، در سطوح بالای تنش (۲۴۸/۸ میلی‌مولار) اعمال پرایمینگ تاثیری بر تعداد جوانه‌های نرمال ندارد (جدول ۴). زیرا در سطوح بالای شوری جوانه‌زنی شدیداً کاهش یافته یا جوانه‌زنی انجام نمی‌شود.

تعداد گیاهچه‌های غیرعادی از جمله مهم‌ترین علایم خسارت

ناشی از خشک‌کردن بذر می‌باشد که علت آن خسارت وارده به سلول‌های جنین و به‌ویژه ساختار دیواره سلولی در اثر دما و مدت خشک‌کردن نامناسب می‌باشد (۳۰). در آزمایشی با مطالعه تاثیر غلظت‌های مختلف نمک‌های کلرور سدیم و کلرور پتاسیم بر جوانه‌زنی دو رقم گندم گزارش شد که با افزایش غلظت هر دو نمک درصد جوانه‌زنی نهایی و سرعت جوانه‌زنی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت و تعداد گیاهچه‌های غیرطبیعی نیز افزایش داشت (۴). به‌نظر می‌رسد تکنیک پرایمینگ اجازه رونویسی زود هنگام، رونویسی DNA، افزایش RNA و پروتین سنتتاز را به بذور می‌دهد و رشد رویان را نیز افزایش می‌دهد، بخش‌های آسیب دیده بذور را ترمیم می‌بخشد و ترشحات متابولیت‌ها را کاهش می‌دهد. این عوامل می‌تواند میزان و یکنواختی جوانه‌زنی بذور و ظهور گیاهچه‌ها را بهبود بخشد (۳۲).

طول گیاهچه

این صفت در پرایمینگ، شوری و اثر متقابل بین آن‌ها ($p\leq$۰/۰۱) معنی‌دار بود (جدول ۱). به‌طوری‌که طول گیاهچه در هیدروپرایمینگ بیشترین و در پیش تیمار جیبرلیک‌اسید به کمترین میزان رسید (جدول ۲). همین‌طور با افزایش سطوح مختلف شوری از طول گیاهچه کاسته شد، به‌طوری‌که بیشترین طول گیاهچه در تیمار شاهد (۷/۲۳۷ سانتی‌متر) بود و در سطح ۲۴۸/۸ میلی‌مولار نیز گیاهچه رشدی نداشت (جدول ۳). در اثر متقابل شوری و پرایمینگ نیز، بیشترین طول گیاهچه مربوط به هیدروپرایمینگ (آب مقطر) در سطح بدون تنش و کمترین آن مربوط به هیدروپرایمینگ، نیترات‌پتاسیم و جیبرلیک‌اسید در سطح ۱۸۶/۶ و ۲۴۸/۸ میلی‌مولار می‌باشد (جدول ۴). با توجه به جدول ضرایب همبستگی طول گیاهچه همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح ۱ درصد با تعداد گیاهچه‌های نرمال ($r=۰/۵۶^{**}$) داشت (جدول ۵).

کاهش رشد اجزای گیاهچه (ریشه‌چه و ساقه‌چه) در شرایط خشکی و شوری بر بذور عدس (۴۳) و نخودفرنگی (۳۱) نیز گزارش شده است. این فرایند، رشد و توسعه اندام‌های گیاهچه را تحت تاثیر قرار می‌دهد. طول گیاهچه معیاری از بنیه گیاهچه محسوب می‌شود و در بسیاری از گونه‌های گیاهان، همبستگی بین طول گیاهچه و بنیه آن مشخص شده و بنابراین از آن به عنوان معیاری برای ارزیابی رشد گیاهچه و بنیه آن استفاده می‌شود (۲۰).

طول ساقه‌چه و ریشه‌چه

نتایج تجزیه واریانس طول ساقه‌چه نشان داد بین پیش تیمارها در سطح احتمال ۵ درصد و بین سطوح شوری و اثر متقابل پرایمینگ و شوری در سطح احتمال ۱ درصد تفاوت معنی‌داری وجود داشت و پیش‌تیمار هیدروپرایمینگ دارای بیشترین میزان و نیترات‌پتاسیم دارای کمترین مقدار طول ساقه‌چه بود (جداول ۱ و ۲). نتایج نشان داد که در بیشترین پتانسیل اسمزی (تنش‌شوری)، کاهش طول ساقه‌چه بیشتر بود (جدول ۳). اثر متقابل پرایمینگ و شوری بر روی این صفات معنی‌دار بود به‌طوری‌که طول ساقه‌چه در شرایط بدون تنش و پیش‌تیمار هیدروپرایمنگ دارای بیشترین (۴/۲۷۳ سانتی‌متر) و در سطوح پتانسیل اسمزی ۱۸۶/۶ و ۲۴۸/۸ میلی‌مولار در هر سه پیش تیمار دارای کمترین میزان طول ساقه‌چه بودند (جدول ۴). بیشترین طول ریشه‌چه در پیش تیمار با آب‌مقطر (هیدروپرایمینگ) در تیمار شاهد (۴/۶۹۰ سانتی‌متر) می‌باشد و کمترین آن مربوط به سطوح تنش‌شوری ۱۸۶/۶ و ۲۴۸/۸ میلی‌مولار پیش تیمارهاست (جدول ۴).

با توجه به تحقیقاتی که روی گونه‌های مختلف گیاهی انجام شده، مشخص گردید با افزایش شوری، درصد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و طول ساقه‌چه کاهش یافته است. از علل بازدارندگی رشد در سطوح مختلف شوری، کاهش فتوسنتز (۴۷)، افزایش غلظت سدیم و کلر در گیاه (۳۷) و عدم‌تولید بعضی از پروتئین‌ها و آنزیم‌ها می‌باشد (۱۳). طول ریشه‌چه و ساقه‌چه مهم‌ترین پارامترهای موثر در مرحله جوانه‌زنی در شرایط تنش‌شوری بوده است، زیرا ریشه در تماس مستقیم با خاک است و آب را از خاک جذب کرده و ساقه نیز آب و مواد محلول را از ریشه به سایر نقاط منتقل می‌کند و شوری زیاد به‌علت کاهش جذب آب از طویل‌شدن ریشه و ساقه جلوگیری می‌نماید (۱۹). با افزایش پتانسیل اسمزی، پتانسیل آب کاهش یافته و آب کمتری در اختیار بذر قرار می‌گیرد. جذب کمتر آب نیز کاهش آماس سلول‌های جنینی بذر را به دنبال داشته و با توجه به این که یکی از فاکتورهای تقسیم سلولی، آماس سلول است در نتیجه با کاهش آب قابل دسترس بذر و در نتیجه آماس، در نهایت رشد ریشه‌چه کاهش می‌یابد (۴۵).

تحقیقات نسبتاً زیادی که روی جوانه‌زنی گونه‌های گیاهی مختلف انجام شده بیانگر این واقعیت است که با افزایش شوری و خشکی طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و همچنین وزن خشک گیاهچه به‌طور معنی‌داری در مقایسه با شاهد کاهش می‌یابد (۲۳، ۳۱ و ۴۳). تحقیقات مشابه دیگری نیز که روی گیاه سیاه‌دانه انجام شده، کاهش طول ریشه را با افزایش غلظت NaCl به میزان بیش از ۱۵۰ میلی-مولار نشان داده است (۱۷).

طول ساقه‌چه همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد با طول ریشه‌چه ($r=۰/۹۵^{**}$) داشت. همچنین طول گیاهچه همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح ۱ درصد با طول ریشه‌چه ($r=۰/۹۸^{**}$) و طول ساقه‌چه ($r=۰/۹۶^{**}$) داشت. تعداد گیاهچه‌های نرمال نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح ۱ درصد با طول ریشه‌چه ($r=۰/۵۲^{**}$) و طول ساقه‌چه ($r=۰/۶۱^{**}$) داشتند (جدول ۵).

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات مختلف سیاه‌دانه تحت تاثیر سطوح مختلف تنش‌شوری و پرایمینگ

		میانگین مربعات (MS)												
منابع تغییرات	درجه آزادی	درصد گیاهچه نرمال	تعداد گیاهچه نرمال	تعداد گیاهچه غیرنرمال	طول گیاهچه	طول ساقه‌چه	طول ریشه‌چه	وزن تر ساقه‌چه	وزن تر ریشه‌چه	وزن خشک ساقه‌چه	وزن خشک ریشه‌چه	نسبت وزن خشک ریشه‌چه به ساقه‌چه	بیوماس کل	میانگین مدت زمان جوانه‌زنی	ضریب جوانه‌زنی
پرایمینگ	۲	۴۷۰۲/۲۲**	۸۳/۷۵**	۷۴۷/۰۸**	۴/۰۳**	۰/۲۹*	۱/۱۶**	۶۲۴/۳۲**	۵۶/۵۴**	۷۰/۵۲**	۰/۱۷**	۱/۶۴**	۱۰۵۸/۲۷**	۶/۴۶**	۲۳۳/۴۰**
شوری	۴	۴۵۶۷/۶۷**	۴۵۸/۷۴**	۷۳/۷۴**	۸۳/۲۰**	۲۲/۵۴**	۲۰/۱۳**	۶۳۷/۲۸**	۲۱۷/۳۰**	۳۲/۲۰**	۰/۲۸**	۱/۲۰**	۱۵۲۷/۲۴**	۱۶/۶۷**	۴۲۱/۱۹**
شوری × پرایمینگ	۸	۱۲۳۳/۳۳**	۳۷/۶۴**	۱۶۱/۳۹**	۱/۷۳**	۰/۲۶**	۰/۸۸**	۱۵۷/۸۵**	۲۹/۰۷**	۲۴/۹۵**	۰/۰۷**	۰/۸۵**	۲۸۳/۰۸**	۰/۲۶ ^{ns}	۲۷/۷۲ ^{ns}
خطا	۳۰	۱۴۹/۶۸	۰/۳۵	۰/۳۵	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۰۲	۰/۳۸	۰/۰۸	۰/۰۵	۰/۰۰۴	۰/۰۰۲	۰/۴۴	۰/۴۷	۱۷/۶۵
ضریب تغییرات ٪ (CV)		۱۳/۹۰	۷/۳۳	۴/۴۴	۹/۹۷	۱۹/۴۹۲	۱۳/۹۲۳	۷/۵۳	۵/۹۹	۱۴/۶۳	۱۱/۰۶	۱۲/۸۴	۵/۱۰	۱۴/۳۵	۱۸/۱۵

* معنی‌دار در سطح ۰/۰۵، ** معنی دار در سطح ۰/۰۱، ns در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار نیست.

جدول ۲- مقایسه میانگین خصوصیات جوانه‌زنی سیاه‌دانه تحت تاثیر سطوح مختلف پرایمینگ

پرایمینگ	درصد گیاهچه نرمال	تعداد گیاهچه نرمال	تعداد گیاهچه غیرنرمال	طول گیاهچه (cm)	طول ساقه‌چه (cm)	طول ریشه‌چه (cm)	وزن تر ساقه‌چه (mg)	وزن تر ریشه‌چه (mg)	وزن خشک ساقه‌چه (mg)	وزن خشک ریشه‌چه (mg)	نسبت وزن خشک ریشه‌چه به ساقه‌چه	بیوماس کل (mg)	میانگین مدت زمان جوانه‌زنی (روز)	ضریب جوانه‌زنی (درصد)
هیدروپرایمینگ	۲۲/۱۲^{c}	۵/۵۳^{c}	۱۹/۴۶^{a}	۲/۸۲^{a}	۱/۴۳^{a}	۱/۳۸^{a}	۱۵/۷۳^{a}	۶/۹۸^{a}	۴/۰۵^{a}	۰/۱۳^{b}	۰/۰۷^{c}	۲۲/۷۴^{a}	۴/۸۷^{b}	۲۲/۳۴^{b}
نیترات پتاسیم	۳۹/۴۴^{a}	۹/۸۶^{a}	۱۵/۱۳^{a}	۲/۶۰^{b}	۱/۱۵^{b}	۱/۲۴^{b}	۴/۶۴^{b}	۳/۸۲^{b}	۰/۳۵^{b}	۰/۱۱^{c}	۰/۳۹^{b}	۸/۴۷^{b}	۴/۰۹^{c}	۲۷/۴۳^{a}
جیبرلیک اسید	۳۷/۳۲^{b}	۹/۳۳^{b}	۵/۶۶^{b}	۱/۸۴^{c}	۱/۲۵^{ab}	۰/۸۴^{c}	۴/۴۷^{b}	۳/۴۵^{c}	۰/۲۵^{b}	۰/۳۰^{a}	۰/۷۳^{a}	۷/۹۲^{c}	۵/۴۰^{a}	۱۹/۶۶^{b}

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند ($p\leq$۰/۰۵)

جدول ۳- مقایسه میانگین خصوصیات جوانه‌زنی سیاه‌دانه تحت تاثیر سطوح مختلف تنش‌شوری

سطوح تنش‌شوری (mM)	درصد گیاهچه نرمال	تعداد گیاهچه نرمال	تعداد گیاهچه غیرنرمال	طول گیاهچه (cm)	طول ساقه‌چه (cm)	طول ریشه‌چه (cm)	وزن تر ساقه‌چه (mg)	وزن تر ریشه‌چه (mg)	وزن خشک ساقه‌چه (mg)	وزن خشک ریشه‌چه (mg)	نسبت وزن خشک ریشه‌چه به ساقه‌چه	بیوماس کل (mg)	میانگین مدت زمان جوانه‌زنی (روز)	ضریب جوانه‌زنی (درصد)
۰	۵۱/۰۸^{b}	۱۲/۷۷^{b}	۱۲/۲۲^{d}	۷/۲۳^{a}	۳/۶۹^{a}	۳/۵۵^{a}	۱۴/۶۸^{b}	۱۱/۰۲^{a}	۳/۹۸^{a}	۰/۲۷^{b}	۰/۵۹^{c}	۲۵/۷۱^{b}	۳/۲۹^{d}	۳۱/۱۵^{a}
۶۲/۲	۶۲/۶۴^{a}	۱۵/۶۶^{a}	۹/۳۳^{e}	۳/۵۳^{b}	۲/۰۴^{b}	۱/۶۸^{b}	۱۹/۴۳^{a}	۸/۲۷^{b}	۳/۲۰^{b}	۰/۴۰^{a}	۰/۶۵^{b}	۲۷/۷۰^{a}	۳/۷۱^{d}	۲۹/۲۳^{a}
۱۲۴/۴	۴۶/۲۰^{b}	۱۱/۵۵^{b}	۱۳/۴۴^{c}	۱/۲۳^{c}	۰/۶۲^{c}	۰/۴۹^{c}	۵/۴۲^{c}	۴/۴۳^{c}	۰/۴۱^{c}	۰/۲۳^{c}	۰/۷۴^{a}	۹/۸۸^{c}	۴/۶۳^{c}	۲۱/۷۹^{b}
۱۸۶/۶	۴/۸۸^{c}	۱/۲۲^{c}	۱۵/۴۴^{b}	۰/۱۲^{d}	۰/۰۴^{d}	۰/۰۷^{d}	۱/۸۸^{d}	۰/۰۴^{d}	۰/۱۶^{d}	۰/۰۰۲^{d}	۰/۰۱^{d}	۱/۹۳^{d}	۵/۷۷^{b}	۱۸/۰۰^{bc}
۲۴۸/۸	۰/۰۰^{c}	۰/۰۰^{d}	۱۶/۶۶^{a}	۰/۰۰^{d}	۰/۰۰^{d}	۰/۰۰^{d}	۰/۰۰^{e}	۰/۰۰^{d}	۰/۰۰^{d}	۰/۰۰^{d}	۰/۰۰^{d}	۰/۰۰^{e}	۶/۵۳^{a}	۱۵/۵۴^{c}

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند (p≤۰/۰۵)

جدول ٤- مقایسه میانگین صفات سیاه‌دانه تحت تاثیر سطوح مختلف اثرات متقابل شوری و پرایمینگ

تیمار		درصد گیاهچه نرمال	تعداد گیاهچه نرمال	تعداد گیاهچه غیرنرمال	طول گیاهچه (cm)	طول ساقه‌چه (cm)	طول ریشه‌چه (cm)	وزن تر ساقه‌چه (mg)	وزن تر ریشه‌چه (mg)	وزن خشک ساقه‌چه (mg)	وزن خشک ریشه‌چه (mg)	نسبت وزن خشک ریشه‌چه به ساقه‌چه	بیوماس کل (mg)	میانگین مدت زمان جوانه‌زنی (روز)	ضریب جوانه‌زنی (درصد)
پرایمینگ	تنش‌شوری (mM)														
هیدروپرایمینگ	۰	۲۵/۳۲^{g}	۶/۳۳^{g}	۱۸/۶۶^{c}	۸/۹۶^{a}	۴/۲۷^{a}	۴/۶۹^{a}	۲۹/۲۰^{b}	۱۹/۲۶^{a}	۱۱/۲۶^{a}	۰/۲۱^{ef}	۰/۰۲^{h}	۴۸/۴۶^{a}	۳/۲۲^{gh}	۳۱/۱۸^{bc}
	۶۲/۲	۴۰/۰^{e}	۱۰/۰۰^{e}	۱۵/۰۰^{e}	۳/۵۸^{e}	۲/۰۵^{cd}	۱/۶۳^{d}	۳۷/۴۰^{a}	۱۰/۸۳^{b}	۷/۹۳^{b}	۰/۲۶^{cd}	۰/۰۳^{gh}	۴۸/۲۳^{a}	۳/۶۶^{fgh}	۲۷/۴۳^{cd}
	۱۲۴/۴	۳۰/۶۴^{f}	۷/۶۶^{f}	۱۷/۳۳^{d}	۱/۲۲^{gh}	۰/۷۷^{e}	۰/۳۶^{f}	۶/۴۰^{e}	۴/۷۰^{g}	۰/۶۰^{d}	۰/۱۸^{fg}	۰/۲۹^{f}	۱۱/۲۰^{d}	۴/۷۴^{edf}	۲۱/۳۰^{edf}
	۱۸۶/۶	۱۴/۶۴^{h}	۳/۶۶^{h}	۲۱/۳۳^{b}	۰/۳۷^{i}	۰/۱۳^{fg}	۰/۲۳^{fg}	۵/۶۶^{ef}	۰/۱۳^{i}	۰/۴۸^{ed}	۰/۰۱^{i}	۰/۰۲^{h}	۵/۸۰^{f}	۶/۰۷^{abc}	۱۶/۴۹^{efg}
	۲۴۸/۸	۰/۰۰^{i}	۰/۰۰^{i}	۲۵/۰۰^{a}	۰/۰۰^{i}	۰/۰۰^{g}	۰/۰۰^{g}	۰/۰۰^{h}	۰/۰۰^{i}	۰/۰۰^{f}	۰/۰۰^{i}	۰/۰۰^{h}	۰/۰۰^{g}	۶/۶۵^{ab}	۱۵/۲۸^{fg}
نیترات پتاسیم (۰/۲ درصد با ۷۲ ساعت)	۰	۶۲/۶۴^{c}	۱۵/۶۶^{c}	۹/۳۳^{g}	۷/۲۸^{b}	۳/۶۰^{b}	۳/۶۹^{b}	۹/۶۰^{d}	۸/۰۶^{c}	۰/۳۴^{def}	۰/۱۷^{gh}	۰/۵۰^{e}	۱۷/۶۶^{bc}	۲/۷۶^{h}	۳۶/۲۱^{ab}
	۶۲/۲	۷۰/۶۴^{b}	۱۷/۶۶^{b}	۷/۳۳^{h}	۴/۱۶^{d}	۱/۶۶^{d}	۱/۸۰^{d}	۱۰/۱۳^{cd}	۶/۵۰^{e}	۱/۲۳^{c}	۰/۱۴^{h}	۰/۱۱^{g}	۱۶/۶۳^{c}	۲/۷۴^{h}	۳۸/۶۲^{a}
	۱۲۴/۴	۶۴/۰^{c}	۱۶/۰۰^{c}	۹/۰۰^{g}	۱/۵۷^{g}	۰/۵۲^{ef}	۰/۷۵^{e}	۳/۵۰^{g}	۴/۵۶^{g}	۰/۱۸^{ef}	۰/۲۳^{ed}	۱/۳۴^{b}	۸/۰۶^{e}	۴/۳۱^{efg}	۲۳/۳۰^{ed}
	۱۸۶/۶	۰/۰۰^{i}	۰/۰۰^{i}	۲۵/۰۰^{a}	۰/۰۰^{i}	۰/۰۰^{g}	۰/۰۰^{g}	۰/۰۰^{h}	۰/۰۰^{i}	۰/۰۰^{f}	۰/۰۰^{i}	۰/۰۰^{h}	۰/۰۰^{g}	۴/۹۴^{cde}	۲۱/۵۰^{edf}
	۲۴۸/۸	۰/۰۰^{i}	۰/۰۰^{i}	۲۵/۰۰^{a}	۰/۰۰^{i}	۰/۰۰^{g}	۰/۰۰^{g}	۰/۰۰^{h}	۰/۰۰^{i}	۰/۰۰^{f}	۰/۰۰^{i}	۰/۰۰^{h}	۰/۰۰^{g}	۵/۷۲^{bcd}	۱۷/۵۰^{efg}
جیبرلیک اسید (۵۰۰ قسمت در میلیون به مدت ۴۸ ساعت)	۰	۶۵/۳۲^{c}	۱۶/۳۳^{c}	۸/۶۶^{g}	۵/۴۶^{c}	۳/۲۱^{b}	۲/۲۶^{c}	۵/۲۶^{f}	۵/۷۳^{f}	۰/۳۵^{edf}	۰/۴۳^{b}	۱/۲۵^{e}	۱۱/۰۰^{d}	۳/۸۷^{efgh}	۲۶/۰۵^{cd}
	۶۲/۲	۷۷/۳۲^{a}	۱۹/۳۳^{a}	۵/۶۶^{i}	۲/۸۴^{f}	۲/۴۲^{c}	۱/۶۱^{d}	۱۰/۷۳^{c}	۷/۵۰^{d}	۰/۴۵^{ed}	۰/۸۲^{a}	۱/۸۲^{a}	۱۸/۲۳^{b}	۴/۵۴^{ef}	۲۱/۶۴^{edf}
	۱۲۴/۴	۴۴/۰۰^{d}	۱۱/۰۰^{d}	۱۴/۰۰^{f}	۰/۸۹^{h}	۰/۶۲^{e}	۰/۳۶^{f}	۶/۳۶^{e}	۴/۰۳^{h}	۰/۴۵^{ed}	۰/۲۷^{c}	۰/۶۱^{d}	۱۰/۴۰^{d}	۴/۸۶^{ed}	۲۰/۷۵^{edgf}
	۱۸۶/۶	۰/۰۰^{i}	۰/۰۰^{i}	۰/۰۰^{j}	۰/۰۰^{i}	۰/۰۰^{g}	۰/۰۰^{g}	۰/۰۰^{h}	۰/۰۰^{i}	۰/۰۰^{f}	۰/۰۰^{i}	۰/۰۰^{h}	۰/۰۰^{g}	۶/۲۹^{ab}	۱۶/۰۱^{fg}
	۲۴۸/۸	۰/۰۰^{i}	۰/۰۰^{i}	۰/۰۰^{j}	۰/۰۰^{i}	۰/۰۰^{g}	۰/۰۰^{g}	۰/۰۰^{h}	۰/۰۰^{i}	۰/۰۰^{f}	۰/۰۰^{i}	۰/۰۰^{h}	۰/۰۰^{g}	۷/۲۲^{a}	۱۳/۸۵^{g}

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند(p≤۰/۰۵)

جدول۵-ضرایب همبستگی ساده بین صفات مورد مطالعه در سیاه‌دانه تحت تنش شوری

تعداد گیاهچه نرمال	۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
تعداد گیاهچه غیر نرمال	-۰/۴۰**											
طول گیاهچه	۰/۵۶**	-۰/۱۴ns										
طول ریشه‌چه	۰/۶۱**	-۰/۱۷ns	۰/۹۶**									
طول ساقه‌چه	۰/۵۲**	-۰/۱۲ns	۰/۹۸**	۰/۹۵**								
وزن ترساقه‌چه	۰/۳۱*	۰/۰۳ns	۰/۶۴**	۰/۶۳**	۰/۶۴**							
وزن تر ریشه‌چه	۰/۴۹**	-۰/۰۵ns	۰/۸۸**	۰/۸۶**	۰/۸۹**	۰/۸۴**						
وزن خشک ساقه‌چه	۰/۰۴ns	۰/۱۵ns	۰/۶۲**	۰/۵۸**	۰/۶۴**	۰/۹۰**	۰/۸۴*					
وزن خشک ریشه‌چه	۰/۷۶**	-۰/۳۲*	۰/۳۹**	۰/۵۵**	۰/۳۸**	۰/۳۲*	۰/۴۷**	۰/۱۳ns				
نسبت وزن‌خشک ریشه‌چه به ساقه‌چه	۰/۷۵**	-۰/۳۷*	۰/۲۰ns	۰/۳۲*	۰/۱۸ns	-۰/۰۵ns	۰/۱۷ns	-۰/۲۳ns	۰/۸۵**			
بیوماس کل	۰/۳۸**	۰/۰۱ns	۰/۷۴**	۰/۷۳**	۰/۷۴**	۰/۹۸**	۰/۹۳**	۰/۹۱**	۰/۳۸**	۰/۰۳ns		
میانگین مدت زمان جوانه‌زنی	-۰/۶۸**	۰/۰۵ns	-۰/۷۶**	-۰/۷۲**	-۰/۷۱**	-۰/۵۴**	-۰/۶۹**	-۰/۴۱**	-۰/۳۸**	-۰/۲۴ns	-۰/۶۲**	
ضریب جوانه‌زنی	۰/۶۱**	-۰/۱۲ns	۰/۷۵**	۰/۶۹**	۰/۶۹**	۰/۴۸**	۰/۶۲**	۰/۳۶*	-۰/۲۵ns	۰/۱۱ns	۰/۵۵**	-۰/۹۳**

ns ، * و ** به ترتیب نشان دهنده عدم همبستگی و همبستگی در سطح ۵٪ و ۱٪ بین صفات مورد ارزیابی می‌باشد.

وزن تر ساقه‌چه و ریشه‌چه

پرایمینگ، تنش‌شوری و اثر متقابل بین آن‌ها بر این دو صفت ($p\leq$۰/۰۱) معنی‌دار بود (جدول ۱). در شوری ۶۲/۲ میلی‌مولار و تیمار شاهد به‌ترتیب بیشترین وزن تر ساقه‌چه (۱۹/۴۲۲ میلی‌گرم) و ریشه‌چه (۱۱/۰۲۲ میلی‌گرم) مشاهده شد و با افزایش شوری از ۶۲/۲ میلی‌مولار به بالا کاهش معنی‌داری یافتند، به‌طوری‌که در شوری ۲۴۸/۸ میلی‌مولار ساقه‌چه و ریشه‌چه هیچ وزنی نداشتند (جدول ۳) و بیشترین وزن تر ساقه‌چه و ریشه‌چه مربوط به پیش تیمار هیدرو-پرایمینگ بود (جدول ۲). وزن تر ساقه‌چه در سطح شوری ۶۲/۲ میلی‌مولار و پیش تیمار هیدروپرایمینگ و وزن تر ریشه‌چه در شرایط بدون تنش (شاهد) و پیش تیمار هیدروپرایمینگ دارای بیشترین میزان بودند (جدول ۴).

کاهش وزن تر گیاهچه می‌تواند به‌واسطه کاهش میزان آب بافت گیاهچه باشد که با نتایج شارما و همکارانش (۳۹) در مورد کاهش وزن تر گیاهچه به‌واسطه کاهش میزان آب بافت گیاهچه تحت تأثیر افزایش شوری از صفر به ۲۰ میلی‌موس بر سانتی‌متر، مطابقت دارد. همچنین تحقیقی توسط قربانلی و همکاران (۱۵) نشان داد که شوری باعث کاهش پارامترهای رشد، مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی و مقدار پروتئین می‌شود.

کاهش وزن ریشه‌چه و ساقه‌چه در اثر افزایش غلظت شوری، امری طبیعی بوده و نتایج محققان دیگر نیز این امر را ثابت کرده است (۲۳). شوری باعث کاهش وزن تر ساقه و ریشه و تعداد برگ‌های کلزا می‌شود (۱۸). شوری علاوه بر اینکه میزان رشد گیاه را در اثر کاهش فتوسنتز به تعویق می‌اندازد، باعث بسته شدن روزنه‌ها و کاهش ورود آب به داخل گیاه می‌شود (۳۳) و بدین ترتیب کاهش مضاعفی در وزن‌تر گیاه ایجاد می‌نماید.

وزن تر ساقه‌چه همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد با طول ریشه‌چه ($r=۰/۶۴^{**}$)، طول ساقه‌چه ($r=۰/۶۳^{**}$) و وزن تر ریشه‌چه ($r=۰/۸۴^{**}$) داشت؛ وزن تر ریشه‌چه نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد با طول ریشه‌چه ($r=۰/۸۹^{**}$) و طول ساقه‌چه ($r=۰/۸۶^{**}$) داشت (جدول ۵). همبستگی موجود بین وزن ریشه‌چه و طول ساقه‌چه می‌تواند موید این موضوع باشد که تجمع ماده خشک بیشتر در ریشه‌چه و افزایش وزن آن سبب ایجاد گره‌های شبیه ریشه می‌گردد که این امر باعث افزایش سطح جذب آب و املاح مفید موجود در آب گشته و رشد طولی ساقه‌چه را افزایش می‌دهد (۳۵).

وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه

نتایج حاصل از آزمایش نشان داد که اثر پرایمینگ، شوری و اثر متقابل بین آن‌ها بر روی این دو صفت ($p\leq$۰/۰۵) معنی‌دار است (جدول ۱). با افزایش سطوح شوری، وزن خشک ساقه‌چه از کاهش معنی‌داری برخوردار شد. بیشترین وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه به ترتیب در تیمار بدون تنش (۱۱/۲۶۶ میلی‌گرم) مربوط به پیش تیمار هیدروپرایمینگ و سطح شوری ۶۲/۲ میلی‌مولار در پیش تیمار جیبرلیک‌اسید (۰/۸۲۳ میلی‌گرم) مشاهده شد (جدول ۴).

کاهش وزن خشک و تر ریشه و ساقه بذر جوهای کشت شده در شرایط شوری گزارش شده است (۲۹). تحقیقات نسبتاً زیادی که بر جوانه‌زنی گیاهان زراعی مختلف انجام شده بیانگر این واقعیت است که با افزایش شوری و خشکی، طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و همچنین وزن‌خشک گیاهچه به‌طور معنی‌داری در مقایسه با شاهد کاهش می‌یابد (۴۰). گزارشات نشان داد که شوری، رشد رویشی و زایشی گیاه را تحت تاثیر قرار می‌دهد و بنابراین موجب کاهش وزن خشک و عملکرد گیاه می‌شود (۲۲). این فرآیند رشد و توسعه اندام‌های گیاهچه را تحت تاثیر قرار می‌دهد و وزن‌خشک گیاهچه نماینده توان رشد گیاهچه در این شرایط می‌باشد.

وزن‌خشک ساقه‌چه همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد با طول ریشه‌چه ($r=۰/۵۸^{**}$)، طول ساقه‌چه ($r=۰/۶۴^{**}$) و وزن تر ساقه‌چه ($r=۰/۹۰^{**}$) داشت. همین‌طور همبستگی مثبت و معنی‌داری هم در سطح احتمال ۵ درصد با وزن تر ریشه‌چه ($r=۰/۸۴^{*}$) داشت. وزن خشک ریشه‌چه نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد با طول ساقه‌چه ($r=۰/۵۵^{**}$) دارد (جدول ۵).

نسبت وزن‌خشک ریشه‌چه به ساقه‌چه

بررسی نتایج نشان داد که اثر پرایمینگ، شوری و اثر متقابل آن‌ها بر این صفت در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار است (جدول۱). به‌طوری‌که بیشترین و کمترین نسبت، به‌ترتیب در پرایمنگ با جیبرلیک‌اسید و هیدروپرایمینگ (۰/۷۳۵ و ۰/۰۷۳) مشاهده شد (جدول ۲). همچنین با افزایش سطوح تنش‌شوری تا ۱۲۴/۴ میلی‌مولار بر میزان این نسبت اضافه گشت ولی از ۱۸۶/۶ میلی‌مولار به بالا از کاهش بیشتری برخوردار بود (جدول ۳)، به‌طوری‌که افزایش این نسبت در سطح شوری ۱۲۴/۴ میلی‌مولار نسبت به شاهد ۲۰/۶۴ درصد بود. همین‌طور اثر متقابل بین شوری و پرایمینگ نیز بر روی این صفت معنی‌دار بود به‌طوری‌که در سطح ۶۲/۲ میلی‌مولار در پیش تیمار جیبرلیک‌اسید و ۱۲۴/۴ میلی‌مولار در پیش تیمار نیترات‌پتاسیم بیشترین نسبت (۱/۸۱۹ و ۱/۳۴۰ میلی‌گرم) و کمترین نسبت نیز در سطح ۱۸۶/۶ و ۲۴۸/۸ میلی‌مولار در هر سه پیش تیمار بود (جدول ۴). مونز و ترمات (۲۷) افزایش نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه، تحت تاثیر شوری را گزارش کردند. تحقیقات نشان می‌دهد رشد اندام‌های هوایی بیشتر از ریشه تحت شوری قرار می‌گیرد و شوری باعث کاهش

نسبت ریشه به شاخ و برگ می‌گردد (۲۵).

نسبت وزن‌خشک ریشه‌چه به ساقه‌چه همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد با وزن خشک ریشه‌چه داشت ($r=۰/۸۵^{**}$) (جدول ۵).

بیوماس کل

نتایج حاصل از آزمایش نشان داد که اثر پرایمینگ، شوری و اثر متقابل بین آن‌ها بر روی بیوماس کل در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار است (جدول ۱). در بین پیش تیمارهای اعمال شده، بیشترین و کمترین بیوماس به‌ترتیب در هیدروپرایمینگ و جیبرلیک‌اسید بود (جدول ۲). در سطوح مختلف پتانسیل اسمزی (تنش‌شوری) نیز سطوح ۶۲/۲ و ۲۴۸/۸ میلی‌مولار بیشترین و کمترین بیوماس را داشتند (جدول ۳). به‌طوری‌که کاهش بیوماس در سطح شوری ۱۸۶/۶ میلی‌مولار نسبت به شاهد ۹۲/۴۸ درصد بود (جدول ۴). رشید و همکاران (۳۶) بیان کردند که بذر جو پرایمینگ شده، جوانه‌زنی، رشد گیاهچه و بیوماس بیشتری تحت شرایط تنش‌شوری دارد. اکثر گزارشات حاکی از این است که شوری سبب کاهش رشد و تولید ماده خشک گیاهان می‌شود (۳۵). میزان کاهش رشد بیوماس گیاهان تحت شرایط شوری با تغییر در ترکیب نمک، غلظت نمک، مرحله رشد گیاه و گونه یا رقم گیاهی متغیر است. همینطور در مقایسه میانگین اثرات متقابل بین پرایمینگ و شوری، مشاهده شد که در پیش تیمار هیدروپرایمینگ تا شوری ۶۲/۲ میلی‌مولار تفاوت معنی‌داری وجود نداشت؛ ولی از سطح ۱۲۴/۴ میلی‌مولار به بعد اثر کاهش را نشان دادند (جدول ۴). بیوماس کل همبستگی مثبت و معنی‌داری با طول گیاهچه ($r=۰/۷۴^{**}$)، طول ریشه‌چه ($r=۰/۷۴^{**}$)، طول ساقه‌چه ($r=۰/۷۳^{**}$)، وزن تر ساقه‌چه ($r=۰/۹۸^{**}$)، وزن تر ریشه‌چه ($r=۰/۹۳^{**}$)، وزن‌خشک ساقه‌چه ($r=۰/۹۱^{**}$) و ضریب جوانه‌زنی ($r=۰/۵۴^{**}$) داشت ($p\leq۰/۰۱$). همین‌طور همبستگی منفی و معنی‌داری هم با میانگین مدت زمان جوانه‌زنی ($r=۰/۶۱^{**}$) در سطح احتمال ۱ درصد داشت (جدول ۵).

میانگین مدت زمان جوانه‌زنی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که پرایمینگ و تنش‌شوری بر روی این صفت در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). به‌طوری‌که در بین پیش تیمارها، پیش تیمار نیترات‌پتاسیم و جیبرلیک‌اسید به‌ترتیب با ۴/۰۹ و ۵/۴۰ روز، دارای کمترین و بیشترین مدت زمان بودند. به‌عبارتی، به‌طور متوسط بذور سیاه‌دانه در پیش تیمار نیترات‌پتاسیم در مدت ۴/۰۹ روز و در جیبرلیک‌اسید در مدت ۵/۴۰ روز جوانه می‌زنند (جدول ۲). با افزایش سطوح تنش‌شوری نیز میانگین مدت زمان جوانه‌زنی از افزایش بیشتری برخوردار بود، به‌طوری‌که در شرایط بدون‌تنش و سطح ۶۲/۲ میلی‌مولار بیشترین و در ۲۴۸/۸ میلی‌مولار دارای کمترین میزان مدت زمان جوانه‌زنی بودند (جدول ۳). بنابراین میانگین مدت زمان جوانه‌زنی، در سطح شوری ۲۴۸/۸ میلی‌مولار نسبت به شاهد ۹۸/۳۳ درصد افزایش نشان داد. همین‌طور مقایسه میانگین اثرات متقابل بین پرایمینگ و شوری معنی‌دار نشد (جدول ۱)، ولی در سطوح بدون تنش و ۶۲/۲ میلی‌مولار در پیش تیمار نیترات‌پتاسیم کمترین میانگین را داشتند (جدول ۴). در بذور آماده‌سازی شده، معمولا افزایش سرعت جوانه‌زنی، یکنواختی بالای جوانه‌زنی و در برخی موارد افزایش نهایی جوانه‌زنی دیده می‌شود (۹).

بذور برای انجام فعالیت‌های حیاتی و شروع به جوانه‌زنی احتیاج به آب کافی دارند. چنانچه جذب آب دچار اختلال شود و یا به کندی صورت گیرد، فعالیت‌های داخل بذر به کندی صورت می‌گیرد و مدت زمان لازم برای خروج ریشه از بذر افزایش می‌یابد، به عبارتی سرعت جوانه‌زنی کاهش می‌یابد. به‌نظر می‌رسد در جوانه‌زنی تحت تنش‌شوری و خشکی بدلیل افت پتانسیل اسمزی، فرآیند جذب آب مختل شده و در ادامه نیز از فعالیت آنزیم آلفا-آمیلاز بازداری می‌شود (۳). تنش‌شوری باعث می‌شود که بذر نتواند رطوبت مورد نیاز خود را به میزان کافی جذب نماید و با ایجاد نوعی خشکی فیزیولوژیکی، میزان جوانه‌زنی و سرعت آن را کاهش می‌دهد. در تنش‌شوری به‌علت کاهش پتانسیل آب محیط اطراف بذر، مدت زمان بیشتری طول می‌کشد تا بذر بتواند آب مورد نیاز خود را به مقدار کافی به‌دست آورد.

میانگین مدت زمان جوانه‌زنی همبستگی منفی و معنی‌داری در سطح ۱ درصد با طول ریشه‌چه ($r=۰/۷۱^{**}$)، طول ساقه‌چه ($r=۰/۷۲^{**}$)، وزن تر ساقه‌چه ($r=-۰/۵۴^{**}$) و با وزن تر ریشه‌چه ($r=-۰/۶۹^{**}$) داشت (جدول ۵).

ضریب جوانه‌زنی

اثر پرایمینگ و تنش‌شوری بر روی این صفت ($p\leq۰/۰۱$) معنی‌دار بود، ولی اثر متقابل بین آن‌ها معنی‌دار نبود (جدول ۱). بیشترین ضریب جوانه‌زنی مربوط به پیش‌تیمار نیترات‌پتاسیم بود (جدول ۲). اثر متقابل بین پرایمینگ و تنش‌شوری نشان داد که سطح شوری ۶۲/۲ میلی‌مولار در پیش تیمار با نیترات‌پتاسیم اثر معنی‌داری بر روی ضریب جوانه‌زنی نداشت، اما از سطح ۱۲۴/۴ میلی‌مولار به بالا کاهش معنی‌داری یافت؛ به‌طوری‌که در سطح شوری ۶۲/۲ میلی-مولار در پیش تیمار نیترات‌پتاسیم (۳۸/۶۳) به بیشترین میزان و در سطح شوری ۲۴۸/۸ میلی‌مولار در پیش تیمار جیبرلیک‌اسید (۱۳/۸۵۳) به کمترین میزان رسید (جدول ۴).

بنابراین اثر پیش تیمار نیترات‌پتاسیم بر ضریب جوانه‌زنی بیش از اثر دیگر پیش تیمارها بود (جدول ۲). در مطالعه‌ای اثر تنش‌شوری و

درجه حرارت بر جوانه‌زنی *Urochondra sethlosa* بررسی شد و بیشترین مقدار جوانه‌زنی در تیمار شاهد مشاهده شد و با افزایش مقدار شوری تا ۵۰۰ میلی‌مولار، درصد جوانه‌زنی به ۱۰ درصد کاهش یافت (۱۶). همین‌طور باجی و همکاران (۸) در مطالعه اثر تنش‌شوری بر جوانه‌زنی و رشد کامل *Atriplex halimus*، بیان کردند که با افزایش غلظت NaCl مقدار و درصد جوانه‌زنی کاهش می‌یابد. همچنین زیا و کان (۴۸)، مطالعه‌ای را در مورد اثر تنش‌شوری بر جوانه‌زنی گیاه *Limonium stocksii* انجام داده و بیان نمودند که بیشترین جوانه-زنی در تیمار شاهد مشاهده شده و با افزایش شوری مقدار جوانه‌زنی کاهش می‌یابد.

پژوهش‌های انجام شده روی گیاهان مختلف نشان داده است که شوری سبب کاهش درصد جوانه‌زنی بذر می‌شود (۵). کاهش درصد جوانه‌زنی با افزایش شوری ممکن است به دلیل اثرات اسمزی و یا سمیت ویژه یونی باشد (۲۸، ۳۲). با افزایش شوری میزان جوانه‌زنی کاهش می‌یابد به‌طوری‌که غلظت‌های پایین، بیشترین میزان جوانه‌زنی را به‌خود اختصاص داده و افزایش غلظت شوری جوانه‌زنی را کاهش می‌دهد (۴۸). یکی از آنزیم‌های موثر بر درصد و سرعت جوانه‌زنی، آنزیم آلفا–آمیلاز می‌باشد. فعالیت این آنزیم، با افزایش غلظت شوری کاهش می‌یابد، که در نتیجه‌ی کاهش فعالیت این آنزیم، نشاسته کمتر تجزیه شده و قندها برای تنفس و متابولیسم کمتر فراهم می‌شوند، و این می‌تواند یکی از دلایل کاهش درصد جوانه‌زنی باشد. ضریب جوانه‌زنی همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد با طول ریشه‌چه ($r=0/69^{**}$)، طول ساقه‌چه ($r=0/69^{**}$)، وزن تر ساقه‌چه ($r=0/48^{**}$)، وزن تر ریشه‌چه ($r=0/62^{**}$) و همین‌طور با میانگین مدت زمان جوانه‌زنی ($r=-0/93^{**}$) داشت (جدول ۵).

نتیجه‌گیری

این تحقیق نشان داد با هدف افزایش درصد استقرار گیاهچه گونه دارویی سیاه‌دانه در مناطق شور می‌توان از شیوه صحیح استفاده از ترکیبات هورمونی (نظیر نیترات‌پتاسیم و جیبرلیک‌اسید) در راستای کشاورزی پایدار بهره نمود. همچنین نتایج نشان داد که کاربرد تسریع کننده‌های بذر در شرایط شوری، سبب کاهش معنی‌دار تعداد گیاهچه غیرنرمال سیاه‌دانه گردید. جهت حصول ویژگی‌های مطلوب جوانه‌زنی و حداکثر عملکرد ماده خشک گیاهچه در شرایط شوری، کاربرد نیترات‌پتاسیم و جیبرلیک‌اسید موثر است. بنابراین اعمال پرایمینگ ۷۲ ساعت نیترات‌پتاسیم ۰/۲ درصد یا ۵۰۰ قسمت در میلیون جیبرلیک اسید به مدت ۴۸ ساعت جهت حصول بالاترین ویژگی‌های جوانه‌زنی توصیه می‌شود.

سپاسگزاری

از همکاران بخش آزمایشگاه تکنولوژی بذر دانشکده علوم دانشگاه شاهد که ما را در انجام آزمایش یاری دادند تشکر و قدردانی داریم.

منابع

۱- خرم‌دل س.، ع.، کوچکی، م. نصیری‌محلاتی و ر. قربانی. ۱۳۸۹. اثر کودهای بیولوژیک بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی سیاه‌دانه (*Nigella sativa*). مجله پژوهش‌های زراعی ایران، ۸(۵): ۷۵۸- ۷۶۶.

۲- نوروزپور ق. و پ. رضوانی مقدم ۱۳۸۴. اثر دورهای مختلف آبیاری و تراکم بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی سیاه‌دانه (*Nigella sativa*). مجله پژوهش‌های زراعی ایران، ۳(۲): ۳۰۵- ۳۱۵.

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

4- Al-Ansari F. M. 2003. Salinity tolerance during germination in two arid-land varieties of wheat (*Triticum aestivum L.*). Seed Sci. and Techno. 31:597-603.

5- Almodares A., M. Hadi R. and B. Dosti. 2007. Effects of salt stress on germination percentage and seedling growth in sweet sorghum cultivars. J. Biological Sci. 7(8): 1492- 1495.

6- Anonymous. 2003a. Hand Book for Seedling Evaluation (3rd.Ed.). International Seed Testing Association (ISTA), Zurich, Switzerland.

7- Ashraf M. and M.R. Foolad. 2005. Pre sowing seed treatment – Ashotgun approach to improve germination, plant growth, and crop yield under saline and non saline conditions. Advances in Agronomy, 88: 223- 265.

8- Bajji M., J. M. Kine and S. Lutts. 2002. Osmotic and ionic effect of Nacl on Germination, early seedling growth, and ion content of *Atriplex halimus*. Can. J. Bot. 297-304.

9- Basra S. M., M., Farooge, R. Tabassum and N. Ahmed. 2005. Physiological and biochemical aspects of seed vigor enhancement treatments in fine rice (*Oryza sativa* L.). Seed. Sci.Techno. (Denmark). 33 (3): 255-259.

10- Bhatt A., R. S. Rawal and U.Dhar. 2005. Germination improvement in *Swertia angustifolia*: a high value medicinal plant of Himalaya, current science, 89(6): 1008-1012.

11- Demir, I., S. Ellialtioglu, and R. Tipirdamaz. 1994. The effect of different priming treatments on reparability of aged eggplant seeds. International Symposium on Agro Techniques and storage of vegetable and Ornamental Seeds (ISHS). 362: 205-212.
12- Ellis, R. H., and E. H. Roberts. 1981. The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. Seed Science and Technology, 9: 377-409.
13- Forment, J., M. A. Naranjo, M. Roldan, R. Serrano and O. Vicente. 2002. Expression of Arabidipsis SR-like splicing proteins confers salt tolerance to yeast and transgenic plants. The Plnt Journal, 30:511-519.
14- Garg, B. K., and I. C. Gupta. 1997. Plant relations to salinity. *In*: Saline wastelands environments andplant growth. pp 79-121. Scientific Publishers, Jodhpur.
15- Ghorbanli, M., N. Adib hashemi and M. Peyvandi .2010. Study of salinity and ascorbic acid on some physiological responses of Nigella sativa L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 26(3): 370-388.
16- Golzar, S, A. M. Khan and I. A. Ungar. 2001. Effect of salinity and temperature on the germination of *urochondra setulosa.* Seed sci. and Technol. 29, 21-29.
17- Hajar, A.S., M.A. Zidan and H.S., Al-zahrani 1996. Effect of salinity stress on the germination, growth and physiological activities of *Nigella sativa* L.Gulf. J. Sci. Res. 14: 445-454.
18- Jamil, M. C., S.U., Lee Rehman, D. B., Lee, M. Ashraf and E. S. Rha. 2005. Salinity tolerance of Brassica species at germination and early seedling growth. Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry. 4(4): 970-976.
19- Jamil, M., D. B., Lee, K. Y., Jung, M., Ashraf, S. C. Lee, and E. S. Rha. 2006. Effect of salt (NaCl) stress on germination and early seedling growth of four vegetables. Journal of Central European Agriculture. 7(2):273-282.
20- Hampton, J. G. and D. M. Tekrony. 1995. Handbook of Vigour Test Methods (3rd.Ed.).International Seed Testing Association (ISTA).Zurich, Swirztland.
21- Kaur, S. Gupta A. K., and N. Kaur. 2006. Effect of hydro and osmo priming of chickpea (*Cicer arientinum* L.) seeds on anzymes of sucrose and nitrogen metabolism in nodules. Plant Growth Regulation, 49: 177-182.
22- Kaya, C., D. Higges and H. Kirnak. 2001. The effects of high salinity (NaCl) and supplementary phosphorus and potassium on physiology and nutrition development of spinach. Bulg. J. Plant Physiol. 27(3-4): 47-59.
23- Kaya, M. D., G., Okcu, M., Atak, Y. Cikili and O. Kolsarici. 2006. Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Europ. J. Agronomy.24: 291-295.
24- Manjkhola, S., Dhar U. and Rawal R. S. 2003. Treatments to improve seed germination of Arnebia benthamii: an endangered medicinal herb of high altitude Himalaya, Seed science and technology, 31: 571-577.
25- Mansour M. M. F. 1994. Changes in growth osmotic potential and cell permeability of wheat cultivars under salt stress. Biologia Plantarum, 36(3): 429-434.
26- Moradi, A., F., Sharifzadeh, R. Tavakol Afshari and R. Maali Amiri. 2010. Praymyng effect on seed germination and seedling growth of wheat grass (*Agropyron elongatum)* in optimal conditions of water and drought stress. Journal Pasture, 4(3): 462-473.
27- Munns, R. and A. Termaat. 1986. Whole-plant responses to salinity. Aust. J.Plant Physiol.13:143-160.
28- Naghdi Badi H., Omidi H., Shams H., Kian Y., Dehghani Mashkani M. R. and Sahandi M. 2010. Allelopathic effects of harmal (*Peganum harmala L.*) aqueous extract on seed germination and seedling growth of purslan (*Portulaca oleracea L.*) and black weed (*Chenopodium album* L.). Journal of Medicinal Plant, 9(33): 116-127.
29- Naseer, S. H. 2001. Response of barley *(Hordeum vulgar* L.) at various growth stages to salt stress.J Biological Sci. 1:5.326-329.
30- Nellist, M. E. and M. Hughes. 1973. Physical and biological processes in the drying of seed. Seed Science and Technology.1:613-643.
31- Okcu, G., M. D. Kaya and M. Atak. 2005. Effects of salt and drouth stresses on germination and seedling growth of pea (*Pisum sativum L.*). Turkian J. Agric. For. 29: 237-242.
32- Omidi H., A., Sorushzadeh, A. Salehi and F. Ghezeli. 2005. Evaluation of Priming pretreatments on germination rapeseed. Agricultural Science and Technology, 19(2): 1-10.
33- Pandya D. H., R. K. Mer, P. k. Prajith, and A. N. Pandy. 2004. Effect of salt stress and manganese supply ongrowth of barely seeding. Journal of Plant Nutrition 27(8), 1361 – 1379.
34- Pessarakli, M. T. C. Tucker and K. Nakabayashi. 1991. Growth response of barley and wheat to salt stress. J. Plant Nutrition. 14: 331-340.
35- Puppala, N., J. L. Poindexter and H. L. Bhardwaj. 1999. Evaluation of salinity tolerance of canola germination. P. 251 - 253. In: J. Janick (ed.) Perspectives on new crops and new uses. ASHS Press, Alexardria, VA.
36- Rashid, A., P.A. Hollington, D. Harris and P. Khan. 2006. On farm seed priming for barely on normal, saline and sodic soils in North West Frontier province, Pakistan. European Journal of Agronomy. 24(3): 276-281.
37- Serrano, R. and R. Gaxiola. 1994. Microbial models and salts stress tolerance in plants. Critical Rewiews in Plant Scince, 13: 121-138.
38- Shannon, M. C. and C. M. Grieve. 1999. Tolerance of vegetable Crops to salinity. Scientia Hort.78:5-8.
39- Sharma, A.D., M. Thakur, M. Rana and K. Singh. 2004. Effect of plant growth hormones and abiotic stresses on germination, growth and phosphates activities in *sorghum bicolor* L. Moench seeds. African Journal of

Biotechnology. 3: 308-312.
40- Soltani, E., S., Galeshi, B. Kamkar, and F. Akramghaderi. 2009. The effect of seed aging on seedling growth as affected by environmental factors in wheat. Research Journal of Environmental Sciences, 3: 184-192.
41- Tawfik, A. and A. Noga. 2001. Priming of Cumin (*Cuminum cyminum* L.) seeds and its effects of germination, emergence and storability. J. Applied Botany. 75: 216-220.
42- Tobe, K., M. X. Li, and K. Omasa. 2004. Effects of five different salts on seed germination and seedling growth of Haloxylon ammodendron (Chenopodiaceae). Seed Science Research 14, 345-353.
43- Turk, M. A., A. R. M. Tahawa, and K. D. Lee. 2004. Seed germination and seedling growth of three lentil cultivars under moisture stress. Asian Journal of Plant Sciences. 3: 394-397.
44- Ungar,I. A. 1995. Seed germination and seed bank ecology in halophytes In Seed development and germination, (Eds, J. Kigel and G. Galili), pp: 599- 628, Marcel Dekker Inc. New York.
45- Xirong, O., T. V. Voorthuysen, P. E. Toorop, and M. H. Henkw. 2002. Seed vigor, aging and osmopriming affect anion and sugar leakage during imbibitions of maize (*Zea mays L.*) caryopses. Int.J. Plant Sci. 163(1): 107-112.
46- Zhu, J. K. 2001. Over expression of a delta-pyrroline-5-carboxylate synthetase gene and analysis of tolerance to water and salt stress in transgenic rice. Trends Plant Science. 6: 66–72.
47- Zia, S. and M. A. Khan. 2004. Effect of light, salinity and Temperature on seed germination of *Limonium stocksii.* Can. J. Bot. 82.151-157.