علوم و تحقیقات بذر ایران
سال سوم/ شماره چهارم/ ۱۳۹۵ (۱۳۱ – ۱۱۷)

تأثیر نوتروپرایمینگ بر درصد جوانه‌زنی بذر و استقرار گیاهچه گیاهان زراعی

سید محمدرضا احتشامی*[۱]، هادی کیانی‌نژاد[۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۷/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۹/۲

چکیده

عناصر کم‌مصرف برای رشد گیاه و سلامتی بشر ضروری هستند. کاربردهای خاک‌مصرف و برگ‌مصرف رایج‌ترین روش‌های اضافه کردن عناصر کم‌مصرف هستند اما به دست آوردن کیفیت بالا با کود سمی عناصر کم‌مصرف یک نگرانی عمده در کشور-های در حال توسعه است. در پرایمینگ بذر با عناصر کم‌مصرف، عناصر کم‌مصرف به صورت اسمزی استفاده می‌شود. بذرهای پرایم شده اغلب جوانه‌زنی همزمان و بیشتری دارند و کاشت آسان و آبگیری بذر در کوتاه مدت انجام می‌شود و باعث افزایش فعالیت متابولیکی برای افزایش جوانه‌زنی می‌شود. مک‌دونالد نشان داد که پرایمینگ بذر می‌تواند بر یکپارچگی غشای سلولی تأثیر بگذارد، به طوری‌که برخی اجزای غشا مانند اسیدهای چرب C_7، C_8 و C_9 در اثر انجام پیش‌تیمار، تغییر یافته و بعد از خشک کردن نمی‌توانند به وضعیت اولیه خود برگردند و در نتیجه از نشت مواد به خارج از بذر جلوگیری می‌گردد. چندین گزارش از پرایمینگ با عناصر کم‌مصرف، بهبود محصولات گندم، برنج و لگوم‌های علوفه‌ای را نشان داد است، مشخص شده است که پرایمینگ با غلظت بالای عناصر غذایی باعث خرابی بذر و جلوگیری از جوانه‌زنی می‌شود. آژوری و همکاران گزارش کردند که غلظت‌های بیش از ۵۰ میلی‌مولار بر جوانه‌زنی بذرهای جو اثر منفی دارد. همچنین مشاهده شده است غلظت‌های پایین روی همراه با غلظت‌های بالای فسفر در محلول‌های مورد استفاده برای پرایمینگ بذر جو می‌تواند در افزایش جوانه‌زنی و قدرت رویش بذر مؤثر باشند..

واژه‌های کلیدی: آنزیم، بنیه بذر، پرایمینگ، عناصر کم‌مصرف

۱- عضو هیأت علمی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران
۲- کارشناس ارشد علوم وتکنولوژی بذر
* نویسنده مسئول: smrehteshami@yahoo.com

مقدمه

افزایش تقاضای جهانی برای مواد غذایی به همراه محدودیت اراضی مستعد و قابل کشت، محققین بخش کشاورزی را با چالش‌های بزرگی روبه‌رو ساخته است. بر این اساس، در شرایطی که عملاً توسعه اراضی کشاورزی مقدور نیست، بیشتر نگاه ها به افزایش عملکرد در واحد سطح معطوف شده است (Vessey, 2003). عملیات فشرده کشاورزی به منظور افزایش عملکرد، نیاز به کودهای شیمیایی دارد که پرهزینه بوده و آلودگی محیط زیست را در بر خواهد داشت. بنابراین در حال حاضر کشاورزی پایدار توجه زیادی را به خود معطوف کرده است (Orhan *et al*., 2006).

جوانه‌زنی سریع و سبز شدن یکنواخت برای استقرار موفقیت‌آمیز گیاه زراعی در هر دو شرایط تنش و بدون تنش ضروری است (Ashraf and Foolad, 2005). تسریع و همزمانی فرآیندهای جوانه‌زنی، پیش‌نیاز استقرار یک پوشش گیاهی خوب و استفاده کارآمد از منابع و افزایش عملکرد است (Harris, 1996). جوانه‌زنی بذر، مرحله پیچیده و پویایی از رشد گیاه می‌باشد و از طریق اثراتی که روی استقرار گیاهچه دارد می‌تواند عملکرد را بهبود بخشد (Ashraf and Foolad, 2005). یکی از راه‌کارهای مناسب در جهت بهبود استقرار بذر و افزایش یکنواختی جوانه‌زنی، پرایمینگ[1] بذر در مزرعه بوده (McDonald, 2000; Farooq *et al*., 2006)، که به‌وسیله آن بذرها قبل از کاشت در آب و محلول‌های مختلف برای مدت معین خیسانده و سپس به‌طور سطحی خشک و مورد استفاده قرار می‌گیرند (Harris, 2006; Harris *et al*., 2007). پرایمینگ به تیمار بذر قبل از کاشت اطلاق می شود که به وسیله آن بذر مراحل اولیه جوانه‌زنی را طی می‌کند ولی به دلیل پایین بودن میزان آب جذب شده، خروج ریشه‌چه صورت نمی‌گیرد (Moafi Pasha *et al*., 2010). پرایمینگ بذر با افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر، امکان استقرار سریع‌تر گیاه را فراهم می‌کند و همچنین پتانسیل گیاه را برای اجتناب از تنش‌هایی همچون خشکی و قرار گرفتن در معرض آفات و بیماری‌ها افزایش می‌دهد (Farooq *et al*., 2006). در پرایمینگ بذر با عناصر کم‌مصرف، عناصر کم‌مصرف به صورت اسمزی استفاده می‌شود (Imran *et al*., Singh, 2007; 2004). تیمار کردن بذر با عناصر کم‌مصرف، پتانسیلی برای به‌کارگیری عناصر کم-مصرف جهت برطرف کردن نیاز گیاهان زراعی دارد و باعث بهبود سبز شدن گیاهچه، استقرار گیاه، عملکرد و غنی‌سازی دانه با عناصر کم‌مصرف می‌شود (Farooq *et al*., 2012).

پرایمینگ بذر یک روش فیزیولوژیک است که کارایی بذر را برای جوانه‌زنی سریع و هماهنگ بهبود می‌بخشد (Mohammadi and Amiri, 2010). طی این تیمار مقدار کنترل شده‌ای از آب، جذب بذر می‌شود تا فعالیت‌های متابولیکی قبل از فرآیند جوانه‌زنی، بدون خارج شدن ریشه‌چه از بذر آغاز گردد (Al-Mudaris and Jutzi, 1999). این تکنیک ضمن ساده و کم‌هزینه بودن باعث بهبود ظهور و قدرت گیاهچه و افزایش عملکرد می‌شود. همچنین گلدهی زودتر و عملکرد بالاتر در گیاهانی مثل گندم، ذرت، برنج دیم، نخود و ماش توسط محققین مختلف گزارش شده است (Rashid *et al*., 2007). بذرهای پرایمینگ شده پس از قرار گرفتن در بستر خود زودتر و یکنواخت‌تر سبز می‌شوند (Harris *et al*., 2007). تیمار پرایمینگ باعث کوتاه کردن زمان کاشت تا سبز شدن و حفاظت بذرها از عوامل زنده و غیرزنده در مرحله‌ی بحرانی استقرار گیاهچه می‌شود. همچنین این تیمارها یکنواختی سبز شدن را موجب می‌شوند که منجر به استقرار یکنواخت و بهبود عملکرد در محصول می‌شوند (Basra *et al*., 2007).

تغذیه صحیح گیاه یکی از عوامل مهم در بهبود کمی و کیفی محصول به شمار می‌آید. در تغذیه نه‌تنها هر عنصر به اندازه کافی در دسترس گیاه قرار می‌گیرد، بلکه ایجاد تعادل و رعایت نسبت بین همه عناصر غذایی از اهمیت زیادی برخوردار است، زیرا در حالت عدم تعادل تغذیه‌ای، با اضافه کردن مقداری از عناصر غذایی، نه‌تنها افزایش عملکردی رخ نمی‌دهد، بلکه اختلالاتی در رشد گیاه و در نهایت افت عملکرد مطرح می‌شود (Malakouti *et al*., 1974).

گیاهان برای رشد مطلوب نیاز به ۱۷ عنصر ضروری دارند. اگر یکی از عناصر در خاک نباشد یا تعادل مناسبی با سایر عناصر نداشته باشد، ممکن است از رشد گیاه

[1] Priming

جلوگیری کند (Mengel *et al*., 2001). عناصر کم-مصرف اغلب به عنوان کوفاکتور در سیستم‌های آنزیمی نقش دارند و در واکنش‌های اکسیداسیون و احیا شرکت می‌کنند. علاوه بر آن، چندین نقش ضروری دیگر در عملکرد گیاهان دارند. بیشترین اهمیت اینکه، عناصر کم-مصرف در فرآیندهای کلیدی فیزیولوژیکی در فتوسنتز و تنفس دخیل هستند (Marschner, 1995; Mengel *et al*., 2001). کمبود این عناصر می‌تواند از فرآیندهای مهم فیزیولوژیکی ممانعت کند و سپس باعث محدود شدن عملکرد دانه شود. نقش این عناصر از واکنش‌های بسیار ساده تا خیلی پیچیده گسترده شده است. روی از جمله عناصر کم‌مصرف ضروری برای گیاهان، حیوانات و انسان می‌باشد که بیش از ۳۰۰ آنزیم درگیر در فرآیندهای کلیدی متابولیک انسان شامل آن هستند. این عنصر نقشی اساسی در سنتز پروتئین‌ها، RNA و DNA ایفا می‌کند (Welch, 2001). کمبود بر (B) می‌تواند باعث کاهش قابل توجه محصول در گندم (*Triticum aestivum* L.) (Rerkasem and Jamjod, 2004)، نخود (*Cicer arietinum* L.) و عدس (*Lens culinaris Medik* L.) (Srivastava *et al*., 2000) شود. در حالی‌که کمبود عنصر روی (Zn) در برنج (*Oryza sativa*) یکی از مهمترین عوامل محدودکننده عملکرد در چندین کشور آسیایی است (Rehman *et al*., 2012). کمبود منگنز باعث تداخل در کلروزیس، اما در تعدادی از گونه‌ها باعث تأخیر در رسیدگی می‌شود (Park *et al*., 1999).

بهبود عناصر کم‌مصرف گیاه در جاهایی که خاک آن منطقه، عناصر غذایی کم‌مصرف ناکافی دارد می‌تواند باعث افزایش محصول شود (Singh, 2007). در گیاهان زراعی عناصر کم‌مصرف ممکن است به خاک اضافه شود، یا به بذر اسپری شود و یا با بذر تیمار شود. اگرچه مقدار مورد نیاز عناصر کم مصرف را می‌توان با این روش‌ها به دست آورد، اما هزینه‌ی بالای برخی از آن‌ها باعث محدودیت استفاده از آن به وسیله کشاورزان فقیر شده است (Johnson *et al*., 2005). تیمار کردن بذر گزینه بهتری از لحاظ اقتصادی است، چون به عنصر کمتری نیاز بوده و کاربرد آن آسان است و باعث بهبود رشد گیاهچه می‌شود (Singh *et al*., 2003). تیمار کردن بذر با عناصر کم‌مصرف به وسیله حل‌کردن عناصر غذایی در غلظت خاص و مدت زمان خاص (پرایمینگ بذر) یا به وسیله پوشش دادن بذر با عناصر کم‌مصرف انجام می‌شود (Farooq *et al*., 2009).

محصولات دانه‌های روغنی، یعنی روغن‌های خوراکی و کنجاله‌های مقوی پروتئینی که حاصل فرآیند روغن‌کشی هستند، بخشی از غذای روزانه انسان و دام را تشکیل می‌دهند، علاوه بر این، دانه‌های روغنی مصارف صنعتی، دارویی و غیره دارند (Able and Driscoll, 1976). کشت دانه‌های روغنی همیشه بخش مهمی از فعالیت‌های کشاورزان را تشکیل می‌داده است (احمدی و امیدی، ۱۳۷۳). گلرنگ با نام علمی (*Carthamus tinctorius* L.) گیاه یک‌ساله و دولپه‌ای است که از تیره آستراسه (Asteraceae) می باشد. سطح زیر کشت جهانی گلرنگ طبق آمار فائو ۹۳۶/۸۷۵ هکتار و میزان تولید جهانی گلرنگ ۷۳۳/۸۵۲ تن می‌باشد. مکزیک با عملکرد ۱۴۴/۴۱۱ تن بیشترین تولید جهانی را در بین کشورهای تولیدکننده گلرنگ داراست. سطح زیر کشت گلرنگ در ایران ۷۸۱ هکتار و تولید گلرنگ ۵۲۴ تن گزارش شده است (FAO, 2014). در گذشته کشت گلرنگ بیشتر به منظور تهیه کارتامین (رنگدانه قرمز رنگ که از گلچه‌های این گیاه قابل استخراج است) بود (فتحی بزچلوئی، ۱۳۶۹). استفاده از آن در رنگرزی البسه و نیز به عنوان رنگ غذا صورت می‌گرفت (احمدی و امیدی، ۱۳۸۰). امروزه این گیاه در گروه گیاهان روغنی جاگرفته و به این منظور کشت می‌شود (نژاد شاملو، ۱۳۸۵). بخش عمده‌ای از روغن خوراکی مورد نیاز در کشور از منابع خارجی تأمین می‌گردد. بنابراین توسعه کشت دانه‌های روغنی از اهمیت زیادی برخوردار است. با توجه به اقلیم خشک و نیمه‌خشک کشور، از بین دانه‌های روغنی سازگار با شرایط آب و هوایی کشور، گلرنگ به عنوان گیاه مقاوم به تنش شوری و خشکی (Bassil and Kaffka, 2002; Esende et al., 1992) و با داشتن تیپ‌های بهاره و پاییزه، آینده نویدبخشی دارد (پاسبان اسلام، ۱۳۸۰). گلرنگ به‌عنوان گیاهی سازگار به مناطقی با بارندگی زمستانه و بهاره اندک و هوایی خشک در طول دوره گل‌دهی، پر شدن و رسیدن دانه از یک سو و با داشتن ریشه‌های طویل و با توان جذب آب بالا از بخش‌های عمیق‌تر خاک از سوی دیگر، به‌عنوان یک دانه روغنی متحمل به کمبود آب به حساب می‌آید (Yau, 2006).

در ایران، با داشتن خاک آهکی، کاهش مواد آلی خاک‌ها، حلالیت کم این عناصر کم‌مصرف در pH آهکی، وجود یون‌های کربنات و بی‌کربنات در آب‌های آبیاری و مصرف بالای فسفر، کمبود عناصر غذایی به‌ویژه منگنز، روی و بر در اغلب مزارع و باغ‌ها عمومیت دارد. به‌دلیل وجود این کمبودها، عملکرد متوسط محصولات کشاورزی عموما کم بوده و لطمات اقتصادی زیادی از این کمبودها متوجه کشور شده است. استقرار خوب یکی از چالش‌های عمده تولید محصول است و اهمیت آن توسط کشاورزان و محققان شناخته شده است. در این راستا راهکاری مورد نیاز است تا بتواند جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه را تقویت و استفاده بیشتر از رطوبت خاک، عناصر غذایی و تششع خورشیدی را برای گیاه فراهم نماید. به این ترتیب گیاه قادر خواهد بود تا دوره نموی خود را به پایان رساند (Subedi and Ma, 2005). در این رابطه می‌توان با استفاده از تیمارهای افزایش‌دهنده قدرت بذر به جوانه‌زنی سریع، ظهور یکنواخت و استقرار قوی گیاهچه در مزرعه دست یافت. از جمله مهم‌ترین تیمار افزایش‌دهنده قدرت جوانه‌زنی بذرها می‌توان به پرایمینگ اشاره داشت. اثر تنش‌های محیطی را می‌توان با اقدامات مختلف از جمله پرایمینگ کاهش داد (Ashraf and Foolad, 2005). همچنین بنیه بذر را می‌توان به کمک انواع روش‌های پرایمینگ که باعث افزایش سرعت و یکنواختی جوانه‌زنی می‌شود، بهبود بخشید (Heydecker *et al*., 1975). اقلیم خشک و نیمه‌خشک و همچنین کمبود عناصر کم‌مصرف در خاک‌های زراعی استقرار گیاه‌چه را با مشکل عوامل زنده و غیرزنده روبه‌رو ساخته است.

جوانه‌زنی و استقرار

جوانه‌زنی اولین مرحله نموی در گیاه است، که یکی از مراحل مهم و حساس در چرخه زندگی گیاهان و یک فرآیند کلیدی در سبز شدن گیاهچه می‌باشد (De Villiers *et al*., 1994). جوانه‌زنی و استقرار مطلوب گیاه یکی از مهم‌ترین مشکلات کشاورزان در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشد و مدت زمان بین کاشت تا استقرار گیاهچه، تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر عملکرد مزرعه‌ای گیاهان زراعی دارد. همچنین سرعت و درصد جوانه‌زنی و سبز شدن گیاهچه‌ها نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Bradford, 1995). جوانه‌زنی بذر، مرحله پیچیده و پویایی از رشد گیاه می‌باشد و از طریق اثراتی که روی استقرار گیاهچه دارد می‌تواند عملکرد را بهبود بخشد (Ashraf and Foolad, 2005). این مرحله از رشد به شدت تحت تأثیر عوامل محیطی به‌ویژه دما و رطوبت خاک قرار می‌گیرد (Barsa *et al*., 2004; Jacobson and Bach, 1998; Anda and Pinter, 1994; Seefeldt *et al*., 2002; Soltani *et al*., 2006). در بسیاری از مزارع و اکوسیستم‌های کشاورزی وجود شرایط نامطلوب محیطی برای جوانه‌زنی بذرها و ظهور گیاهچه گیاهان زراعی از عوامل اصلی ناپایداری و استقرار ضعیف و نامطلوب می‌باشد. وجود شرایط نامطلوب محیطی در نهایت عملکرد پایین محصول زراعی را به دنبال خواهد داشت (توکل افشاری و همکاران، ۱۳۷۸). هر عاملی که باعث افزایش سرعت جوانه‌زنی شود می‌تواند منجر به استقرار بهتر و مناسب‌تر بذر و گیاهچه جوان در خاک گردد. تنش خشکی یکی از مهمترین عوامل محیطی است که بر جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه تأثیر می‌گذارد (Falleri, 1994). توانایی جوانه‌زنی بذرها در شرایط تنش رطوبتی، شانس استقرار بیشتر گیاه و تراکم بالاتر را به دنبال دارد که در نتیجه منجر به افزایش عملکرد می‌شود (Baalbaki *et al*., 1999). تحت این تنش‌ها یکی از راه‌های افزایش مؤلفه‌های جوانه‌زنی و سبز شدن بذر استفاده از تکنیک پرایمینگ است (Demir Kaya *et al*., 2006; Murungu *et al*., 2003).

تسریع فرآیندهای جوانه‌زنی، پیش‌نیاز استقرار یک پوشش گیاهی خوب، استفاده کارآمد از منابع و افزایش عملکرد است (Harris, 1996). کیفیت بذر به ویژه قوه زیست و قدرت رویش بر استقرار و عملکرد گیاهان زراعی تأثیر بسیار زیادی دارند. گیاهان سالم که دارای سیستم‌های ریشه‌ای توسعه‌یافته هستند، کارایی بیشتری در استفاده از آب و عناصر غذایی محدود کننده از خاک داشته و شرایط نامساعد (مانند دوره‌های خشکی(را بهتر تحمل می‌کنند. همچنین بین رشد اولیه قوی گیاهچه‌ها و عملکردهای بالاتر، رابطه مثبت وجود دارد (Harris *et al*., 2000). استقرار خوب یکی از چالش‌های عمده تولید محصول است و اهمیت آن توسط کشاورزان و محققان شناخته شده است. در این راستا راهکاری مورد نیاز است تا بتواند جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه را تقویت و استفاده

بیشتر از رطوبت خاک، عناصر غذایی و تشعشع خورشیدی را برای گیاه فراهم نماید. به این ترتیب گیاه قادر خواهد بود تا دوره نموی خود را به پایان رساند (Subedi and Ma, 2005). در این رابطه می‌توان با استفاده از تیمارهای افزایش‌دهنده قدرت بذر به جوانه‌زنی سریع، ظهور یکنواخت و استقرار قوی گیاهچه در مزرعه دست یافت. از جمله مهم‌ترین تیمار افزایش‌دهنده قدرت جوانه-زنی بذرها می‌توان به پرایمینگ اشاره داشت. اثر تنش‌های محیطی را می‌توان با اقدامات مختلف از جمله پرایمینگ کاهش داد (Ashraf and Foolad, 2005). همچنین بنیه بذر را می‌توان به کمک انواع روش‌های پرایمینگ که باعث افزایش سرعت و یکنواختی جوانه‌زنی می‌شود، بهبود بخشید (Heydecker *et al*., 1975).

پرایمینگ و روش‌های آن

پرایمینگ به روش‌های مختلف بهبود جوانه‌زنی بذر اطلاق می‌شود، که در تمامی آن‌ها، پرایمینگ کنترل شده به بذر اعمال می‌شود (Farooq *et al*., 2006). پرایمینگ بذر یک روش فیزیولوژیکی است که کارایی بذر را برای جوانه‌زنی سریع و هماهنگ بهبود می‌بخشد (Mohammadi and Amiri, 2010). طی این تیمار، مقدار کنترل شده‌ای از آب، جذب بذر می‌شود تا فعالیت‌های متابولیکی قبل از فرآیند جوانه‌زنی، بدون خارج شدن ریشه‌چه از بذر آغاز گردد (Al-Mudaris and Jutzi, 1999). در پرایمینگ شدن، سطح جذب آب در بذر کنترل می‌شود، به‌طوری‌که فعالیت‌های متابولیک لازم برای جوانه‌زنی رخ می‌دهد اما از خروج ریشه‌چه ممانعت می‌شود (Bradford, 1986). پرایمینگ بذر در مزرعه تکنیکی است که به‌وسیله آن بذر قبل از کشت در آب و محلول‌های حاوی عناصر کم‌مصرف و پرمصرف برای مدت معین خیسانده و سپس به‌طور سطحی خشک می‌شوند (Harris, 2006; Harris *et al*., 2007). این تکنیک ضمن ساده و کم‌هزینه بودن باعث بهبود ظهور و قدرت گیاهچه و افزایش عملکرد می‌شود. همچنین گلدهی زودتر و عملکرد بالاتر در گیاهانی مثل گندم، ذرت، برنج دیم، نخود و ماش توسط محققین مختلف گزارش شده است (Rashid *et al*., 2007). بذرهای پرایمینگ شده پس از قرار گرفتن در بستر خود زودتر و یکنواخت‌تر سبز می‌شوند (Harris *et al*., 2007). در واقع چنین گیاهی در مقایسه با گیاهان به‌وجود آمده از بذرهای تیمار نشده طی زمان کوتاه‌تری سیستم ریشه‌ای خود را گسترش می‌دهد (Guan *et al*., 2009) و با جذب مطلوب‌تر آب و مواد غذایی و تولید بخش‌های سبز فتوسنتز کننده به مرحله اتوتروفی می‌رسد. تحقق چنین شرایطی به لحاظ زیستی و اکولوژیکی موقعیت ویژه‌ای به گیاهان حاصل از بذرهای پرایمینگ شده می‌دهد (Duman, 2006). پرایمینگ بذر با افزایش سرعت و درصد جوانه-زنی بذر، امکان استقرار سریع‌تر گیاه را فراهم می‌کند و همچنین پتانسیل گیاه را برای اجتناب از تنش‌هایی مانند خشکی و قرار گرفتن در معرض بیماری‌ها و آفات افزایش می‌دهد (Farooq *et al*., 2006). بذرهای تیمار شده می‌توانند سریعاً آب جذب کرده و متابولیسم خود را آغاز نمایند. این موضوع باعث بهبود استقرار پوشش گیاهی و افزایش تحمل به خشکی و افزایش عملکرد (Mussa *et al*.,1999; Harris *et al*., 1999; Harris *et al*., 2000) و جوانه‌زنی بیشتر و کاهش غیریکنواختی فیزیولوژیکی طبیعی و ذاتی جوانه‌زنی می‌شود (Rowse, 1995). به‌طور کلی روش‌های مختلف تیمار پرایمینگ بر خصوصیات بذری مانند بنیه، قدرت جوانه‌زنی و شاخص‌هایی مانند طول ریشه‌چه و افزایش مقاومت به تنش‌های محیطی مؤثر خواهند بود، زیرا که این تیمارها منجر به آغاز فرآیندهای جوانه‌زنی و در نتیجه با خشک نمودن بذر، این فعالیت‌ها متوقف خواهند شد (Heydecker *et al*., 1975). طی پیش‌تیمار بذر چندین فرآیند متفاوت از جمله فعال‌سازی و سنتز تعدادی از آنزیم‌ها و نوکلئیک اسیدها، نگهداری و انتقال مواد، ترمیم و بازسازی، ترمیم غشای سیتوپلاسمی و سنتز ATP رخ می‌دهد (Hosseini and Koocheki, 2007). یک روش برای به حداقل رساندن پراکسیداسیون لیپیدها در بذرهای زوال یافته تیمار پرایمینگ می‌باشد. به نظر نمی-رسد این تیمار بتواند طول عمر انبارداری را افزایش دهد اما می‌تواند کارکرد گیاهچه در طول جوانه‌زنی را بهبود بخشد. یک توجیه برای این مشاهدات، بازاحیایی خسارت ناشی از رادیکال‌های آزاد روی غشاها و ترکیبات دیگری است که در طول فاز پرایمینگ تولید می‌شوند (Ward and Powell, 1983). افزایش جوانه‌زنی در بذرهایی که

پرایمینگ داشته‌اند را به ترمیم غشا، کاهش در مرحله تأخیری پرایمینگ، ساخته شدن متابولیت‌های جوانه‌زنی، ترمیم به هم‌ریختگی غشاها که طی بلوغ اتفاق می‌افتد و کاهش نشت الکترولیت‌ها طی پرایمینگ مرتبط می‌دانند. افزایش معنی‌داری در اندازه‌گیری میزان RNA و DNA در بذرهای پرایمینگ شده در مقایسه با بذرهای شاهد مشاهده شده است (Sung and Chang, 1993). افزایش مقدار اسیدهای نوکلئیک طی پرایمینگ ممکن است به علت فعال‌سازی یا سنتز آنزیم‌ها یا متابولیسم اسید نوکلئیک یا هر دو باشد (Fu *et al*., 1988; Dell'Aquila and Taranto, 1986; Coolbaretal., 1980). علاوه بر اثرات مثبت پیش-تیمار بر میزان جوانه‌زنی و ظهور گیاهچه که عوامل مهمی در استقرار موفق گیاهان زراعی هستند (Khandan *et al*., 2009; Mohammadi, 2009)، مشاهده شده است که این روش سبب تغییرات فیزیولوژیک و بیوشمیایی در بذرهای تیمار شده می‌گردد (Ghiyasi *et al*., 2008). نتایج آزمایش‌ها نشان می‌دهد که پیش‌تیمار بذر سبب تحمل بهتر گیاه به خشکی، خروج سریع گیاهچه، گلدهی زودتر و افزایش عملکرد گیاهان نخود، گندم و ذرت در مناطق خشک می‌گردد (Hariss *et al*., 1999; Hariss *et al*., 2001; Musa *et al*., 2001). گزارش‌های مختلف حاکی از آن است که پرایمینگ باعث افزایش سرعت، درصد و یکنواختی جوانه-زنی و سبز شدن بذر می‌گردد (Murungu *et al*., 2003; Demir Kaya *et al*., 2006). اگر زمان مناسب پرایمینگ تعیین نشود، اعمال بیشتر تیمار نه‌تنها مفید واقع نشده بلکه اثرات منفی را هم موجب می‌شود. گزارش شده است که مدت زمان نامناسب تیمار پرایمینگ موجب اثرات منفی بر درصد جوانه‌زنی در بذرهای گوجه فرنگی می‌شود (Penalosa and Eira, 1993).

روش‌های رایج جهت انجام تیمارهای پرایمینگ شامل اسموپرایمینگ[۲] (خیساندن بذرها در محلول‌های اسمزی مانند محلول پلی‌اتیلن گلیکول)، هالوپرایمینگ[۳](خیساندن بذرها در محلول‌های نمکی)، هیدروپرایمینگ[۴] (خیساندن بذرها در آب مقطر) ماتریک پرایمینگ[۵] (تیمار بذر با بستر مواد جامد)، ترموپرایمینگ (تیمار بذر با دماهای متغیر) و بیوپرایمینگ[۶] (تیمار نمودن بذرها با ریز جانداران خاص مانند برخی باکتری‌ها) می‌باشد (Ghiyasi *et al*., 2008). پاسخ بذرها به پیش‌تیمار به نوع محلول و زمان پیش تیمار، بلوغ بذر، رقم و شرایط محیطی بستگی دارد (Nancimento, 2003).

پرایمینگ با عناصر کم‌مصرف[۷]

عناصر کم‌مصرف برای رشد گیاه و سلامتی بشر ضروری هستند. کاربردهای خاک‌مصرف و برگ‌مصرف رایج‌ترین روش‌های اضافه کردن عناصر کم‌مصرف هستند اما به دست آوردن کیفیت بالا با کود سمی عناصر کم-مصرف یک نگرانی عمده در کشورهای در حال توسعه است (Farooq *et al*., 2012). در پرایمینگ بذر با عناصر کم‌مصرف، عناصر کم‌مصرف به صورت اسمزی استفاده می‌شود (Imran *et al*., 2004). بذرهای پرایمینگ شده اغلب جوانه‌زنی همزمان و بیشتری دارند (Farooq *et al*., 2009) و کاشت آسان و آبگیری بذر در کوتاه مدت انجام می‌شود (Brocklehurst and Dearman, 2008; McDonald, 2000; Taylor *et al*., 1998) و باعث افزایش فعالیت متابولیکی برای افزایش جوانه‌زنی می‌شود (Basra *et al*., 2005; Farooq *et al*., 2006). مک‌دونالد (Mc Donald, 2000) نشان داد که پرایمینگ بذر می‌تواند بر یکپارچگی غشای سلولی تأثیر بگذارد، به طوری‌که برخی اجزای غشا مانند اسیدهای چرب C_7، C_8 و C_9 در اثر انجام پیش‌تیمار، تغییر یافته و بعد از خشک کردن نمی-توانند به وضعیت اولیه خود برگردند و در نتیجه از نشت مواد به خارج از بذر جلوگیری می‌گردد.

چندین گزارش از پرایمینگ با عناصر کم‌مصرف، بهبود محصولات گندم، برنج و لگوم‌های علوفه‌ای را نشان داده است. مشخص شده است که پرایمینگ با غلظت بالای عناصر غذایی باعث خرابی بذر و جلوگیری از جوانه‌زنی می‌شود (Roberts 1948). آژوری و همکاران گزارش کردند که غلظت‌های بیش از ۵۰ میلی‌مولار بر جوانه‌زنی بذرهای جو اثر منفی دارد (Ajouri *et al*., 2004). همچنین مشاهده شده است غلظت‌های پایین روی همراه

[۲] Osmopriming
[۳] Halopriming
[۴] Hydropriming
[۵] Matricpriming
[۶] Biopriming
[۷] Micronutrients priming

با غلظت‌های بالای فسفر در محلول‌های مورد استفاده برای پرایمینگ بذر جو می‌تواند در افزایش جوانه‌زنی و قدرت رویش بذر مؤثر باشند (Harris *et al*., 1999; Mussa *et al*., 1999; Harris *et al*., 2000).

روی (Zn)

با افزایش pH خاک، قابلیت حل روی در خاک و میزان جذب آن به طور پیوسته کاهش پیدا می‌کند. در چندین گیاه زراعی، بالاتر بودن میزان فسفر خاک ممکن است باعث القای کمبود روی شود (Chang, 1999; Foth and Ellis, 1997). رشد ضعیف و لکه‌های قهوه‌ای کوچک در برگ‌ها علائم معمولی در برنج و ذرت هستند که در خاک‌های با کمبود روی رشد کرده‌اند (Marschner, 1995; Sharma, 2006). درختان میوه با کمبود روی، ممکن است شاخساره‌ای با رشد زیاد و ظاهر روزت مانند داشته باشند (Marschner, 1995). در مرکبات با کمبود روی اغلب کلروز بین رگبرگی مشاهده می‌شود (Chang, 1999; Marschner, 1995). روی عنصر کم مصرف ضروری برای گیاهان، حیوانات و انسان می‌باشد. بیش از ۳۰۰ آنزیم درگیر در فرآیندهای کلیدی متابولیک انسان شامل روی هستند. این عنصر نقش اساسی را در سنتز پروتئین‌ها، RNA و DNAایفا می‌کند (Welch, 2001). کمبود روی عمدتاً در خاک‌های آهکی با میزان ماده آلی کم خاک اتفاق می‌افتد و به دلیل نقش‌های فیزیولوژیک متعددی که این عنصر در سلول‌های گیاهی ایفا می‌کند کمبود آن سبب افت عملکرد کمی و کیفی می‌شود. عنصر روی نقش مهمی را در حفاظت سلول‌های گیاه از گونه‌های مواد واکنش‌دهنده با اکسیژن ایفا می‌کند(Marschner, 1995). از بین ریزمغذی‌ها، کمبود روی بیشترین مشکل را برای تولید محصول ایجاد می‌کند (*et* Cakmak *al*.,1997). اگرچه نیاز گیاهان به روی اندک است ولی چنانچه مقدار کافی از این عنصر در دسترس نباشد، گیاهان از تنش‌های فیزیولوژیک حاصل از ناکارایی سیستم‌های متعدد آنزیمی و دیگر اعمال متابولیک مرتبط، با مشکل مواجه خواهند بود (Baybordi, 2006). کمبود روی فعالیت چندین آنزیم ازجمله فسفاتاز، الکل دی‌هیدروژناز، دیمیدین کیناز، کربوکسی پپتیداز، RNA و DNA را کاهش می‌دهد (Prasad, 1984). با کاهش میزان رطوبت خاک، تحرک عنصر روی در محلول خاک کاهش یافته و با توجه به محدودیت رشد ریشه، گیاه به طور مضاعفی با کمبود این عنصر مواجه خواهد شد. کمبود روی به خاطر pH بالا، حضور بی‌کربنات فراوان در آب‌های آبیاری، مصرف فراوان و بیش از حد نیاز کودهای فسفاته و در نهایت عدم رواج مصرف کودهای محتوی روی عمومیت دارد (ملکوتی و لطف اللهی، ۱۳۷۸). بانزال و همکاران گزارش دادند که کمبود روی در گیاهان گسترش جهانی دارد که شامل حدود ۳۰ درصد از اراضی زیرکشت جهان است (*et al*., Bansal 1990). چاکماک و همکاران گزارش نمودند کمبود روی در گیاهان در خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک، به ویژه خاک سطحی که معمولاً دارای کمبود آب هستند، اتفاق می‌افتد (Cakmak *et al*.,1996.) وجود تعادل بین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه یکی از عوامل مؤثر بر عملکرد و کیفیت محصولات زراعی است. در کشور ما به دلیل آنکه هنوز نسبت مصرف نیتروژن، فسفر و پتاسیم نامتعادل می‌باشد، بنابراین مصرف عناصر کم مصرف در سطح وسیع چندان مطرح نمی‌باشد، در حالی‌که در کشورهای پیشرفته از نظر کشاورزی، میزان مصرف عناصر کم‌مصرف حدود ۳ درصد مصرف کودها می‌باشد. این مقدار در کشور ما ناچیز و برای هر تن در حدود ۲ گرم می‌باشد. در خاک‌های آهکی، کمبود عناصر کم مصرف بیشتر مطرح می‌باشد (ملکوتی، ۱۳۷۹).

براساس گزارش ولچ و همکاران ۴۰ درصد مردم جهان از کمبود عناصر ریزمغذی رنج می‌برند و دلیل اصلی کمبود روی در انسان، مصرف زیاد غلات حاوی روی کم در جیره‌ی غذایی است. در اثر کمبود روی در گیاه، به تدریج توقف رشد حاصل می‌شود و در نتیجه اندام‌های رویشی به‌ویژه برگ به عنوان دستگاه فتوسنتزی دچار مشکل می‌شود. در نتیجه‌ی این امر، ساخت مواد حاصل از فتوسنتزی هم مختل شده و تشکیل اندام‌های زایشی آسیب می‌بیند و در نتیجه تعداد دانه در سنبله و وزن دانه جو رو به کاهش می‌گذارد. بنابراین با آسیبی که به اجزای عملکرد وارد می‌شود، عملکرد دانه هم کاهش می‌یابد (*et* Welch *al*., 1999). کمبود روی در غلات به‌ویژه جو، ذرت و برنج شایع است. میانگین بحرانی روی در خاک یک میلی‌گرم در کیلوگرم است و حدود ۴۰ درصد از اراضی کشور به‌ویژه اراضی غلات، گندم، جو، ذرت و برنج

کمبود روی دارند (محمودیان و همکاران، ۱۳۸۱). کمبود روی در برنج (ملکوتی و تهرانی، ۱۳۸۷) و جو (Bloom and Allan, 1993) گزارش شده است. افزایش روی در مطالعه گراهام و مک دونالد در گندم نیز تأثیر این عنصر را در بهبود عملکرد دانه و وزن دانه نشان داد (Graham and McDonald, 2000). روی از عناصر ضروری برای گیاهان، انسان و حیوانات است. عنصر روی به صورت Zn^{2+} به وسیله ریشه گیاه جذب می‌شود و همچنین ممکن است به شکل ترکیبات مولکولی کمپلکس کننده آلی مانند EDTA جذب شود. پخش نمک‌های معدنی روی قابل حل و یا کمپلکس‌های روی برای رفع کمبود این عنصر در شاخه و برگ گیاهان مؤثر می‌باشد که از طریق شاخه و برگ جذب و مستقیماً وارد سیستم گیاه می‌شود. کمبود روی در ذرت و سایر گیاهان زراعی مانند گندم، اغلب درختان میوه، مرکبات و سبزیجات گزارش شده است (Cakmak *et al*., 1996; Brown *et al*., 1993; Bansal *et al*., 1990). عناصر آهن و روی نقش مهمی در تشکیل دانه و افزایش وزن آن و کمک به سنتز کربوهیدرات‌ها و پروتئین دارند. روی با افزایش مقدار تنظیم کننده‌های رشد، کمک به متابولیسم مواد و تأثیر بر واکنش‌های انتقال الکترون در چرخه کربس، و آهن با شرکت در متابولیسم مواد هیدروکربن‌دار و پروتئین و انتقال آنها و همچنین تأثیر بر فرآیندهای زایشی در افزایش تعداد و وزن دانه و در نهایت عملکرد نقش بسزایی دارند (Welch, 1999). روی جریان اعمال مهم حیاتی بدن نظیر نگهداری، کارکرد سیستم آنزیم‌ها و سلول‌ها را هدایت و به تشکیل انسولین کمک می‌کند، به معالجه ناراحتی‌های پروستات کمک و رسوب کلسترول در رگ‌ها را کاهش می‌دهد (ملکوتی، ۱۳۷۹). در خاک‌های دچار کمبود روی، گیاهانی که از بذرهای حاوی روی بالا تولید شده بودند، ماده خشک بیشتری تولید کرده و در مراحل بعدی رشد نیز روی را با کارایی بیشتری جذب نمودند (Graham and Rengel, 1993). در ترکیه پوشش دادن سطحی بذرهای گندم با روی، باعث افزایش معنی‌دار عملکرد شد. در محیط‌هایی که با خشکی مواجه هستند، استفاده از بذرهای پرایمینگ شده، می‌تواند از افت عملکرد به میزان قابل ملاحظه‌ای جلوگیری کند (Yilmaz *et al*., 1998).

در لوبیای معمولی (*Phaseolus vulgaris* L.) پرایمینگ بذر با روی به طور معنی‌داری باعث بهبود عملکرد و صفات مربوطه شد (Kaya *et al*., 2007). اوزتورک و همکاران پی بردند که روی در ریشه‌چه‌ها و لپه‌ها خیلی بیشتر بودند (بیشتر از ۲۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) (Ozturk *et al*., 2006). سپس کاکمک و همکاران دخیل بودن روی را در فرآیندهای فیزیولوژیکی در طول تکامل گیاهچه، و احتمالاً در ترکیبات پروتئین و مقاومت در تنش‌های بی‌هوازی بیان کردند (Cakmak, 2000). علاوه بر آن، حجم بالاتر روی در بذر باعث مقاومت بهتر بذر به بیماری‌های خاک‌زاد طی جوانه‌زنی و تکامل گیاهچه می‌شود و باعث استقرار بهتر گیاه زراعی و در نهایت باعث عملکرد بیشتر می‌شود (Marschner, 1995). پرایمینگ بذر به طور قابل توجهی باعث بهبود جذب عناصر معدنی (روی و فسفر) و انباشتگی ماده خشک در جو می‌شود. همچنین باعث افزایش کارایی مصرف آب تا ۴۴ درصد در تنش خشکی گیاه می‌شود (Ajouri *et al*., 2004).

پرایمینگ بذر در بوراکس (۰/۵٪) همراه با سولفات روی (۰/۲۵٪) استقرار و رشد (*Carica papaya* L.) در مزرعه را بهبود بخشید (Deb *et al*., 2010). کائور و همکاران گزارش کردند که جوانه‌زنی (*Chlorophytum borivilianum* L.) که در سولفات روی به مدت ۱۲ ساعت پرایمینگ شده بود، بهبود یافت (Kaur *et al*., 2009). ضمناً پرایمینگ بذر با محلول Zn-EDTA عملکرد و جذب روی را بهبود داد، اما هر دو منبع در کارایی خود در جذب روی تفاوت داشتند (Kang and Okoro, 1976). در یک آزمایش دو ساله در نخود، عدس، برنج و گندم، پرایمینگ بذر با روی تأثیری در عملکرد دانه نداشت. بذرهای نخود که با روی پرایمینگ شده بودند، سبز شدن خود را در همه نوع آزمایش از دست دادند. با این حال، پرایمینگ بذرها در محلول روی، میزان روی دانه را در همه گیاهان افزایش داد (Johnson *et al*., 2005). با وجود مفید بودن پرایمینگ با روی، تعدادی از مطالعات نشان داد که پرایمینگ بذر با روی ممکن است در برآورد نیازمندی روی در گیاهان زراعی مختلف مؤثر نباشد. برای مثال پرایمینگ بذر لوبیا با روی به تنهایی نیازمندی گیاه را برآورد نکرد (Rasmussen and Boawn, 1969)، اما این عمل به میزان روی در

خاک نیز بستگی دارد. برای مثال در کمبود متوسط روی، تیمار بذر یک روش مؤثر در کاربرد روی بود (Harris *et al*., 2007, 2008; Slaton *et al*., 2001)، در حالی‌که در کمبود شدید، پرایمینگ بذر ممکن است برای نیازمندی روی گیاه مناسب نباشد (Rasmussen and Boawn, 1969; Rehman *et al*., 2012).

بر (B)

بر یک عنصر ریزمغذی مهم و ضروری است که برای رشد و نمو طبیعی تمام گیاهان عالی مورد نیاز است (Brown *et al*., 2002). کمبود بر باعث کاهش شدید در عملکرد گیاه به دلیل اختلال در فرآیندهای متابولیکی که بر در آن دخیل است، می‌شود که از آن جمله می‌توان به متابولیسم نوکلئیک‌اسید، کربوهیدرات، پروتئین، ایندول استیک‌اسید، ترکیبات دیواره‌ی سلولی، پیوستگی و عملکرد غشا و متابولیسم فنول اشاره کرد (Dell and Huang, 1997; Tanaka and Fujiwar, 2008). بر همچنین از لحاظ عملکردی با بیشتر فرآیندها مثل مصرف کلسیم، تقسیم سلولی، گلدهی، میوه‌دهی، متابولیسم کربوهیدرات و نیتروژن، مقاومت به بیماری، روابط آب و سازماندهی فعل و انفعالات مشخص پیوستگی دارد. با این حال مرحله تولید مثلی نسبت به مرحله رشد رویشی گیاهان حساس‌تر به بر است که نشان دهنده نقش آن در باروری خوشه است (Noppakoon Wong *et al*., 1997).

علائم کمبود بر در گیاهان زراعی ایجاد وقفه در گل‌دهی و میوه‌دهی (Ho, 1999)، عملکرد ضعیف با بدشکل شدن و بی‌رنگ شدن میوه و دانه است (Shorrocks, 1997). علائم کمبود بر در انواع گونه‌ها متفاوت است. برای مثال در سویا (*Glycine max* L.) یا بادام‌زمینی (*Arachis hypogaea* L.)، کمبود بر باعث به وجود آمدن دانه‌های توخالی می‌شود که اغلب معروف به "مغز پوک" هستند. در ماش سیاه (*Vigna mungo* L.) علائم کمبود بر ممکن است در بذرها ظاهر شود و عملکرد دانه ممکن است تا ۵۰ درصد کاهش یابد (Keerati Kasikorn *et al*., 1987).

استقرار ارقام معطر برنج Super Basmati و Shaheen Basmati که در محلول بر هوادهی شده (۰/۵، ۰/۱، ۰/۰۱ و ۰/۰۰۱ درصد) پرایمینگ شده بودند، به‌طور معنی‌داری در محلول‌های ۰/۰۱ و ۰/۰۰۱ درصد بهبود یافت (Farooq *et al*., 2011). اما در انبه هندی (*Carica papaya*)، بهبود قابل‌توجهی در جوانه‌زنی و رشد زود هنگام گیاهچه، وقتی بذرها در ۲ میلی‌گرم در لیتر محلول بر برای ۶ ساعت پرایمینگ شده بودند، مشاهده شد (Deb et al., 2010). در یولاف (*Avena sativa* L.)، پرایمینگ بذر با بر (محلول ۰/۰۲ درصد H_3BO_3) تأثیری در جوانه‌زنی نداشت. با این حال پنجه‌زنی، طول خوشه و وزن دانه افزایش یافت. همچنین عملکرد دانه تا ۸/۴۲ درصد در مقایسه با بذرهای تیمار نشده افزایش داشت (Saric and Saciragic, 1969). در برنج بهبود قابل‌توجهی در سبز شدن بذر که در محلول ۰/۰۰۱ و ۰/۰۱ درصد بر قرار داده شده بود، مشاهده شد (Rehman *et al*., 2012). به طور یکسان در برنج، سرعت سبز شدن برگ‌ها و کشیدگی برگ به طور معنی‌داری در بذرهای پرایمینگ شده با محلول ۰/۰۰۱ درصد بر بهبود یافت (Rehman *et al*., 2012). پرایمینگ بذر با بر، تأثیر قابل‌توجهی در مرحله پایانی رشد گیاه دارد. در لوبیای سودانی[۸] (*Cajan cajanus*) کاربرد بر به وسیله تیمار بذر (۴ کیلوگرم در هکتار بر) خیلی مؤثر بود و از لحاظ اقتصادی باعث افزایش عملکرد دانه به اندازه‌ی ۱۰/۵۳ درصد در مقایسه با شاهد شد، در صورتی‌که کاربرد خاک مصرف آن (۱۰ کیلوگرم در هکتار) باعث افزایش عملکرد به میزان ۵/۲۶ درصد گردید (Malla *et al*., 2007). اگرچه تیمار بذر با بر، خیلی آسان و یک روش مؤثر از کاربرد بر است، اما غلظت محلول ضروری است و باید قبل از کاربرد آن در مزرعه آزمایش شود و غلظت مطلوب پیدا شود (Farooq *et al*., 2012).

منگنز (Mn)

منگنز پنجمین عنصر از نظر فراوانی در پوسته کره زمین است و در طبیعت به‌صورت یک فلز آزاد وجود ندارد، بلکه در یازده حالت اکسایش یافت می‌شود که حالت‌های دو، سه، چهار و هفت رابج‌تر از همه بوده و در گیاهان حالت‌های دو، سه و چهار بیشتر دیده می‌شود و نوع دو ظرفیتی آن از نظر زیستی فعال است. منگنز یکی از عناصر ضروری و کم مصرف در تغذیه گیاهان محسوب

[۸] - Pigeon pea

می‌شود و به دلیل امکان تبدیل حالت‌های آن به یکدیگر، در واکنش‌های اکسایش و احیا نقش مهمی دارد (Marschner, 1995). منگنز (Mn) یک نقش ضروری را در متابولیسم نیتروژن، فتوسنتز و به چند شکل دیگر در سوخت و ساز گیاه بازی می‌کند (Stout and Arnon, 1939). منگنز در سیستم‌های ترکیبی گیاه مشارکت دارد. در واکنش‌های انتقال الکترون در گیاه دخیل بوده و در تولید کلروفیل نیز نقش دارد. وجود آن در فتوسیستم II که در فتولیز آب شرکت می‌نماید، ضروری به شمار می‌آید. منگنز به عنوان یک فاکتور فعال کننده در گیاه عمل می‌کند که تقریباً باعث فعال شدن سی و پنج آنزیم مختلف در گیاه می‌شود. این یون همانند یون منیزیم، قادر است ATP را با کمپلکس آنزیمی (فسفوکینازها و فسفو ترانسفرازها) پیوند دهد (سپهر، ۱۳۷۷؛ Burnell, 1988). به‌علاوه منگنز نیز برای تشکیل کربوهیدرات‌ها لازم می‌باشد (Marschner and Cakmak, 1989).

کمبود منگنز باعث تداخل در کلروزیس و در تعدادی از گونه‌ها باعث تأخیر در رسیدگی می‌شود (Park *et al*., 1999). تحت شرایط کمبود شدید منگنز، لکه‌های نکروز قهوه‌ای در برگ‌هایی که در سایه‌ی برگ‌های دیگر قرار دارند ممکن است ظاهر شود. لکه‌های سفید و خاکستری در تعدادی از برگ‌های غلات، نشانه کمبود منگنز است (Chang, 1999; Stout and Arnon, 1939).

عملکرد دانه به طور خطی با افزایش غلظت محلول پرایمینگ تا ماکزیمم محلول ۰/۲ درصد به مدت ۱۲ ساعت افزایش یافت (Khalid and Malik, 1982).

مزایای پرایمینگ

از مزایای مهم پرایمینگ کردن که در منابع به آن اشاره شده است می‌توان به شکسته شدن رکود بذر (McDonald, 2000)، کاهش زمان جوانه‌زنی، افزایش یکنواختی در جوانه‌زنی، رشد قوی‌تر گیاهچه‌های حاصل از بذرهای پرایمینگ شده، افزایش توان رقابتی در برابر علف‌های هرز، همزمانی در گلدهی و رسیدگی سریع‌تر و برتری در عملکرد حاصله (Harris *et al*., 2001) اشاره کرد.

تحقیقات انجام شده بر روی پرایمینگ بذر گیاهان زراعی با عناصر کم‌مصرف

بر اساس تحقیقات انجام شده مشخص گردید که استفاده از کود روی به صورت تیمار بذری در مناطق دچار کمبود روی و پتاسیم موجب افزایش عملکرد دانه گلرنگ شد (فنایی و همکاران، ۱۳۹۴). پرایمینگ با محلول سولفات منگنز در گیاه گلرنگ جوانه‌زنی و عملکرد را بهبود بخشید. از آنجایی که منگنز در تشکیل ایندول استیک اسید شرکت دارد و رشد گیاه را تنظیم می‌کند و برای سنتز کلروفیل ضروری است، در نتیجه استفاده از منگنز در پرایمینگ بذر سبب افزایش سطح برگ و تعداد کل برگ می‌شود (Kohnaward *et al*., 2011).

استفاده از روش پرایمینگ یکی از روش‌های بهبود کارکرد بذر و افزایش کیفیت بذر در شرایط نامساعد محیطی می باشد (Basra *et al*., 2004). فوتی و همکاران در آزمایش‌های خود بر روی جوانه‌زنی بذرهای پرایمینگ شده سورگوم (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) و گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum*) اعلام کردند که پرایمینگ می‌تواند دمای پایه را کاهش دهد. کاهش دمای پایه باعث می‌شود بذر، جوانه‌زنی خود را زودتر آغاز کند و در رقابت با علف-های هرز مؤفق باشد و تطبیق مراحل نموی و شرایط محیطی به نحو مطلوب‌تری صورت گیرد (Foti *et al*., 2002). عناصر کم‌مصرف در هنگام پرایمینگ کردن بذرها به صورت اسمزی به کار می‌روند (Singh, 2007). پرایمینگ بذر با روی می‌تواند سبز شدن گیاه، استقرار گیاه و رشد و عملکرد را بهبود بخشد. در آزمایشی، پرایمینگ بذر گیاه دارویی سرخارگل (*Echinacea purpurea*) با سولفات روی ۰/۰۵ درصد جوانه‌زنی و سبز شدن مزرعه را به ترتیب ۳۸ و ۴۱ درصد افزایش داد (Babaeva *et al*., 1999).

پرایمینگ بذر گندم در محلول CuEDTA در مقدار خیلی کم (۰/۰۴ کیلوگرم در هکتار)، از کمبود مس جلوگیری کرده و عملکرد آن را به طور قابل توجهی افزایش داد (Malhi, 2009). پرایمینگ بذر گندم (*Triticum aestivum*) و لوبیا (*Phasaeolus vulgaris* L) با سولفات روی، عملکرد را ۳۰ درصد در مزرعه افزایش داد (Harris *et al*., 2005). اهمیت روی به علت نقشی است که این عنصر در تولید هورمون

اکسین دارد. تولید این هورمون سبب افزایش سطح برگ و نهایتاً عملکرد می‌شود (Sobhi *et al*., 2011). بالا بودن مقدار روی بذر سبب افزایش قدرت رشدی آن در زمان سبز شدن و استقرار گیاهچه (Lotfollahi *et al*., 2007) و نهایتاً موجب بهبود کیفیت دانه جهت تغذیه انسان می‌گردد (Khalil, 2002). پرایمینگ بذر نخود (*Cicer arietinum*) با نیترات کبالت، به طور قابل توجهی رشد گیاه، عملکرد در غلاف، درصد مغز، وزن دانه و شاخص برداشت را افزایش داد (Raj, 1987). پرایمینگ بذر نخود با مولیبدن (۰/۵ گرم در لیتر محلول مولیبدات سدیم) به مدت ۸ ساعت نسبت به کاربرد آن در خاک، عملکرد را ۲۷ درصد افزایش داد (Khanal *et al*., 2005). در خاک‌های با کمبود مولیبدن، پرایمینگ بذر شبدر در محلول ۰/۱ درصد مولیبدات سدیم باعث بهبود رشد و عملکرد شد (Mohandas, 1985). در لوبیای سودانی (*Cajanus cajan*) پرایمینگ بذر با نیترات کبالت، به‌طور قابل‌توجهی ارتفاع گیاه، تعداد برگ و شاخه، تجمع ماده خشک و عملکرد دانه را افزایش داد (Raj, 1987).

پرایمینگ بذر ذرت (*Zea mays*) با سولفات مس ۰/۱ درصد به مدت ۲۴ ساعت استقرار گیاه را تا ۴۳ درصد نسبت به شاهد افزایش داد (Foti *et al*., 2008). در آزمایش دیگری روی بلوط (*Quercus brantii*)، پرایمینگ بذر با مس (۰/۰۰۱ محلول $CuSo_4$) تأثیر روی جوانه‌زنی نداشت اما تعداد دانه‌های هر خوشه و وزن دانه افزایش یافت و در نتیجه عملکرد تا ۱۶/۵۳ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت (Saric and Saciragic, 1969). در برنج (*Oryza sativa*) بهبود قابل‌توجهی در سبز شدن بذر که در محلول ۰/۰۰۱ و ۰/۰۱ درصد بر قرار داده شده بود، مشاهده شد (Rehman *et al*., 2012). در مطالعه‌ای مشخص شد که عملکرد بذر و اسانس زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) در پرایمینگ بذر با آهن، روی، منگنز، بر، مولیبدن در مناطق نیمه‌خشک و سرد بهبود یافت (Mirshekari and Mirmozaffari Roudsari, 2013). در آزمایشی بر روی هویج وحشی (*Daucus carota* L.) مشاهده شد که بالاترین درصد سبز شدن، سرعت سبز شدن و شاخص قدرت در پرایمینگ بذر با محلول ۱/۵ درصد روی و میانگین بالاترین طول ساقه‌چه و ریشه‌چه در به‌کار بردن محلول ۱/۵ درصد و ۲ درصد منگنز به‌دست آمد (Munawar *et al*., 2013). اقلیم خشک و نیمه‌خشک و همچنین کمبود عناصر کم‌مصرف در خاک‌های زراعی استقرار گیاه‌چه را با مشکل عوامل زنده و غیرزنده روبه‌رو ساخته است. هدف از اجرای این تحقیق نیز بررسی تأثیر پرایمینگ بذر با عناصر کم‌مصرف بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه وعملکرد گلرنگ می‌باشد.

منابع

Afshar, H., Ghanbari, A., Daneshian, J., Hamidi, A. and Emam Jomme, A.A. 2008. Investigation of effect of fungi and Plant Growth Promoting Rhizobacteria on germination and seed quality traits of soybean stressed plants. Thesis for M.Sc Degree in Agronomy Science, University of Zabol. (In Persian((**Thesis(**

Alahdadi, I., Tajik, M., Iran-nejad, H. and Armandpisheh, O. 2009. The effect of biofertilizer on soybean seed vigor and field emergence. Journal of Food, Agriculture and Environment, 7 (3&4(: 420 - 426. **(Journal(**

Alborz Province Meteorology Office Scientific Gazette, 2014. Long term Alborz province weather almanac. Alborz Province Meteorology Office Scientific Gazette.

Antoun, H., Beauchamp, C.J., Goussard, N., Chabot, R. and Lalande, R. 1998. Potential of *Rhizobium* and *Bradyrhizobium* species as plant growth promoting rhizobacteria on non-legumes: effect on radish (*Raphanus sativus* L.(. Plant and Soil, 204: 57-67. **(Journal(**

Askari Dermanaki, V., Hamidi, A., Tohidloo, G. and Gazor, H.R. 2013. Effect of fluidized-bed drying method on seed vigor of two soybean cultivars by cold test. Iranian Journal of Seed Science and Technology, 2(2(: 219-228. (In Persian((**Journal(**

Blum, A. 2005. Drought resistance, water-use efficiency, and yield potential—are they compatible, dissonant, or mutually exclusive? Australian Journal of Agricultural Research, 56: 1159–1168. **(Journal(**

Divsalar, M., Tahmasbi Sarvestani, Z., Modares Sanavi, S.A.M. and Hamidi, A. 2016. The evaluation of drought stress impact as irrigation withholding at reproductive stages on quantitative and qualitative performance of soybean cultivars. Agricultural Crop Management (Journal of Agriculture(, 18(2(: 481-493. (In Persian((**Journal(**

Dorenbos, D.L., Mullen, R.E. and Shibles, R.M. 1989. Drought stress effects during seed fill on soybean seed germination and vigor. Crop Science, 29: 476-480. **(Journal(**

Ghassemi-Golezani, K., Lotfi, R. and Norouzi, M. 2012. Seed quality of soybean cultivars affected by pod position and water stress at reproductive stages. International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences, 2(2(: 119-125. **(Journal(**

Ghassemi-Golezani, K. and Ghassemi, S. 2013. Effects of water supply on seed development and quality of chickpea cultivars. Plant Breeding and Seed Science, 67: 37-44. **(Journal(**

Gibbs, W.J. 1975. Drought its definition, delineation and effects in drought. Special Environmental Report. World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, 5: 1 – 39. **(Book(**

Hadi, H., Daneshian, J., Zarghami, R., Hamidi, A. and Asgharzadeh, A. 2008. Study of seed inoculation by plant growth promoting rhizobacteria on seed quality of soybean seed cultivars. Thesis for M.Sc Degree in Agronomy Science, Islamic Azad University, Varamin (Pishva(Branch, Varamin, Iran. (In Persian((**Thesis(**

Hadi, H., Daneshian, J., Asgharzadeh, A., Hamidi, A., Jonoubi, P., Ghooshchi, F. and Nasri, M. 2009. Effect of free and symbiotic nitrogen fixing bacterial co-inoculation on seed and seedling of soybean seeds produced under deficit water condition. Journal of Agroecology, 1:(1(: 53-64. (In Persian((**Journal(**

Hadi, H., Daneshian, J., Hamidi, A., Asgharzade, A. and Zarghami, R. 2010a. Effect of rhizobacteria on seedling characteristics of seeds produced under deficit irrigation. Agronomy Journal (Pajouhesh and Sazandegi(, 86: 42-50. (In Persian((**Journal(**

Hadi, H., Daneshian, J. Hamidi, A. and Jonoubi, P. 2010b. Relationship between laboratory seed characteristics and seedling emergence of soybean cultivar seeds produced under limited irrigation (Short Technical Report(. Electronic Journal of Crop Production, 3(1(: 199-208. (In Persian((**Journal(**

Hadi, H., Asgharzadeh, A. Daneshian, J. and Hamidi, A. 2011. Effect of soybean co-inoculation with *Bradyrhizobium japonicum* and *Azotobacter chroococcum* and the seeds produced under drought stress on nodule and plant characteristics. Iranian Journal of Soil Research (Soil and Water Science(, 24(2(: 165-177. (In Persian((**Journal(**

Hamidi, A., Ghalavand, A., DehghanShoar, M. and Malakuti, M.J. 2005. Agroecological aspects of biofertilizers application on grain and silage fodder yield of late maturity Maize (*Zea mays* L.(hybrids. Dissertation for Ph.D. Degree in Agronomy (Agroecology(, Faculty of Agriculture, University of Tarbiat Moddares, Tehran. (In Persian(**(Thesis(**

Hamidi, A., Asgharzadeh, A., Chaokan, R. and Khalvati, M.A., 2011. Maize (*Zea mays* L.(seed biofortification by plant growth promoting bacteria (PGPB(. International Journal of Agronomy and Plant Production, 2 (5(: 194-205. **(Journal(**

Hamidi, A. and Gazor, H.R. 2014. Investigation of fluidizing in drying process on soybean (*Glycine max* (L.(Merr.(seed germination and vigour. Seed and Plant Certification and Registration Institute (SPCRI(, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREO(, Ministry of Jihad-e-Agriculture, Agricultural Scientific Documents and Information Center, Reg. (In Persian(

Hamidi, A. 2016. Effect of initial seed moisture content and quality of soybean seed cv. Williams on storability. Seed and Plant Certification and Registration Institute(SPCRI(, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREO(, Ministry of Jihad-e-Agriculture, Agricultural Scientific Documents and Information Center, Reg. (In Persian(

Hamidi, A. 2017. Investigation of effective factors on decreasing of Soybean (*Glycine max* L.(seed germination quality and seedling vigor in Ardabil Province (Moghan region(. Seed and Plant Certification and Registration Institute (SPCRI(, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREO(, Ministry of Jihad-e-Agriculture, Agricultural Scientific Documents and Information Center, Reg. (In Persian(

Hobbs, E.H. and Muendel, H.H. 1983. Water requirements of irrigated soybeans in southern Alberta. Canadian Journal of Plant Science, 63: 855-860. **(Journal(**

Isazadeh Hajagha, R., Kirici, S., Tabrizi, L., Asgharzadeh, A. and Hamidi, A. 2017. Evaluation of growth and yield of purple coneflower (*Echinacea purpurea* L.(in response to biological and chemical fertilizers. Journal of Agricultural Science, 9(3(: 160-171. (In Persian(**(Journal(**

ISTA, 2013. Handbook for seedling evaluation (3rd Ed.(. International Seed Testing Association (ISTA(, Zurich, Switzerland. **(Handbook(**

ISTA, 2015. International rules for seed testing. International seed testing association (ISTA(, Zurich, Switzerland. **(Handbook(**

Khoddamazadeh, A.A., Daneshian, J. and Hamidi, A. 2007. Study of drought stress ecophysiological effect on seed and plant characteristics of soybean (*Glycine max*(L.(Merr.(cultivars and lines. Islamic Azad University, Varamin (Pishva(Branch, Varamin, Iran. (In Persian(**(Thesis(**

McQuilken, M.P., Halmer, P. and Rhodes, D.J. 1998. Application of microorganisms to seeds. In: Formulation of microbial biopesticides: beneficial microorganisms, nematodes and seed treatments, Burges, H. D., ed. Pp: 255-285. Kulwer Academic Publishers, The Netherlands. **(Book(**

Mehravar, M., Satei, A., Hamidi, A., Ahmadi, M. and Salehi, M. 2014. Accelerated ageing effect on lipid peroxidation and antioxidant enzymes activity of two soybean cultivars. Iranian Journal of seed Science and Technology, 3(1(: 17-30. (In Persian(**(Journal(**

Pasandideh, H., Seyed Sharifi, R., Hamidi, A., Mobasser, S. and Sedghi, M. 2014. Relationship of seed germination and vigour indices of commercial soybean (*Glycine max* (L.(Merr.(cultivars with seedling emergence in field. Iranian Journal of Seed Sciences and Research, 1(1(: 28-50. (In Persian(**(Journal(**

Sadeghi, H., Heidari Sharif Abad, H., Hamidi, A., Nour Mohammadi, G. and Madani, H. 2014a. Effect of planting management on soybean agronomic traits. International Journal of Biosciences (IJB(, 4(5(: 85-91. **(Journal(**

Sadeghi, H., Heidari Sharif Abad, H., Hamidi, A., Nour Mohammadi, G. and Madani, H. 2014b. Influence of canopy temperature during soybean seed filling on seed germination and vigor. International Journal of Biosciences (IJB(, 5(9(: 174-180. **(Journal(**

Sadeghi, H., Heidari Sharifabad, H., Hamidi, A., Nourmohammadi, G. and Madani, H. 2015. Effect of planting date and plant density on net photosynthesis, stomatal conductance, leaf chlorophyll index and grain yield of soybean in Meghan and Karaj areas. Journal of Plant Ecophysiology, 7(23(: 85-94. (In Persian(**(Journal(**

Sadeghi, H., Heidari Sharifabd, H., Hamidi, A., Noormohammadi, G. and Madani, H. 2016a. Effect of canopy temperature on protein and sugar soluble content, oil and yield of soybean in Karaj and Moghan areas. Agricultural Crop Management (Journal of Agriculture(, 17(4(: 1003-1014. (In Persian((**Journal(**

Sadeghi, H., Heidari Sharifabad, H., Hamidi, A., Nourmohammadi, G. and Madani, H. 2016b. Effect of harvesting time and drying temperature on soybean seed quality. Iranian Journal of Seed Research, 2(2(: 85-97. (In Persian((**Journal(**

Sekia, N. and Yano, K. 2002. Water acquisition from rainfall and ground water by legume developing deep rooting systems determined with stable hydrogen isotope composition of xylem waters. Field Crops Research, 78: 133–139. **(Journal(**

Sharma, K.K., Singh, U.S., Sharma, P., Kumar, A. and Sharma, L. 2015. Seed treatments for sustainable agriculture-A review. Journal of Applied and Natural Science, 7(1(: 521–539. **(Journal(**

Sheidaei, S., Heidari Sharif Abad, H., Hamidi, A., Nour Mohammadi, G. and Moghaddam, A. 2014a. Evaluation of soybean seed quality under long term storage. International Journal of Biosciences (IJB(, 5(3(: 214-219. **(Journal(**

Sheidaei, S., Heidari Sharif Abad, H., Hamidi, A., Noor Mohammadi, G. and Moghaddam, A. 2014b. Relationship between laboratory indices of soybean seed vigor with field emergence and yield. International Journal of Biosciences (IJB(, 5(12(: 281-287. **(Journal(**

Sheidaei, S., Heidari Sharif Abad, H., Hamidi, A., Nour Mohammadi, G. and Moghaddam, A. 2016. Effect of storage condition, initial seed moisture content and germination on soybean seed deterioration. Iranian Journal of Seed Research, 2(2(: 31-45. (In Persian((**Journal(**

Smiciklas, K.D., Mullen, R.E., Carlson, R.E. and Knapp, M. 1989. Drought induced stress effect on soybean seed calcium and quality. Crop Science, 29: 1519-1522. **(Journal(**

Tajik, M., Alahdadi, I., Daneshian, J., Iran nezhad, H. and Hamidi, A. 2008a. Biofertilizer effect on qualitative characteristics of soybean seed cultivars produced in water deficit stress condition. University of Tehran, Aboureyhan Campus, Faculty of Plant Animal Science, Karaj, Iran. (In Persian((**Thesis(**

Tajik, M., Alahdadi, I., Daneshian, J., Iran nezhad, H., Hamidi, A. and Jabbari, H. 2008. Consequense of application some of biofertilizers on improvement of the soybean *Glycine max* (L.(Merr. seed vigour produced under water deficit condition. Agricultural Research (Water, Soil and Plant in Agriculture(, 7(4(: 13-27. (In Persian((**Journal(**

Tajik, M., Alahdadi, I., Daneshian, J., Iran Nezhad, H., Hamidi, A., Akbari, G. and Naeemi, M. 2009. Effect of biofertilizer on qualitative characteristics of soybean seed cultivars produced under water deficit stress conditions. Journal of Agricultural Science and Natural Resources, 15(6(: 84-93. (In Persian((**Journal(**

Tavares, L.C., Rufino, C.A., Tunes, L.M. and Albuquerque Barros, A.C.S. 2011. Performance of soybean plants originated from seeds of high and low vigor submitted to water deficit. Journal of Horticulture and Forestry. 3(4(: 122-130. **(Journal(**

Van Gastel, A.J.G., Pagnotta, D.M. and Porceddu, E. 1996. Seed Science and Technology. ICARDA, Aleppo, Syria. **(Book(**

Vaseei Kashani, S.M., Hamidi, A., Heidari Sharifabad, H. and Daneshian, J. 2015. Effect of matrix priming on some germination traits improvement of three commercial soybeans (*Glycine max* (L.(Merril(cultivars seeds grew by limited irrigation conditions. Iranian Journal of Seed Science and Research, 2(1(: 1-14. (In Persian((**Journal(**

Vieira, R.D., TeKrony, D.M. and Egli, D.B. 1992. Effect of drought and defoliation stress in the field of soybean seed germination and vigor. Crop Science, 32: 471-475. **(Journal(**

Effect of nutripriming on seed germination percentage and seedling stablishment of crop

Seyed MohammadReza Ehteshami[*1], Hadi KianiNezhad[2]

Received: October 14, 2015 Accepted: November 22, 2015

Abstract

In order to investigate the effect of seed priming with micronutrients on germination indices, seedling establishment, grain yield and yield components of safflower (Cartamus tinctorius L.) a field experiment was conducted in agronomy laboratory of Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan and personal farm of Ilam province during the growing season of 2015. The experiment was arranged based on a factorial arrangements in randomized complete block design with 13 treatments and three replications. The factors were involved priming with micronutrients (Zinc sulfat 4 mM), (Manganes sulfat 4 mM) and (Boric acid 8 mM) and the time of priming (12, 24, 36 and 48 h) along with control without priming. The results showed seed priming with micronutrients had significant effect on all traits. The highest of seedling stablishment percentage and seedling emergences rate in the farm and too the highest amount of oil percent, harvest index, the lowest period of planting until flowering showed in seed priming with manganese sulfate for 12 h. The highest of leaf area index, dry weight in flowering stage, weight of thousand seeds, No. boll per plant, and seeds yield showed in seed priming with manganese sulfate for 24 h. The highest No. seeds in boll, biological yield and seed concentration protein showed in seed priming with zinc sulfate for 24 h. The highest amount of Alpha Amilas activity showed in seed priming with manganese sulfate for 12 h. The highest concentration of zinc, managanes and boron in seed obtained in priming with zinc sulfat for 36 hours, manganes sulfat for 24 hours and boric acid for 24 hours respectively. In addition with respect to result, its seems seed priming with micronutrients especially zinc and manganese in 12 and 24 hours is a suitable method to increase the yield and yield components and also quality traits of safflower seed is Faraman cultivar.

Key words: MicroNutrients; Enzymes; Priming; Seed Vigour

1. Faculty member, Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran
2. MSc. of Seed Science and Technology
*Corresponding author: smrehteshami@yahoo.com