"نشریه علوم و فناوری بذر ایران"
جلد چهارم، شماره ۱، بهار و تابستان ۹۴
شماره صفحه: ۳۸- ۲۷

# بهبودجنبه‌های فیزیولوژیک بذرسیاهدانه (*Nigella sativa* L.) در خاک آهکی: نقش مقدار فسفر بذر تحت تأثیر تغذیه بوته مادری

سید محمد سیدی*[۱]، پرویز رضوانی‌مقدم[۲]، محمد خواجه حسینی [۳] و حمید شاهنده [۴]

۱، ۲ ، ۳، ۴ بترتیب دانشجوی دکترای اکولوژی گیاهان زراعی، استاد و دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد و استاد گروه علوم خاک و گیاه دانشگاه تگزاس امریکا

## چکیده

به منظور ارزیابی برخی جنبه‌های فیزیولوژیک بذر سیاهدانه در واکنش به فراهمی فسفر در خاک آهکی، آزمایشی در سال ۹۲-۱۳۹۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. منابع اصلاح کننده خاک آهکی (شامل ورمی کمپوست (V) + باکتری *تیوباسیلوس*(T)، گوگرد (S) + T، V+S+T و شاهد) در کنار سطوح فسفر (صفر، ۳۰ و ۶۰ کیلوگرم در هکتار از منبع فسفات دی آمونیوم) به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی به ترتیب عامل اول و دوم آزمایش در نظر گرفته شدند. جهت ارزیابی بنیه بذر در واکنش به تغذیه فسفر در بوته مادری از آزمون REاستفاده شد که طبق نتایج این آزمون، درصد جوانه‌زنی در روز چهارم به عنوان ارزیابی بنیه بذر سیاهدانه تعیین شد. نتایج نشان داد که کاربرد منابع اصلاح کننده خاک (V+T، S+T و V+S+T)، مقدار فسفر در پوسته، درصد فسفر پوسته به کل فسفر بذر و متوسط زمان جوانه‌زنی را به طور معنی‌دار کاهش داد. کاربرد V+S+T در مقایسه با شاهد منجر به کاهش مقدارفسفردرپوسته و متوسط زمان جوانه‌زنی به ترتیب تا ۱۸، ۱۰ درصد شد. از سویی دیگر، کاربرد تیمارهای ذکر شده منجر به افزایش معنی‌دار وزن هزار دانه، بنیه بذر، مقدار فسفر در جنین و در بذر شد. بین وزن هزار دانه و غلظت فسفر در پوسته بذر نیز ارتباط منفی وجود داشت (**$R^2$=۰/۶۶). به نظر می‌رسد که در شرایط محدودیت فسفر خاک، گیاه مادری از طریق تخصیص بیشتر فسفر به پوسته، ترجیح می‌دهد به جای افزایش بنیه، بذرهایی با دوام بالاتر تولید کند.

**کلمات کلیدی**: آزمون RE، بنیه بذر، فسفر بذر، متوسط زمان جوانه‌زنی.

### مقدمه

کیفیت بذر از مهم‌ترین عوامل در استقرار گیاه‌چه‌ها و در نتیجه عملکرد گیاهان زراعی می‌باشد (Krueger *et al*., 2013; Sawan *et al*., 2011) که تحت تأثیر چهار عامل خلوص، سلامت، جوانه‌زنی و بنیه بذر قرار دارد (Koochehi and Khajeh-Hosseini, 2008). در بین عوامل ذکر شده، جوانه‌زنی و بنیه به عنوان جنبه‌های فیزیولوژیکی بذر شناخته می‌شوند. به طور کلی رابطه مستقیمی بین جوانه‌زنی در شرایط کنترل شده با بنیه بذر و در نتیجه سبز شدن در شرایط مزرعه وجود دارد (Bishnoi *et al*., 2007)؛ با این وجود، این رابطه همواره دارای همبستگی بالایی نمی‌باشد. شرایط تغذیه‌ای گیاه مادری و سرعت پیری یا اضمحلال بذر (که خود تحت تأثیر شرایط رشد گیاه

*نویسنده مسئول: سید محمد سیدی، آدرس: مشهد، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
E-mail: se.seyyedi@stu-mail.um.ac.ir
تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۷/۲۵
تاریخ تصویب: ۱۳۹۳/۱۲/۱۳

Archive of SID
www.SID.ir

مادری است)، باعث تفاوت بین جوانه‌زنی و سبز شدن یک توده بذری شده و هر چه شرایط تغذیه‌ای گیاه مادری نامطلوب‌تر باشد، به دلیل تولید گیاه‌چه‌های ضعیف‌تر و غیر طبیعی، این تفاوت بیشتر می‌شود(Koochehi and Khajeh-Hosseini, 2008).

افزایش حلالیت فسفر در خاک و غلظت فسفر بذر، از مهم‌ترین عوامل در بهبود جنبه‌های فیزیولوژیک بذر به شمار می‌روند (Modi, 2002; Sawan *et al*., 2011)؛ به طوری که کاهش میزان فسفر یا حلالیت پایین این عنصر در خاک می‌تواند بر شاخص‌های فیزیولوژیکی بذرهای تولیدی تاثیر منفی داشته باشد(Sawan *et al*., 2011).در این ارتباط، نقش ویژه این عنصر در بهبود جوانه زنی و بنیه بذر در گیاهانی مانند سویا (Bishnoi *et al*., 2007)، و لوبیا (Pacheco *et al*., 2012) به اثبات رسیده است. ساستری و همکاران (Sasthri et al., 2001) نیز افزایش معنی‌دار سرعت جوانه زنی، طول ریشه‌چه و نیز بنیه بذرهای تولید شده توسط بوته‌های مادری در پنبه را در نتیجه کاربرد فسفرگزارش نمودند.طبق یافته های هردلیککواوهمکاران(Hrdlickova et al., 2011) نیز کاهش جذب فسفر توسط گیاه ترشک (*Rumex obtusifolius*) می‌تواند علاوه بر تولید بذوری با غلظت پایین‌تر فسفر، منجربه کاهش قابلیت جوانه زنی این بذور شود. فسفر در بذرهای گیاهان زراعی عمدتاً به شکل فیتات یا اسید فیتیک[1] ذخیره می‌شود( Lickfett *et al*., 1999; Blair *et al*., 2009). محتوی اسید فیتیک در بذرهایگیاهان زراعی تحت تأثیر ژنوتیپ و عوامل محیطی بوده و با مقدار فسفر قابل دسترس خاک همبستگی مثبت دارد. به عبارتی دیگر، از مهم‌ترین عوامل محیطی و تأثیرگذار بر مقدار فسفر بذر، فراهمی فسفر قابل جذبدر خاک می‌باشد( Raboy, 2009).

سیاهدانه (*Nigellasativa* Linn.) گیاهی دارویی است که در مناطق نیمه خشک کشور کشت می‌شود(Ghamarnia *et al*., 2010). به دلیل آهکی بودن خاک در بیشتر مناطق خشک و نیمه خشک کشور و در نتیجه حلالیت پایین فسفر خاک در این مناطق (Kariminia and Shabanpour, 2002; Doroudian*et al*., 2010) و نیز با توجه به تأثیر مستقیم فسفر بر مکانیسم رشد زایشی و عملکرد سیاهدانه (Mohamed*et al*., 2000; Tuncturk*et al*., 2011)، برخی عوامل موثر در افزایش حلالیت و جذب فسفر در یک خاک آهکی مانند کاربرد گوگرد و اکسایش بیولوژیک آن ( Kariminia and Shabanpour, 2002)در کنار مصرف منابع آلی مانند ورمی کمپوست (Mohammady-Aria *et al*., 2010) ممکن است بتواند در بهبود جنبه‌های فیزیولوژیک بذر سیاهدانه موثر باشد.در این ارتباط، رضوانی مقدم و سیدی (Rezvani Moghaddam and Seyyedi, 2014) به نقش معنی دار کاربرد کمپوست، ورمی کمپوست و گوگرد در افزایش درصد فسفر در بذرهای سیاهدانه اشاره نمودند.

بر این اساس،پژوهش حاضر با هدف بررسی نقش عوامل موثر در افزایش فراهمی فسفر و تاثیر آن در بهبود جوانه زنی و بنیه بذرهای حاصل از بوته مادری سیاهدانه در شرایط کشت در خاک آهکی انجام شد.

## مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در مزرعه تحقیقاتی

1. Phytate, the salt of phytic acid, myoinositol-hexakisphosphate (IP6)

Archive of SID
www.SID.ir

دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. با اجرای یک پیش آزمایش، اصلاح کننده‌های خاک آهکی (شامل ورمی کمپوست (V) + باکتری *تیوباسیلوس*[1] (T)، گوگرد (S) + T، V+S+T و شاهد) و سه سطح کاربرد فسفر (صفر، ۳۰ و ۶۰ کیلوگرم در هکتار از منبع دی آمونیوم فسفات) به ترتیب به عنوان عامل اول و دوم آزمایش انتخاب شدند. باتوجه به کمبود فسفر در این خاک براساس نتایج آزمون خاک، مقادیر لازم فسفر تعیین و به عنوان سطوح تیمار فسفر، استفاده گردید. قابل ذکر است که حد بحرانی فسفر در خاک های آهکی ایران بر اساس گزارش موسسه تحقیقات خاک وآب بین ۱۲ تا ۱۵ میلی گرم درکیلوگرم گزارش شده است (Malakoti and Tehrani, 1999).

در اواخر اسفند ماه سال ۱۳۹۱، پس از آماده سازی زمین مورد نظر (جدول ۱)، کرت‌هایی با ابعاد ۳ × ۲ متر (۶ متر مربع) ایجاد شد. فاصله کرت‌ها و پشته‌ها از یکدیگر ۰/۵ و فاصله بلوک‌ها نیز از یکدیگر یک متر در نظر گرفته شد.

سه سطح کاربرد فسفر (صفر، ۳۰ و ۶۰ کیلوگرم در هکتار از منبع دی آمونیوم فسفات) به گونه ای تعیین شد تا در دامنه حد پایین‌تر و بالاتر از نیاز سیاهدانه به فسفر باشد. از سویی دیگر، به دلیل پایین بودن کربن آلی و نیز pH بالای خاک محل مورد آزمایش، ورمی کمپوست به میزان ۰/۵ درصد وزن خاک (معادل ۱۰ تن ورمی کمپوست در هکتار) و کود گوگرد (به صورت گوگرد عنصری میکرونیزه) نیز به میزان یک درصد وزن خاک (۲۰ تن گوگرد در هکتار) همراه با باکتری *تیوباسیلوس* و نیز کود دی آمونیوم فسفات در یک مرحله پیش از کاشت استفاده شدند. به دلیل استفاده از کود دی آمونیوم فسفات، که در واقع کود فسفر توصیه شده در خاک‌های آهکی می‌باشد (Mazaheri and Majnon Hoseini, 2007)، و در نتیجه متفاوت بودن نیتروژن اعمال شده به کرت‌ها، به تیمارهای سطح صفر، ۳۰ و ۶۰ کیلوگرم فسفر در هکتار، به ترتیب ۶۰، ۳۰ و صفر کیلوگرم در هکتار نیتروژن از منبع اوره اضافه شد تا به تمامی کرت‌ها نیتروژن مساوی داده شود. همچنین در دو مرحله ۴ تا ۶ برگی و پیش از گل‌دهی، کود نیتروژن به صورت سرک (هر مرحله ۳۰ کیلوگرم در هکتار) به تمامی کرت‌ها اعمال گردید.

عملیات کاشت سیاهدانه (توده سمیرم اصفهان) در طرفین پشته‌های هر کرت در بیست و ششم اسفند ماه ۱۳۹۱ انجام گرفت. اولین آبیاری بلافاصله بعد از کاشت و سایر آبیاری‌ها به صورت هفته ای یک بار و تا زمان رسیدگی فیزیولوژیک انجام گرفت. در طول مراحل انجام این آزمایش نیز از هیچ‌گونه علف‌کش و یا آفت‌کش شیمیایی استفاده نگردید. از بذرهای تولید شده در این مرحله جهت اجرای آزمایش زیر استفاده شد:

با تولید بذر سیاهدانه در شرایط مزرعه‌ای و عدم وجود خواب در بذور، شاخص‌های فیزیولوژیکی بذر سیاهدانه در چهار تکرار ارزیابی گردید. در این مرحله شاخص‌هایی مانند درصد و متوسط زمان جوانه زنی، بنیه بذر، وزن هزار دانه، نسبت وزن پوسته به جنین و غلظت فسفر در هر سه اندام پوسته، جنین و بذر (توسط دستگاه Spectrophotometer, JENWAY، مدل ۴۵۱۰) تعیین شد. (Moraghan and Grafton 2002).

1. *Thiobacillus* bacteria

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- برخی خصوصیات شیمیایی خاک مزرعه مورد استفاده در آزمایش

Table 1- Some chemical properties of field soil used in experiment

| شاخص های خاک<br>Soil properties | مقادیر<br>Value | روش اندازه گیری<br>Method of measure |
|---|---|---|
| کربن آلی (درصد)<br>OC (%) | 0.23 | والکی و بلک<br>Walkley and Black |
| pH | 8.39 | مک لین<br>Mc Lean |
| هدایت الکتریکی(دسی زیمنس بر متر)<br>EC ($dSm^{-1}$) | 0.75 | مک لین<br>Mc Lean |
| کربنات کلسیم (درصد)<br>$CaCo_3$ (%) | 11.17 | جکسون و باراک<br>Jackson and Barak |
| فسفر قابل جذب (میلی گرم بر کیلوگرم)<br>Available P ($mg\ kg^{-1}$) | 10.59 | اولسن<br>Olsen |

جهت جدا نمودن پوسته از جنین، بذرها به روش تجربی (جهت تعیین کوتاه‌ترین و در عین کارآمدترین زمان جهت حداکثر تفکیک اندام‌ها) به مدت یک ساعت در آب خیسانده شدند و پس از جدا شدن، به مدت ۲۴ ساعت در آون قرار گرفتند. تعیین کوتاه ترین زمان به این علت بود که ممکن است با افزایش زمان خیساندن بذرها و در طی فرآیند جذب آب به درون اندام‌های بذر، فسفر از پوسته به جنین منتقل شود. همچنین جهت تعیین درصد جوانه-زنی (ISTA, 2012) و متوسط زمان جوانه‌زنی (Khajeh-Hosseini *et al*., 2009) بذرهای حاصل از بوته‌های مادری به مدت ۱۴ روز و در دمای ۲۵ درجه سیلسیوس در ژرمیناتور قرار گرفتند. بنیه بذرها نیز بر اساس آزمونRE[1](از روز سوم پس از شروع آزمون جوانه زنی تا زمان ثابت شدن تعداد بذرهای جوانه زده یا روز دهم) تعیین شد(ISTA, 2012).

تجزیه آماری داده‌های آزمایش با نرم افزار SAS 9.1و Mstat-C انجام شد. میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) و در سطح احتمال پنج درصد مورد مقایسه آماری قرار گرفتند.

## نتایج و بحث

### تعیین بنیه بذر بر اساس آزمونRE

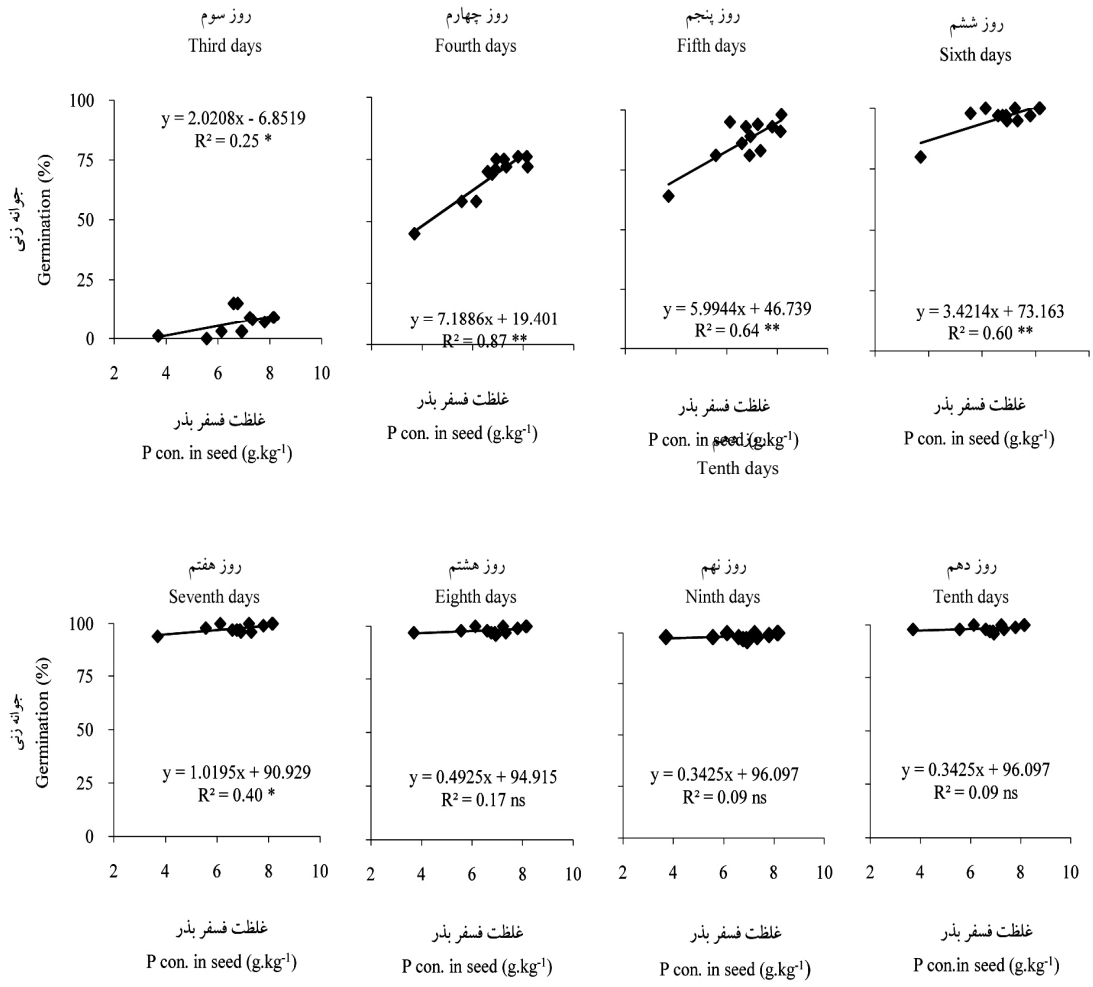
جهت ارزیابی بنیه بذر های تشکیل شده روی بوته مادری سیاهدانه تحت تأثیر فراهمی فسفر از آزمون RE استفاده شد (شکل ۱).

بر اساس نتایج این آزمون، ارتباط مثبت و معنی-داری بین غلظت یا مقدار فسفر بذر(بر حسب گرم بر کیلوگرم) با درصد جوانه‌زنی از روز سوم تا هفتم(از زمان کاشت)به دست آمد و پس از روز هفتم این ارتباط معنی‌دار نبود (شکل ۱). در بین روزهای سوم تا هفتم نیزبیشترین ارتباط بین درصد جوانه‌زنی با غلظت فسفر بذر در روز چهارم به دست آمد($R^2$=۰/۶۶**) که بر طبق آزمون RE، درصد جوانه‌زنی در روز چهارم به عنوان آزمون ارزیابی بنیه بذر سیاهدانه تعیین شد.

1. Radicle emergence test

Archive of SID

www.SID.ir




شکل ۱- ارزیابی آزمون بنیه بذر (آزمون RE) سیاهدانه بر اساس غلظت فسفر بذر در بوته مادری

Fig. 4. Evaluation of seed vigor (RE test) of black seed affecting by seed P concentration in mother plant.

**شاخص‌های مرتبط با کیفیت بذر**

بر اساس نتایج جدول ۲، به جز درصد جوانه‌زنی، سایر شاخص‌های مرتبط با کیفیت بذر سیاهدانه تحت تأثیر اثر مقدار فسفر و منابع اصلاح کننده خاک قرار گرفت. همچنین اثرات متقابل مقدار فسفر و منابع اصلاح کننده خاک بر مقدار فسفر در جنین و در بذر، متوسط زمان جوانه‌زنی و بنیه بذر سیاهدانه معنی-دار بود (جدول ۲).

بر اساس نتایج آزمایش، مقادیر کاربرد کود فسفر (سطوح ۳۰ و ۶۰ کیلوگرم در هکتار) نقش موثری در افزایش معنی دار وزن هزار دانه سیاهدانه داشتند (جدول ۲). همچنین هر سه منبع اصلاح کننده خاک (V+T، S+T و V+S+T) در مقایسه با شاهد منجر به افزایش معنی‌دار وزن هزار دانه سیاهدانه شدند (جدول ۲). در بین منابع کودی ذکر شده نیز کاربرد تلفیقی ورمی کمپوست همراه با اکسایش گوگرد (V+S+T) در مقایسه با شاهد نقش بیشتری در افزایش وزن هزار دانه سیاهدانه (تا ۱۴/۳ درصد) داشت (جدول ۲).

www.SID.ir

جدول ۲- اثرات مقدار فسفر و منابع اصلاح کننده خاک بر شاخص‌های مرتبط با کیفیت بذر سیاهدانه در آزمایش

Table 2- Effects of phosphorus rate and soil amendment sources on some seed quality characteristics of black seed in the experiment

| مقدار فسفر در بذر (گرم بر کیلوگرم) P concentration in seed ($g.kg^{-1}$) | مقدار فسفر در جنین (گرم بر کیلوگرم) P concentration in embryo ($g.kg^{-1}$) | مقدار فسفر در پوسته (گرم بر کیلوگرم) P concentration in coat ($g.kg^{-1}$) | درصد وزن جنین به کل بذر Percentage of embryo to seed | درصد وزن پوسته به کل بذر Percentage of coat to seed | نسبت وزن پوسته به جنین Coat / embryo ratio | وزن هزار دانه (گرم) 1000 seed weight (g) | منابع اصلاح کننده خاک Soil amendment sources | مقدار فسفر (کیلوگرم در هکتار) P rate ($Kg.ha^{-1}$) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5.80 | 6.23 | 2.71 | 87.12 | 12.88 | 0.15 | 2.24 | - | 0 |
| 6.98 | 7.61 | 2.44 | 87.51 | 12.49 | 0.14 | 2.33 | - | 30 |
| 7.54 | 8.24 | 2.32 | 88.14 | 11.86 | 0.13 | 2.44 | - | 60 |
| 0.41 | 0.46 | 0.17 | 0.60 | 0.60 | 0.008 | 0.14 | | LSD = 0.05 |
| 5.39 | 5.80 | 2.72 | 86.15 | 13.85 | 0.16 | 2.17 | C * | - |
| 7.21 | 7.84 | 2.37 | 88.44 | 11.56 | 0.13 | 2.39 | V+T | - |
| 6.80 | 7.42 | 2.58 | 87.23 | 12.77 | 0.15 | 2.32 | S+T | - |
| 7.69 | 8.39 | 2.29 | 88.54 | 11.46 | 0.13 | 2.48 | V+S+T | - |
| 0.47 | 0.53 | 0.20 | 0.69 | 0.69 | 0.009 | 0.16 | LSD = 0.05 | - |

**جدول ۲- ادامه**

Table 2- Continued

| آزمون بنیه بذر (آزمون RE) (درصد) Radicle emergence (RE) test (%) | متوسط زمان جوانه‌زنی (روز) Mean germination time (day) | جوانه‌زنی (درصد) Germination (%) | درصد فسفر جنین به کل بذر P percentage of embryo to seed | درصد فسفرپوسته به کل بذر P percentage of coat to seed | منابع اصلاح کننده خاک Soil amendment sources | مقدار فسفر (کیلوگرم در هکتار) P rate ($Kg.ha^{-1}$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 60.50 | 4.50 | 98.25 | 93.19 | 6.81 | - | 0 |
| 70.00 | 4.32 | 98.50 | 95.46 | 4.54 | - | 30 |
| 73.75 | 4.32 | 98.50 | 96.29 | 3.71 | - | 60 |
| 4.94 | 0.08 | 1.93 | 0.50 | 0.50 | | LSD = 0.05 |
| 58.00 | 4.70 | 97.67 | 92.12 | 7.88 | C * | - |
| 73.67 | 4.25 | 99.00 | 96.18 | 3.82 | V+T | - |
| 68.33 | 4.37 | 98.00 | 95.09 | 4.91 | S+T | - |
| 72.33 | 4.21 | 99.00 | 96.53 | 3.47 | V+S+T | - |
| 5.70 | 0.09 | 2.23 | 0.57 | 0.57 | LSD = 0.05 | - |

* C: شاهد، S: گوگرد، T: باکتری تیوباسیلوس، V: ورمی کمپوست.

* C: control, S: Sulfur, T: *Thiobacilus* bacteria, V: Vermicompost

جدول ۳- اثرات متقابل مقدار فسفر و منابع اصلاح کننده خاک بر شاخص‌های مرتبط با کیفیت بذر سیاهدانه در آزمایش

Table 3- Interaction effects of phosphorus rate and soil amendment sources on some seed quality characteristics of black seedin the experiment

| آزمون بنیه بذر (آزمون RE) (درصد) Radicle emergence (RE) test (%) | متوسط زمان جوانه‌زنی (روز) Mean germination time (day) | مقدار فسفر در بذر (گرم بر کیلوگرم) P concentration in seed ($g.kg^{-1}$) | مقدار فسفر در جنین (گرم بر کیلوگرم) P concentration in embryo ($g.kg^{-1}$) | درصد فسفر جنین به کل بذر P percentage of embryo to seed | درصد فسفرپوسته به کل بذر P percentage of coat to seed | منابع اصلاح کننده خاک Soil amendment sources | مقدار فسفر (کیلوگرم در هکتار) P rate ($Kg.ha^{-1}$) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 45.0 | 5.11 | 3.70 | 3.81 | 87.42 | 12.58 | C * | 0 |
| 70.0 | 4.27 | 6.60 | 7.14 | 95.58 | 4.43 | V+T | |
| 58.0 | 4.44 | 6.13 | 6.65 | 93.95 | 6.05 | S+T | |
| 69.0 | 4.17 | 6.77 | 7.34 | 95.80 | 4.20 | V+S+T | |
| 58.0 | 4.58 | 5.57 | 6.06 | 93.62 | 6.39 | C * | 30 |
| 75.0 | 4.22 | 7.23 | 7.87 | 96.09 | 3.91 | V+T | |
| 75.0 | 4.27 | 6.93 | 7.60 | 95.38 | 4.62 | S+T | |
| 72.0 | 4.21 | 8.17 | 8.93 | 96.74 | 3.26 | V+S+T | |
| 71.0 | 4.40 | 6.90 | 7.54 | 95.33 | 4.67 | C * | 60 |
| 76.0 | 4.24 | 7.80 | 8.53 | 96.87 | 3.14 | V+T | |
| 72.0 | 4.40 | 7.33 | 8.00 | 95.94 | 4.07 | S+T | |
| 76.0 | 4.24 | 8.13 | 8.90 | 97.05 | 2.95 | V+S+T | |
| 11.41 | 0.19 | 0.94 | 1.06 | 0.99 | 0.99 | LSD = 0.05 | |

* C: شاهد، S: گوگرد، T: باکتری تیوباسیلوس، V: ورمی کمپوست.

* C: control, S: Sulfur, T: *Thiobacilus* bacteria, V: Vermicompost

Archive of SID

www.SID.ir

اندازه بذر یا وزن هزار دانه از جمله عوامل موثر بر بنیه بذر می‌باشد که به طور مستقیم به میزان اندوخته غذایی بذر بستگی دارد؛ به عبارت دیگر بذرهای ریزتر به دلیل اندوخته غذایی کمتر، برای سبز شدن و استقرار موفق معمولاً با مشکل بیشتری مواجه می‌شوند (Hojjat, 2011; Mandani *et al*., 2012). از سویی، اکسایش بیولوژیکی گوگرد (Soaud *et al*., 2011) و مصرف کودهای آلی مانند ورمی کمپوست (Mohammady Aria *et al*., 2010) از راهکارهای موثر جهت افزایش حلالیت فسفر خاک و جذب آن توسط گیاه به ویژه در خاک آهکی به شمار می‌آیند. از این رو در شرایط محدودیت فسفر در خاک آهکی، افزایش فراهمی فسفر در طی دوره رشد گیاه می‌تواند نقش موثری در بهبود عملکرد و نیز کیفیت بذور تشکیل شده روی بوته مادری داشته باشد (Sawan *et al*., 2011). در این ارتباط تونتورک و همکاران (Tuncturk*et al*., 2011) با اجرای آزمایش در خاک نسبتاً آهکی با میزان فسفر پایین، افزایش معنی‌دار وزن هزار دانه سیاهدانه در نتیجه کاربرد ۴۰ کیلوگرم فسفر در هکتار را در مقایسه با شاهد مشاهده کردند.

با وجود افزایش وزن هزار دانه در نتیجه فراهمی فسفر خاک در طی دوره تشکیل بذر، نسبت وزن پوسته به جنین سیاهدانه در نتیجه مصرف کود فسفر و نیز کاربرد منابع اصلاح کننده در خاک به طور معنی-داری کاهش یافت (جدول ۳). علاوه بر این کاربرد تیمارهای ذکر شده به ترتیب منجر به کاهش معنی‌دار درصد وزن پوسته به بذر و نیز افزایش معنی‌دار درصد وزن جنین به بذر شد (جدول ۴). از سویی با افزایش فراهمی فسفر در نتیجه مصرف کود فسفات دی آمونیوم (در سطوح ۳۰ و ۶۰ کیلوگرم در هکتار) و کاربرد منابع اصلاح کننده خاک (V+T، S+T و V+S+T)، مقدار فسفر در پوسته و نیز درصد فسفر پوسته به کل فسفر بذر به طور معنی‌دار کاهش و مقدار فسفر در جنین و در بذر سیاهدانه به طور معنی-داری رو به افزایش گذاشت (جدول ۳). به عنوان مثال در تیمار V+S+T در مقایسه با شاهد، مقدار فسفر در پوسته تا ۱۲ درصد کاهش و مقدار فسفر در جنین تا ۱۵ درصد افزایش یافت (جدول ۴). همچنین در بین تیمارهای مورد مطالعه نیز بیش‌ترین مقدار فسفر در جنین و در بذر سیاهدانه در نتیجه کاربرد ۳۰ یا ۶۰ کیلوگرم مصرف فسفر همراه با کاربرد V+S+T به دست آمد (جدول ۴).

همان‌طور که پیش‌تر ذکر گردید فسفر آلی در بذور گیاهان زراعی عمدتاً به شکل اسید فیتیک ذخیره می‌شود (Lott *et al*., 2000; Modi and Asanzi, 2008). فسفر از عناصر اصلی در ساختار غشاء و مولکول‌های آلی مانند فسفولیپیدها وATP بوده و نقش ویژه‌ای در واکنش‌های انتقال انرژی سلولی و اکسیداسیون دارد (Schachtman *et al*., 1998; White and Veneklaas, 2012). در طی مرحله جوانه‌زنی، فیتات توسط آنزیم فیتاز به فسفر معدنی هیدرولیز می‌شود(Hegeman *et al*., 2001). از این رو مقدار فسفر در بذر از مهم‌ترین عوامل تأثیر گذار در تکمیل فرآیند جوانه‌زنی و متابولیسم گیاه چه‌های در حال رشد می‌باشد (Modi, 2002; White and Veneklaas, 2012). همچنین به طور کلی بین اندازه بذور (وزن هزار دانه) با غلظت فسفر در یک توده بذر (بر حسب میلی گرم برگرم بذر) رابطه مستقیمی وجود دارد (Liao and Yan, 1999). از این رو، افزایش وزن هزار دانه و در نتیجه افزایش میزان فسفر در بذر می‌تواند منجر به تسریع رشد آغازین ریشه چه، دسترسی

Archive of SID

www.SID.ir

زودتر به منابع محدود کننده رشد مانند آب و در نهایت استقرار زودتر گیاه‌چه‌ها در خاک شود (White and Veneklaas, 2012).

با وجود عدم تأثیر مقادیر کود فسفر و نیز منابع اصلاح کننده خاک بر درصد جوانه‌زنی، کاربرد تیمارهای ذکر شده نقش معنی‌داری در کاهش متوسط زمان جوانه زنی (MGT) و نیز افزایش معنی-دار بنیه بذر داشت (جدول ۳). به طوری که در بین تیمارهای مورد مطالعه، بیشترین MGT و نیز کمترین مقدار بنیه بذر (به ترتیب معادل ۵/۱۱ روز و ۴۵ درصد) در تیمار شاهد مشاهده شد. در شرایط عدم کاربرد فسفر در خاک، کاربرد V+T و S+T در مقایسه با تیمار شاهد منجر به افزایش میزان بنیه بذر به ترتیب تا ۵۵/۵۶ و ۲۸/۸۹ درصد گردید (جدول ۴).

در کنار شرایط حاکم بر محیط بستر رشد گیاه چه‌ها در خاک، جوانه‌زنی، بنیه گیاه چه‌های در حال رشد و استقرار موفقیت آمیز گیاه چه‌ها اساساً وابسته به ذخایر غذایی بذر می‌باشد (White and Veneklaas, 2012; Peltonen-Sainio*et al*., 2006). همان‌طور که ذکر گردید، با توجه به نقش ویژه فسفر در تأمین انرژی برای متابولیسم و رشد گیاه چه‌ها (Schachtman *et al*., 1998)، افزایش بنیه بذر سیاهدانه می‌تواند ناشی از افزایش حلالیت و فراهمی فسفر خاک در طی دوره رشد و تشکیل بذور روی بوته مادری سیاهدانه باشد که در نهایت منجر به افزایش هر چه بیشتر تخصیص فسفر به اندام زایشی سیاهدانه می‌شود.

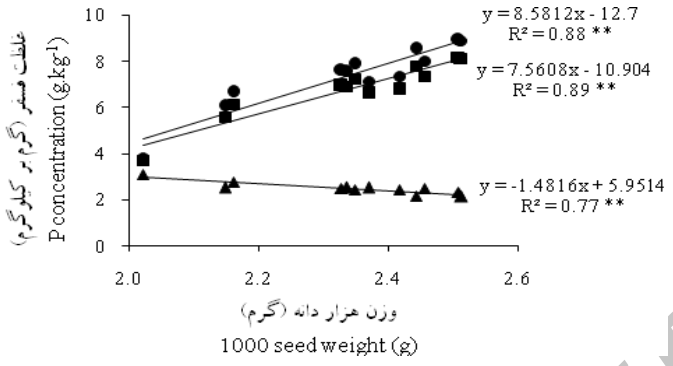
به طور کلی جنین بذر شامل محور جنین، هیپوکوتیل (قسمتی از محور جنین در زیر برآمدگی لپه ای)، یک یا دو لپه در یک طرف و ریشه چه در طرف دیگر می‌باشد (Koocheki and Sarmadnia, 1999). از آن جایی که حدود ۹۵ درصد فسفر بذر سیاهدانه در جنین ذخیره می‌شود و فقط پنج درصد کل فسفر بذر در پوسته تجمع می‌یابد (جدول ۳) و نیز با توجه به کاهش معنی‌دار غلظت فسفر پوسته و نیز درصد فسفر پوسته به کل فسفر بذر در نتیجه افزایش فراهمی فسفر خاک (جدول ۳)، به نظر می‌رسد افزایش بنیه بذر سیاهدانه اساساً تحت تأثیر تخصیص فسفر به جنین باشد. ارتباط مثبت و معنی‌دار بین وزن هزار دانه با غلظت فسفر در جنین و نیز غلظت فسفر در بذر و همچنین ارتباط منفی و معنی‌دار بین وزن هزار دانه با غلظت فسفر در پوسته (شکل ۲) ممکن است به عنوان توجیهی در این ارتباط شناخته شود.

سازگاری در گیاه به نوعی تغییر ساختمان یا متابولیسم در پاسخ به تغییر در محیط بوده که در طی فصل رشد ایجاد می‌شود و می‌تواند علاوه بر کاهش اثرات تنش، مقاومت و بقای گیاه را در محیط تحت تنش افزایش دهد (Kafi and Mahdavi Damghani, 2007). با توجه به اینکه افزایش دوام بذر[1]، حفاظت از بذر در مقابل شرایط نامساعد محیطی و نیز تنظیم متابولیسم جوانه‌زنی و رشد گیاه چه‌ها از جمله نقش‌های پوسته بذر بوده (Mohamed-Yasseen *et al*., 1994; Moise *et al*., 2005) و نیز با در نظر گرفتن نقش ویژه فسفولیپیدها در پایداری و متابولیسم غشا (Koocheki and Sarmadnia, 1999)، افزایش معنی‌دار درصد پوسته به کل بذر و نیز افزایش درصد فسفر پوسته به کل فسفر بذر در شرایط آهکی بودن و محدودیت فسفر خاک (از ۲/۹۵ درصد در تیمار V+S+T همراه با مصرف ۶۰ کیلوگرم فسفر در هکتار به ۱۲/۵۸ درصد در تیمار شاهد) احتمالاً ممکن

1- Seed longevity

Archive of SID
www.SID.ir

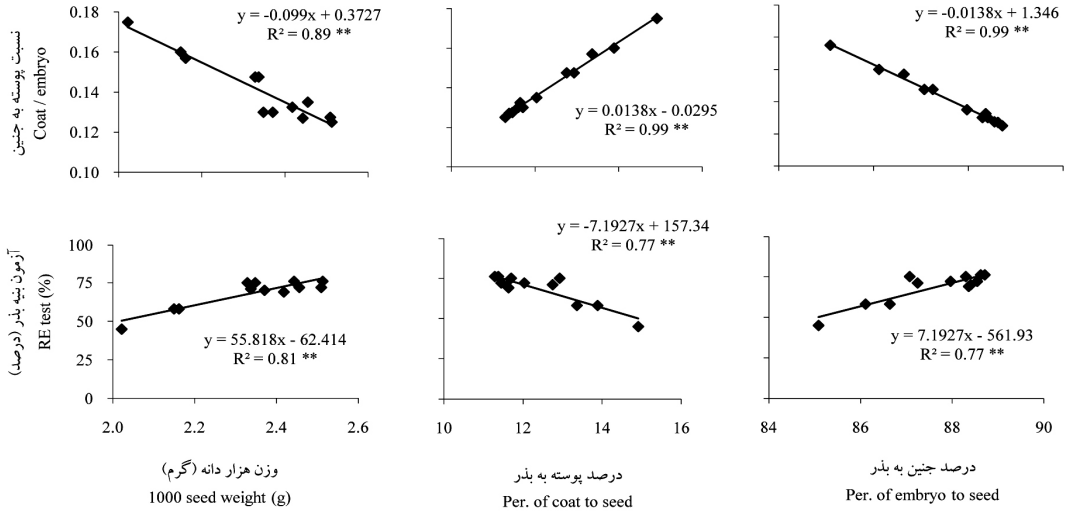
است به عنوان یک مکانیسم سازگاری در بذر در پاسخ به شرایط کمبود فسفر در خاک تلقی شود تا در واقع بتواند به نوعی منجر به افزایش مقاومت گیاه شود.




شکل ۲- ارتباط وزن هزار دانه سیاهدانه با غلظت فسفر پوسته (مثلث)، غلظت فسفر جنین (دایره) و غلظت فسفر بذر (مربع)

Fig. 2. Relationships between 1000 seed weight and P concentration in coat (triangle), embryo (circle) and seed (square)

طبق نتایج شکل ۳، با وجود ارتباط مثبت بین وزن هزار دانه و درصد وزن جنین از کل بذر با بنیه بذر سیاهدانه، افزایش درصد پوسته باز کل بذر منجر به کاهش معنی‌دار بنیه بذر گردید. همچنین بین وزن هزار دانه با نسبت پوسته به جنین ارتباط منفی و معنی داری مشاهده شد (شکل ۳).




شکل ۳- ارتباط بین برخی شاخص‌های مربوط به کیفیت بذر سیاهدانه در آزمایش

Fig. 3. Relationships between seed quality characteristics of black seed in the experiment

جوانه‌زنی دارای الگوی سه مرحله ای است که با جذب آب (مرحله جذب سریع) تحت تأثیر اختلاف پتانسیل آب بین بذر و محیط آبی آغاز می‌شود. همزمان با مرحله دو، جذب آب ثابت شده و بسیاری از فرآیندهای جوانه زنی اتفاق می‌افتد (Ghaderi-Far and Soltani, 2010; Akram Ghaderi *et al*., 2011). با وجود آنکه مرحله جذب سریع در بذرهای مرده نیز اتفاق می‌افتد، اما این مرحله صرفاً یک پدیده فیزیکی نبوده بلکه تحت تأثیر ساختار شیمیایی بذر، پوسته و کیفیت بذر می‌باشند. در مرحله سوم به سبب طویل

www.SID.ir

شدن و خروج ریشه چه، جذب آب مجدداً افزایش می‌یابد. در این مرحله نیز پوسته بذر از عوامل موثر بر جذب آب و طویل شدن ریشه چه می‌باشد (Ghaderi-Far and Soltani, 2010; Akram Ghaderi *et al*., 2011). از این رو، تأثیر منفی درصد پوسته بر بنیه بذر سیاهدانه احتمالاً ممکن است ناشی از افزایش سهم پوسته به بذر و نیز افزایش مقدار فسفر در پوسته باشد که باعث کاهش سرعت جذب آب می‌شود.

## نتیجه گیری کلی

شرایط حاکم در طی دوره تشکیل و رشد بذر در روی بوته مادری می‌تواند بر کیفیت بذرهای تشکیل شده تأثیر مستقیمی داشته باشد. در خاک‌های آهکی مناطق خشک و نیمه خشک با محدودیت فسفر، اکسایش بیولوژیک گوگرد در کنار تأمین فسفر از مواد آلی از مهم‌ترین عوامل در بهبود جنبه‌های فیزیولوژیک بذرهای تشکیل شده روی بوته مادری می‌باشد. از سویی دیگر، در شرایط محدودیت خاک از نظر فسفر، افزایش سهم فسفر پوسته به کل فسفر بذر احتمالاً ممکن است به عنوان یک مکانیسم جبرانی جهت حفظ هر چه بیشتر دوام بذر سیاهدانه نسبت به شرایط نامساعد محیطی در نظر گرفته شود. به عبارتی دیگر در شرایط محدودیت فسفر خاک، گیاه مادری از طریق تخصیص بیشتر فسفر پوسته در بذر ترجیح می‌دهد به جای افزایش بنیه، بذرهایی با دوام بالاتر تولید کند. اما در شرایط فراهمی در خاک، افزایش سرعت جوانه زنی و بنیه بذر سیاهدانه ارتباط مستقیمی با تخصیص بیشتر فسفر به جنین بذر دارد. به بیان دیگر به نظر می‌رسد در شرایط تأمین فسفر کافی برای بوته مادری، افزایش بنیه بذور به جای افزایش دوام آن در اولویت می‌باشد. این امر می‌تواند در آینده مورد تحقیق و بررسی بیشتر قرار گیرد.

## منابع

## References

**Akram Ghaderi, F., B. Kamkar and A. Soltani. 2011.** Principles of seed science and technology. (Translated) (In Persian). Jahade-e-Daneshghahi Mashhad Press, Mashhad, Iran, 512 pp.

**Bishnoi, U. R., G. Kaur and M. H. Khan. 2007.** Calcium, phosphorus, and harvest stages effects soybean seed production and quality. J. Plant Nutr. 30: 2119–2127.

**Blair, M. W., T. A. Sandoval, G. V. Caldas, S. E. Beebe and M. I. Páez. 2009.** Quantitative trait locus analysis of seed phosphorus and seed phytate content in a recombinant inbred line population of common bean. Crop Sci. 49:237–246.

**Doroudian, H. R., H. Besharati, A. R. Falah, H. Heidari Sharif Abad, F. Darvish and A. Alahverdi. 2010.** The possible modification of absorbable phosphorus soluble in calcareous soils and its effects on yield production in corn. (In Persian, with English Abstract). J. New Agric. Sci. 18: 27-35.

**Ghaderi-Far, F. and A. Soltani. 2010.** Seed Testing and Control. (In Persian). Jahade-e-Daneshghahi Mashhad Press, Mashhad, Iran, 200 pp.

**Ghamarnia, H., H. Khosravy and S. Sepehri. 2010.** Yield and water use efficiency of (*Nigellasativa* L.) under different irrigation treatments in a semi-arid region in the West of Iran. J. Med. Plants 4: 1612–1616.

**Hegeman, C. E., L. L., Good and E. A. Grabau. 2001.** Expression of D-myo-Inositol-3-phosphate synthase in soybean. Implications for phytic acid biosynthesis. Plant Physiol. 125: 1941–1948.

**Hojjat, S. S. 2011.** Effects of seed size on germination and seedling growth of some lentil genotypes (*Lens culinaris* Medic.). Int. J. agric. Crop Sci. 3: 1-5.

**Hrdlickova, J., M. Hejcman, V. Kristalova and V. Pavlu. 2011.** Production, size, and germination of broad-leaved dock seeds collected from mother plants grown under different nitrogen, phosphorus, and potassium supplies. Weed Biol. and Manage. 11: 190–201.

**International Seed Testing Association. 2012.** International Rules for Seed Testing. The International Seed Testing Association, Bassersdorf, Switzerland.

**Kafi, M. and A. Mahdavi Damghani. 2007.** Mechanisms of Environmental Stress Resistance in Plants. (Translated) (In Persian). Ferdowsi University of Mashhad Press, Mashhad, Iran, 467 pp.

Archive of SID

www.SID.ir

**Kariminia, A. and M. Shabanpour. 2002.** Evaluation of sulfur oxidation potential by heterotrophic microorganisms in different soils. (In Persian, with English Abstract). Water Soil Sci. 17: 68–80.
**Khajeh-Hosseini, M., A. Lomholt and S. Matthews. 2009.** Mean germination time in the laboratory estimates the relative vigour and field performance of commercial seed lots of maize (*Zeamays* L.). Seed Sci. Technol. 37: 446-456.
**Koochehi A. and M. Khajeh-Hosseini. 2008.** Modern Agronomy. (In Persian). Jahade-e-Daneshghahi Mashhad Press, Mashhad, Iran, 200 pp.
**Koocheki, A. and G. Sarmadnia, 1999.** Physiology of Crop Plants. (Translated) (In Persian). Jahade-e-Daneshghahi Mashhad Press, Mashhad, Iran, 400 pp.
**Krueger, K., A. S. Goggi, A. P. Mallarino and R. E. Mullen. 2013.** Phosphorus and potassium fertilization effects on soybean seed quality and composition. Crop Sci. 53: 602–610.
**Liao, H. and X. Yan. 1999.** Seed size is closely related to phosphorus use efficiency and photosynthetic phosphorus use efficiency in common bean. J. Plant Nutr. 22: 877-888.
**Lickfett, T., B. Matthaus, L. Velasco and C. Mollers. 1999.** Seed yield, oil and phytate concentration in the seeds of two oilseed rape cultivars as affected by different phosphorus supply. Eur. J. Agron. 11: 293–299.
**Lott, J. N. A., I. Ockenden, V. Raboy and G. D. Batten. 2000.** Phytic acid and phosphorus in crop seeds and fruits: a global estimate. Seed Sci. Res. 10: 11-33.
**Malakoti, M. J., and Tehrani, M. M. 1999.** The role of micronutrients in enhancing performance and improving the quality of agricultural products, the impact of micro-macro. ) (In Persian). Tarbiat Modarres University Press, Tehran, Iran, 328 pp.
**Mandani, F., S. Riahinia and M. Khajeh-Hosseini. 2012.** Effect of storage time and seed size on seed vigor and germination characteristics of different wheat varieties. (In Persian, with English Abstract). Seed Sci. Technol. 2:14-24.
**Mazaheri, D. and N. Majnon Hoseini, 2007.** Fundamental of Agronomy. (In Persian). Tehran University Press.
**Modi, A. T. 2002.** Wheat seed quality in response to molybdenum and phosphorus. J. Plant Nutr. 25: 2409–2419.
**Modi, A. T. and N. M. Asanzi. 2008.** Seed performance of maize in response to phosphorus application and growth temperature is related to phytate-phosphorus occurrence. Crop Sci. 48: 286-297.
**Mohamed, S. A., R. A. Medani and E. R. Khafaga. 2000.** Effect of nitrogen and phosphorus applications with or without micronutrients on black cumin (*Nigellasativa* L.) plants. Ann. Agric. Sci. 3: 1323-1338.
**Mohamed-Yasseen, Y., S. A. Barringer, W. E. Splittstoesser and S. Costanza. 1994.** The role of seed coats in seed viability. Bot. Rev. 60: 426-439.
**Mohammady Aria, M., A. Lakzian, G. H. Haghnia, A. R.Berenji, H. Besharati and A. Fotovat. 2010.** Effect of *Thiobacillus*, sulfur, and vermicompost on the water-soluble phosphorus of hard rock phosphate. Bioresour. Technol. 101: 551–554.
**Moise, J. A., S. Han, L. Gudynaite-Savitch, D. A. Johnson and B. L. A. Miki. 2005.** Seed coats: structure, development, composition, and biotechnology. In Vitro Cell. Dev. Biol.-Plant 41: 620–644.
**Moraghan J. T. and K. Grafton. 2002.** Distribution of selected elements between the seed coat and embryo of two black bean cultivars. J. Plant Nutr. 25: 169-176.
**Pacheco, R. S., L. F. Brito, R. Straliotto, D. V. Pérez and A. P. Araújo. 2012.** Seeds enriched with phosphorus and molybdenum as a strategy for improving grain yield of common bean crop. Field Crops Res. 136: 97–106.
**Peltonen-Sainio, P., M. Kontturi, and J. Peltonen. 2006.** Phosphorus seed coating enhancement on early growth and yield components in oat. Agron. J. 98:206–211.
**Raboy, V. 2009.** Approaches and challenges to engineering seed phytate and total phosphorus. Plant Sci. 177: 281–296.
**Rezvani Moghaddam P. and S. M. Seyyedi. 2014.** The effects of organic and biological fertilizers on phosphorus and potassium uptake by black seed (*Nigellasativa* L.). (In Persian, with English Abstract). J. Hortic. Sci. 28: 43–53.
**Sasthri, G., C. P. Thiagarajan, P. Srimathi, K. Malarkodi and E. P. Venkatasalam. 2001.** Foliar application of nutrient on the seed yield and quality characters of non-aged and aged seeds of cotton cv. MCU5. Madras Agric. J. 87: 202–206.
**Sawan, Z. M., A. H. Fahmy and S. E. Yousef. 2011.** Effect of potassium, zinc and phosphorus on seed yield, seed viability and seedling vigor of cotton (*Gossypiumbarbadense* L.). Arch. Agron. Soil Sci. 57: 75–90.
**Schachtman, D. P., R. J. Reid and S. M. Ayling. 1998.** Phosphorus uptake by plants: from soil to cell. Plant Physiol. 116: 447–453.

Archive of SID

www.SID.ir

**Soaud, A. A., F. H. Al Darwish, M. E. Saleh, K. A. El-Tarabily, M. Sofian-Azirun and M. M. Rahman. 2011.** Effects of elemental sulfur, phosphorus, micronutrients and *Paracoccusversutus* on nutrient availability of calcareous soils. Aust. J. Crop Sci. 5: 554–561.
**Tuncturk, M., R. Tuncturk and B. Yildirim. 2011.** The effects of varying phosphorus doses on yield and some yield components of black cumin(*Nigella sativa* L.).Adv. Environ. Biol. 5: 371–374.
**White, P. J. and E. J. Veneklaas. 2012.** Nature and nurture: the importance of seed phosphorus content. Plant Soil 357: 1–8.

Archive of SID

www.SID.ir