اثر کود و پرایمینگ با محلول فسفات دی هیدروژن پتاسیم بر رشد هتروتروفیک گیاهچه‌های سیاه‌دانه (*Nigella sativa* L.)

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

[۱،۲،۳] دانشجوی دکترای اکولوژی گیاهان زراعی، دانشیار و استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
[۴] استاد گروه علوم خاک و گیاه دانشگاه تگزاس امریکا
[*] پست الکترونیک نویسنده مسئول: saleh@ferdowsi.um.ac.ir

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۵/۱۴ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۱/۱۸)

چکیده

به‌منظور بررسی اثر تیمارهای کود و پرایمینگ با محلول فسفات دی هیدروژن پتاسیم بر سبز شدن و رشد هتروتروفیک گیاهچه‌های سیاه‌دانه (*Nigella sativa* L.) آزمایش‌هایی در سال ۱۳۹۲-۱۳۹۱ در آزمایشگاه و گلخانه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. در آزمایش اول، ترکیب فاکتوریل اصلاح‌کننده‌های خاک آهکی (شامل ورمی کمپوست (V) + باکتری تیوباسیلوس (T)، گوگرد به‌صورت عنصری میکرونیزه (S) + T، V+S+T و شاهد) و سه سطح کاربرد فسفر (صفر، ۳۰ و ۶۰ کیلوگرم در هکتار از منبع فسفات دی آمونیوم) طی دوره رشد گیاه مادری، تیمارهای آزمایش بودند. در آزمایش دوم، تیمارهای انتخاب شده از آزمایش اول (با درصد سبز شدن کمتر از ۶۰ درصد) و پرایمینگ بذر (عدم پرایمینگ، هیدرو پرایمینگ، پرایمینگ فسفر با محلول‌های ۱۰۰، ۳۰۰ و ۵۰۰ میلی‌مولار فسفات دی هیدروژن پتاسیم) به ترتیب عامل اول و دوم آزمایش بودند. بر اساس نتایج آزمایش اول، افزایش حلالیت فسفر ناشی از کاربرد اصلاح‌کننده‌های خاک آهکی (V+T و V+S+T)، در مقایسه با شاهد، نقش معنی‌داری در افزایش درصد سبز شدن بذرهای سیاه‌دانه (به ترتیب تا ۵۰ و ۵۴ درصد) داشتند. در آزمایش دوم نیز پرایمینگ فسفر در سطح ۳۰۰ میلی‌مولار منجر به افزایش معنی‌دار درصد تخلیه ذخایر بذر، کارایی استفاده از ذخایر بذر و افزایش درصد سبز شدن سیاه‌دانه (به ترتیب تا ۹، ۱۴۳ و ۲۹ درصد) شد. علاوه بر این، بین میزان فسفر بذر پویا شده و درصد سبز شدن بذرهای سیاه‌دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری به دست آمد (R^2= 0.90 **).

واژه‌های کلیدی: درصد سبز شدن، غلظت فسفر بذر، کارایی استفاده از ذخایر بذر

مقدمه

استقرار گیاه مرحله‌ای بسیار حساس در تولید محصولات زراعی است و نقشی مؤثر در کسب حداکثر عملکرد دارد (کوچکی و خواجه حسینی، ۱۳۸۷). در گیاهانی که به روش جنسی تولیدمثل می‌کنند، سبز شدن و تشکیل گیاهچه طبیعی از بذرهای کشت شده تحت تأثیر تغذیه متعادل بوته مادری به‌ویژه طی دوره تشکیل بذرهای آن قرار دارد (ژو[1] و همکاران، ۲۰۰۲؛ سوروا روی[2] و همکاران، ۲۰۰۷). به‌طور کلی می‌توان بیان کرد که به‌شرط مساعد بودن شرایط محیطی، میزان عناصر و مواد ذخیره‌ای در بذر، مهم‌ترین عاملی است که منجر به حداکثر بنیه بذر و در نتیجه استقرار موفقیت‌آمیز گیاهچه‌های حاصل از آن می‌شود (کوچکی و خواجه حسینی، ۱۳۸۷).

[1] Xu

[2] Surva Roy

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-24]
[DOR: 20.1001.1.23831251.1394.2.1.2.4]
[DOI: 10.29252/yujs.2.1.11]

میزان مواد ذخیره‌ای بذر از طریق تأثیر بر رشد هتروتروفیک گیاهچه[1]، افزایش درصد سبز شدن و تشکیل گیاهچه‌های نرمال در بستر خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهد (سلطانی و همکاران، ۱۳۸۷). طبق تعریف، رشد هتروتروفیک گیاهچه دارای دو جزء می‌باشد: ۱- میزان ذخایر بذر استفاده (پویا) شده (که خود شامل دو جزء وزن اولیه بذر و کسر ذخایر بذر تخلیه شده می‌باشد) و ۲- کارایی تبدیل ذخایر بذر پویا شده به بافت گیاهچه یا در واقع تولید ماده خشک گیاهچه به ازای هر واحد استفاده از ذخایر بذر پویا شده (سلطانی[2] و همکاران، ۲۰۰۶)؛ به عبارت دیگر رشد هتروتروفیک گیاهچه نشان دهنده حد پتانسیل جنبه‌های فیزیولوژیک بذر در دامنه‌ای از شرایط محیطی است (المرانی[3] و همکاران، ۱۹۹۲). در این ارتباط گزارش شده است که فعالیت آنزیم‌های هیدرولیز کننده طی جوانه‌زنی بیشتر بر جزء اول و تأمین انرژی برای فعالیت‌هایی مانند سنتز پروتئین بیشتر بر جزء دوم رشد هتروتروفیک تأثیرگذار می‌باشند (سلطانی و همکاران، ۱۳۸۷).

فسفر از عناصر اصلی در ساختار غشاء و مولکول‌های آلی مانند ATP بوده و در شکل‌گیری واکنش‌های انتقال انرژی سلولی و اکسیداسیون نقش ویژه‌ای دارد (شچمن[4] و همکاران، ۱۹۹۸؛ وایت و ونکلاس[5]، ۲۰۱۲). میزان فسفر بذر عامل بسیار مهمی در تکمیل فرآیند جوانه‌زنی و متابولیسم گیاهچه‌های حاصل می‌باشد (مؤدی، ۲۰۰۲؛ وایت و ونکلاس، ۲۰۱۲). از این رو، شرایط نامساعد محیطی طی دوره تشکیل بذر روی بوته مادری به‌ویژه حلالیت پایین فسفر در یک خاک آهکی (سامنی و کسراییان[6]، ۲۰۰۴؛ سلیم‌پور و همکاران، ۱۳۸۹) ممکن است از طریق تأثیر بر میزان فسفر بذر، رشد هتروتروفیک گیاهچه‌های حاصل را تحت تأثیر قرار دهد.

در شرایطی که بوته مادری دچار محدودیت جذب عنصر یا عناصر خاص باشد، جنبه‌های فیزیولوژیک بذرهای تولیدی (شامل جوانه‌زنی و بنیه بذر) می‌تواند از طریق راهکار پرایمینگ عناصر غذایی[7] مانند پرایمینگ فسفر[8] افزایش یابد (شاه[9] و همکاران، ۲۰۱۱، ۲۰۱۲). طبق تعریف، پرایمینگ غذایی شامل قرار گرفتن بذرهای تولیدی در محلول‌های حاوی عنصری خاص است که کمبود آن عنصر طی دوره رشد گیاه مادری وجود داشته است (المداریس و جوتزی[10]، ۱۹۹۹). در این ارتباط گزارش شده است که تحت شرایط کمبود فسفر در خاک آهکی، پرایمینگ فسفر، منجر به افزایش معنی‌دار غلظت فسفر، درصد جوانه‌زنی و وزن خشک گیاهچه‌های جو (*Hordeum vulgare* L.) شد (ایجوری[11] و همکاران، ۲۰۰۴). نقش مثبت پرایمینگ فسفر در بهبود شاخص‌های مرتبط با جوانه‌زنی و سبز شدن در گیاهانی مانند اکرا (شاه و همکاران، ۲۰۱۱) و ماش (شاه و همکاران، ۲۰۱۲) نیز گزارش شده است. افزایش غلظت فسفر به‌عنوان یک استراتژی مهم جهت افزایش بنیه و عملکرد نهایی در لوبیا مورد تأکید قرار گرفته است (پاچکو[12] و همکاران، ۲۰۱۲).

سیاه‌دانه (*Nigella sativa* L.) گیاهی است که اغلب در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران رویش دارد (قمرنیا[13] و همکاران، ۲۰۱۰). افزایش عملکرد این گیاه دارویی در ارتباط مستقیم با فراهمی عناصر غذایی به‌ویژه فسفر می‌باشد (محمد[14] و همکاران، ۲۰۰۰؛ تونتورک[15] و همکاران، ۲۰۱۱). بر اساس توضیحات ذکر شده، این آزمایش با هدف بررسی اثر تیمارهای کودی و پرایمینگ با محلول فسفر بر درصد و متوسط زمان سبز شدن در سیاه‌دانه انجام گرفت. در ادامه رشد هتروتروفیک گیاهچه‌ها در واکنش به تیمارهای ذکر شده مطالعه شد.

[1] Heterotrophic seedling growth
[2] Soltani
[3] Elamrani
[4] Schachtman
[5] White and Veneklaas
[6] Sameni and Kasraian

[7] Nutrient priming
[8] Phosphorus (P)- priming
[9] Shah
[10] Al Mudaris and Jutzi
[11] Ajouri
[12] Pacheco
[13] Ghamarnia
[14] Mohamed
[15] Tuncturk

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-24]
[DOR: 20.1001.1.23831251.1394.2.1.2.4]
[DOI: 10.29252/yujs.2.1.11]

مواد و روش‌ها

آزمایش اول: در شرایط مزرعه

جهت تولید بذر، آزمایشی در سال ۹۲-۱۳۹۱، به‌صورت فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی و با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. در این مطالعه، ترکیب فاکتوریل اصلاح‌کننده‌های خاک آهکی (شامل ورمی کمپوست (V) + باکتری *تیوباسیلوس*[1] (T)، گوگرد به‌صورت عنصری میکرونیزه (S) + T، V+S+T و شاهد) و سه سطح کاربرد فسفر (صفر، ۳۰ و ۶۰ کیلوگرم در هکتار از منبع فسفات دی آمونیوم) به‌عنوان تیمارهای آزمایش در نظر گرفته شدند. انتخاب این تیمارها، به دلیل محدودیت خاک محل اجرای آزمایش از نظر محدودیت نسبی فسفر قابل جذب (۱۰/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و کربن آلی خاک (۰/۲۳ درصد) صورت گرفت (سیدی و همکاران، ۱۳۹۴).

آزمایش دوم: در شرایط گلخانه

با تولید بذر در شرایط مزرعه، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد انجام گرفت. در این آزمایش، درصد سبز شدن و متوسط زمان سبز شدن[2] تعیین شد. به‌منظور تعیین درصد سبز شدن، بذرهای تولید شده در یک دوره ۲۱ روزه (تا پیش از ظهور برگ‌های اصلی) در گلدان‌های مورد نظر (با خاکی به وزن ۱/۴ کیلوگرم) و در شرایط کنترل شده گلخانه (دمای شب و روز به ترتیب ۲۵ و ۱۷ درجه سانتی‌گراد) کشت شدند. خاک گلدان‌ها در این آزمایش و آزمایش دوم، خاکی با بافت و ماده آلی مناسب بود تا تفاوت بین تیمارها از نظر شاخص‌های مورد بررسی تنها ناشی از شرایط متفاوت تغذیه‌ای در طول دوره رشد گیاه مادری باشد. در پایان این دوره متوسط زمان سبز شدن طبق رابطه زیر به دست آمد (خواجه حسینی[3] و همکاران، ۲۰۰۹):

رابطه ۱) $MET= \Sigma n.T / \Sigma n$

که در آن، MET: متوسط زمان سبز شدن، n: تعداد گیاهچه سبز شده و T: تعداد روز سبز شدن می‌باشد. معیار سبز شدن بر حسب مشاهده اولین اندام‌های سبز گیاهچه در سطح خاک بود.

آزمایش سوم: در شرایط آزمایشگاه و گلخانه

با تعیین درصد سبز شدن در آزمایش اول، پرایمینگ بذر بر روی تیمارهایی که دارای درصد سبز شدن کمتر از ۶۰ درصد بودند، انجام شد. این آزمایش نیز به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. تیمارهای انتخاب شده در آزمایش اول (شامل دو تیمار با درصد سبز شدن کمتر از ۶۰ درصد: ۱-شاهد (تیمار انتخاب شده اول) و ۲-شاهد + ۳۰ کیلوگرم فسفر در هکتار (تیمار دوم) به‌عنوان عامل اول و پرایمینگ بذرهای سیاه‌دانه (عدم پرایمینگ، هیدروپرایمینگ، پرایمینگ فسفر به ترتیب با محلول‌های ۱۰۰، ۳۰۰ و ۵۰۰ میلی‌مولار فسفات دی هیدروژن پتاسیم[4]) به‌عنوان عامل دوم در نظر گرفته شدند.

پیش از اعمال پرایمینگ، غلظت فسفر بذرها بر حسب گرم در صد گرم (توسط دستگاه Spectrophotometer, JENWAY، مدل ۴۵۱۰) تعیین شد. جهت اعمال هیدروپرایمینگ، بذرها به ترتیب ۴۸ ساعت در آب مقطر قرار گرفتند (شاه و همکاران، ۲۰۱۲). همچنین به‌منظور پرایمینگ فسفر، بذرها به مدت ۱۲ ساعت در هر یک از محلول‌های ۱۰۰، ۳۰۰ و ۵۰۰ میلی‌مولار فسفات دی هیدروژن پتاسیم قرار داده شدند (ایجوری و همکاران، ۲۰۰۴). پس از اعمال پرایمینگ، بذرها کاملاً با آب مقطر شسته شده و سپس به‌منظور رسیدن به رطوبت اولیه در محیط آزمایشگاه خشک شدند (شاه و همکاران، ۲۰۱۲). با خشک شدن بذرها، غلظت فسفر بذرهای پرایمینگ شده مجدداً تعیین شد.

به‌منظور محاسبه شاخص‌های مربوط به رشد هتروتروفیک گیاهچه سیاه‌دانه، آزمون جوانه‌زنی استاندارد (مدت ۱۴ روز در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد) بر روی بذرهای پرایمینگ شده انجام گرفت. در پایان این مرحله وزن خشک گیاهچه‌ها محاسبه گردید.

[1] *Thiobacilus* bacteria
[2] Mean emergence time
[3] Khajeh-Hosseini
[4] KH_2PO_4

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-24]
[DOR: 20.1001.1.23831251.1394.2.1.2.4]
[DOI: 10.29252/yujs.2.1.11]

همچنین وزن ذخایر بذر استفاده (پویا) شده[1] بر اساس رابطه زیر محاسبه شد (سلطانی و همکاران، ۲۰۰۶):

رابطه ۲) وزن ذخایر بذر استفاده شده (میلی‌گرم در بذر) = (وزن خشک باقیمانده بذر- وزن خشک اولیه بذر)

در ادامه، درصد تخلیه ذخایر بذر[2] و کارایی استفاده از ذخایر بذر[3] بر اساس روابط ۳ و ۴ تعیین شد (سلطانی و همکاران، ۲۰۰۶):

رابطه ۳)

درصد تخلیه ذخایر بذر = (۱۰۰ × (وزن خشک اولیه بذر/ وزن ذخایر بذر استفاده شده))

رابطه ۴)

کارایی استفاده از ذخایر بذر (درصد) = (۱۰۰ × (وزن ذخایر بذر استفاده شده / وزن خشک گیاهچه))

به‌منظور تعیین وزن خشک اولیه بذر جهت محاسبات ذکر شده، چهار نمونه ۲۵ عددی بذر از هر تیمار ابتدا وزن گردید (وزن بذر دارای رطوبت) و سپس به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۳ درجه سانتی‌گراد آون قرار گرفت (وزن بذر خشک شده در آون). با محاسبه میزان رطوبت بذر (رابطه ۵)، وزن خشک اولیه بذر بر اساس رابطه ۶ تعیین شد:

رابطه ۵)

میزان رطوبت بذر = (وزن بذر خشک شده در آون- وزن بذر دارای رطوبت)

رابطه ۶)

وزن خشک اولیه بذر = (میزان رطوبت بذر- وزن بذر دارای رطوبت)

علاوه بر اندازه‌گیری مقدار فسفر اولیه بذر، مقدار فسفر در گیاهچه و باقیمانده بذر (بر حسب گرم در صد گرم)، وزن فسفر بذر استفاده شده (رابطه ۷)، درصد تخلیه فسفر بذر (رابطه ۸) و نیز کارایی استفاده از فسفر بذر (رابطه ۹) محاسبه گردید:

رابطه ۷)

وزن ذخیره فسفر بذر استفاده شده (میلی‌گرم در بذر) = (وزن فسفر باقیمانده بذر- وزن فسفر اولیه بذر)

رابطه ۸)

درصد تخلیه فسفر بذر = ۱۰۰ × (وزن فسفر اولیه بذر / وزن فسفر بذر استفاده شده)

رابطه ۹)

کارایی استفاده از فسفر بذر (درصد) = ۱۰۰ × (وزن فسفر بذر استفاده شده / وزن فسفر در بافت گیاهچه)

درصد سبز شدن و متوسط زمان سبز شدن بذرهای سیاه‌دانه پس از پرایمینگ نیز مشابه آزمایش اول تعیین شد.

تجزیه آماری داده‌های آزمایش اول و دوم با نرم‌افزار SAS 9.1 و 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

آزمایش اول

طبق نتایج جدول ۱، اثر متقابل مقدار فسفر × منابع اصلاح کننده خاک تأثیر معنی‌داری بر درصد و متوسط زمان سبز شدن سیاه‌دانه داشت. در هر یک از سطوح کاربرد فسفر (صفر، ۳۰ و ۶۰ کیلوگرم در هکتار)، کمترین درصد سبز شدن و نیز بیشترین متوسط زمان سبز شدن سیاه‌دانه در شرایط عدم مصرف منابع اصلاح کننده خاک به دست آمد (جدول ۲). در شرایط عدم مصرف فسفر نیز کاربرد V+T و V+S+T به ترتیب منجر به افزایش درصد سبز شدن تا ۵۰ و ۵۳/۹ درصد و همچنین کاهش متوسط زمان سبز شدن تا ۱۳/۳ و ۱۱/۱ درصد شد (جدول ۲).

[1] Weight of Mobilized Seed Reserve (WMSR)
[2] Seed Reserve Depletion Percentage (SRDP)
[3] Seed Reserve Utilization Efficiency (SRUE)

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-24]
[DOR: 20.1001.1.23831251.1394.2.1.2.4]
[DOI: 10.29252/yujs.2.1.11]

جدول ۱- تجزیه واریانس درصد و متوسط زمان سبز شدن سیاه‌دانه تحت تأثیر تیمارهای آزمایش

منابع تغییرات	درجه آزادی	درصد سبز شدن	متوسط زمان سبز شدن
مقدار فسفر	۲	۵۵۳/۰۰ **	۱/۶۷ **
منابع اصلاح کننده خاک	۳	۹۱۵/۸۹ **	۱/۹۴ **
مقدار فسفر × منابع اصلاح کننده خاک	۶	۱۲۰/۵۶ *	۰/۴۶ **
خطا	۳۶	۴۸/۱۱	۰/۰۵

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح پنج درصد و یک درصد

جدول ۲- اثرات متقابل مقدار فسفر و منابع اصلاح کننده خاک بر درصد و متوسط زمان سبز شدن سیاه‌دانه

مقدار فسفر (کیلوگرم در هکتار)	منابع اصلاح کننده خاک	درصد سبز شدن	متوسط زمان سبز شدن (روز)
صفر	شاهد	۵۲/۰	۱۲/۸۳
	V+T	۷۸/۰	۱۱/۱۲
	S+T	۶۶/۰	۱۱/۴۳
	V+S+T	۸۰/۰	۱۱/۴۱
۳۰	شاهد	۵۹/۰	۱۱/۷۵
	V+T	۸۱/۰	۱۱/۰۳
	S+T	۷۶/۰	۱۱/۱۰
	V+S+T	۸۲/۰	۱۱/۰۹
۶۰	شاهد	۷۷/۰	۱۱/۲۲
	V+T	۸۴/۰	۱۰/۰۱
	S+T	۸۰/۰	۱۱/۰۲
	V+S+T	۸۲/۰	۱۱/۰۳
LSD = 0.05		۹/۹۵	۰/۳۱

S[1]: گوگرد T: باکتری تیوباسیلوس V: ورمی کمپوست

درصد و متوسط زمان سبز شدن از جمله شاخص‌ها در ارزیابی بنیه بذرهای گیاهان زراعی می‌باشند (دمیر[1] و همکاران، ۲۰۰۸؛ خواجه حسینی[2] و همکاران، ۲۰۰۹). از سوی دیگر، بنیه بذر در ارتباط مستقیم با میزان ذخیره غذایی به‌ویژه فسفر بوده که این اندوخته نیز

[1] Demir

[2] Khajeh-Hosseini

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-24]
[DOR: 20.1001.1.23831251.1394.2.1.2.4]
[DOI: 10.29252/yujs.2.1.11]

به‌نوبه خود مستقیماً تحت تأثیر شرایط تغذیه‌ای گیاه مادری قرار دارد (ژنگ[1] و همکاران، ۱۹۹۸؛ مودی[2]، ۲۰۰۲؛ ساوان[3] و همکاران، ۲۰۱۱). با توجه به نقش شناخته شده اکسایش بیولوژیک گوگرد در افزایش حلالیت فسفر خاک‌های آهکی (فروغی‌فر و پورکاسمانی، ۱۳۸۱؛ کریمی‌نیا و شعبان پور شهرستانی، ۱۳۸۲) و همچنین تأثیر مثبت کاربرد ورمی کمپوست در بهبود ساختار خاک و نیز افزایش فراهمی متعادل فسفر در خاک‌های آهکی (محمدی آریا[4] و همکاران، ۲۰۱۰)، افزایش درصد سبز شدن در کنار کاهش متوسط زمان سبز شدن بذرهای سیاه‌دانه تحت تأثیر کاربرد گوگرد و ورمی کمپوست در خاک‌های آهکی نشان دهنده نقش ویژه فراهمی فسفر در بهبود بنیه بذرهای سیاه‌دانه می‌باشد.

آزمایش دوم

رشد هتروتروفیک بر اساس کل ذخایر بذر

با وجود عدم تأثیر منابع کودی بر شاخص‌های مرتبط با رشد هتروتروفیک گیاهچه سیاه‌دانه، اثر پرایمینگ بر تمامی این شاخص‌ها معنی‌دار بود (جدول ۳).

طبق نتایج جدول ۴، هیدروپرایمینگ، تأثیر معنی‌داری بر شاخص‌های مرتبط با رشد هتروتروفیک گیاهچه سیاه‌دانه نداشت. به‌طور کلی تیمار هیدروپرایمینگ بیشتر در شرایط رطوبتی پایین یا نامساعد خاک منجر به بهبود کیفیت بذرهای گیاهان زراعی می‌شود (جودی و شریف‌زاده، ۱۳۸۵؛ دمیر و واندونتر[5]، ۱۹۹۹). از این‌رو به نظر می‌رسد که در شرایط تولید بذرهای سیاه‌دانه تحت تأثیر محدودیت نسبی فسفر، تیمار هیدروپرایمینگ چندان مؤثر نباشد.

با وجود عدم تأثیر هیدروپرایمینگ بر شاخص‌های مرتبط با رشد هتروتروفیک گیاهچه سیاه‌دانه، هر سه سطح پرایمینگ فسفر (۱۰۰، ۳۰۰ و ۵۰۰ میلی‌مولار محلول KH_2Po_4) نقش مثبتی بر شاخص‌های ذکر شده داشتند (جدول ۴). نقش مثبت پرایمینگ فسفر در بهبود شاخص‌های مرتبط با جوانه‌زنی و سبز شدن در گیاهانی مانند جو (*Hordeum vulgare* L.) (ایجوری و همکاران، ۲۰۰۴)، اکرا (*Abelmoschus esculentus* L.) (شاه و همکاران، ۲۰۱۱) و ماش (*Vigna radiata* L.) (شاه و همکاران، ۲۰۱۲) نیز گزارش شده است. عبدالرحمنی و همکاران (۱۳۸۸) نیز افزایش معنی‌دار سرعت ظهور گیاهچه، عملکرد دانه و ماده خشک جو را در نتیجه پرایمینگ با ۱۰۰ میلی‌مولار فسفر+ ۱۰ میلی‌مولار روی مشاهده نمودند. از سوی دیگر، طبق نتایج آزمایش، پرایمینگ فسفر در غلظت ۳۰۰ میلی مولار، بیشترین تأثیر را بر افزایش معنی‌دار وزن خشک گیاهچه، وزن ذخایر بذر پویا شده و همچنین کاهش وزن خشک باقیمانده بذر داشت؛ به‌طوری که در غلظت‌های بالاتر از ۳۰۰ میلی مولار، روند این تأثیر به‌طور نسبی رو به کاهش گذاشت (جدول ۴).

مشابه شاخص وزن ذخایر پویا شده، پرایمینگ فسفر نقش مؤثری بر افزایش معنی‌دار درصد تخلیه ذخایر بذر و نیز کارایی استفاده از ذخایر بذر داشت (جدول ۴). در بین سطوح پرایمینگ فسفر نیز بیشترین تأثیر بر افزایش درصد تخلیه ذخایر و نیز کارایی استفاده از ذخایر بذر در سطح ۳۰۰ میلی‌مولار (به ترتیب معادل ۶۶/۹۸ و ۴۱/۱۲ درصد) مشاهده شد و با افزایش سطح پرایمینگ تا ۵۰۰ میلی مولار، میزان این دو شاخص اندکی کاهش یافت (جدول ۴).

به‌طور کلی وزن خشک باقیمانده بذر معیار مهمی در ارزیابی بنیه بذر جهت تولید گیاهچه‌های نرمال می‌باشد؛ زیرا اساساً کاهش وزن خشک باقیمانده بذر، از طریق تأثیر بر وزن ذخایر پویا شده، منجر به تخصیص بیشتر ماده خشک به گیاهچه و در نتیجه افزایش احتمال تشکیل گیاهچه‌های نرمال می‌شود. از این رو، هر چه وزن خشک باقیمانده بذر کمتر باشد، به مفهوم آن است که درصد بیشتری از ذخایر اولیه بذر تحت تأثیر آنزیم‌های هیدرولیز کننده قرار گرفته است (المرانی و همکاران، ۱۹۹۲؛ سلطانی و همکاران، ۲۰۰۶). به عبارتی دیگر، وزن خشک اولیه بذر ممکن است همواره معیار دقیقی جهت ارزیابی بنیه بذر نباشد، بلکه وزن ذخایر بذر پویا، به‌عنوان اولین جزء رشد هتروتروفیک، می‌تواند

[1] Zhang
[2] Modi
[3] Sawan
[4] Mohammady Aria
[5] Demir and Vandeventer

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-24]
[DOR: 20.1001.1.23831251.1394.2.1.2.4]
[DOI: 10.29252/yujs.2.1.11]

جدول ۳- تجزیه واریانس شاخص‌های مرتبط با رشد هتروتروفیک گیاهچه سیاه‌دانه تحت تأثیر تیمارهای آزمایش

منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن خشک گیاهچه	وزن خشک باقیمانده بذر	وزن ذخایر بذر پویا شده	درصد تخلیه ذخایر بذر	کارایی استفاده از ذخایر بذر
تیمار کودی انتخاب شده	۱	۰/۰۳ ns	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۶ ns	۱۲/۷۱ ns	۵۹/۹۵ ns
پرایمینگ	۴	۰/۳۵ **	۰/۰۰۷ *	۰/۱۳ **	۶۵/۴۱ **	۱۲۰۶/۳۷ **
تیمار کودی انتخاب شده × پرایمینگ	۴	۰/۰۰۷ ns	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۲ ns	۴/۱۵ ns	۵۱/۵۹ ns
خطا	۳۰	۰/۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۲	۹/۱۷	۴۶/۶۵

*، ** و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح پنج درصد، یک درصد و عدم اختلاف معنی‌دار

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر پرایمینگ بر شاخص‌های مرتبط با رشد هتروتروفیک گیاهچه سیاه‌دانه

پرایمینگ	وزن خشک گیاهچه (میلی‌گرم)	وزن خشک باقیمانده بذر (میلی‌گرم)	وزن ذخایر بذر پویا شده (میلی‌گرم در بذر)	درصد تخلیه ذخایر بذر	کارایی استفاده از ذخایر بذر (درصد)
شاهد	۰/۲۲	۰/۸۱	۱/۳۱	۶۱/۶۶	۱۶/۸۷
هیدرو پرایمینگ	۰/۲۵	۰/۸۴	۱/۳۲	۶۰/۷۴	۱۸/۸۰
۱۰۰ میلی‌مولار KH_2PO_4	۰/۶۰	۰/۷۸	۱/۴۶	۶۵/۳۰	۴۰/۷۴
۳۰۰ میلی‌مولار KH_2PO_4	۰/۶۵	۰/۷۷	۱/۵۷	۶۶/۹۸	۴۱/۱۲
۵۰۰ میلی‌مولار KH_2PO_4	۰/۶۰	۰/۷۹	۱/۵۶	۶۶/۵۲	۳۵/۵۸
LSD = 0.05	۰/۱۰	۰/۰۵	۰/۱۴	۳/۰۹	۶/۹۷

بیشتر حائز اهمیت باشد.

علاوه بر این، افزایش کارایی استفاده از ذخایر بذر نشان دهنده سهم تخصیص بیشتر مواد پویا شده به گیاهچه و به عبارتی بنیه بالاتر بذر جهت تولید گیاهچه‌های نرمال می‌باشد. کارایی استفاده از ذخایر بذر به‌نوبه خود تحت تأثیر فراهمی انرژی برای فعالیت‌هایی مانند سنتز پروتئین و ساخت ترکیبات ساختمانی در بافت گیاهچه قرار دارد (سلطانی و همکاران، ۱۳۸۷). از آنجایی که فسفر از عناصر اصلی در ساختار غشاء و مولکول‌های آلی مانند ATP بوده و در شکل‌گیری واکنش‌های انتقال انرژی سلولی و اکسیداسیون نقش اساسی دارد (شچمن و همکاران، ۱۹۹۸؛ وایت و ونکلاس[1]، ۲۰۱۲)، از این رو به نظر می‌رسد که در شرایط کمبود فسفر خاک در زمان تشکیل بذر روی بوته مادری، اعمال پرایمینگ فسفر می‌تواند با تحت تأثیر قرار دادن غلظت فسفر بذر و در نتیجه افزایش سطح بیوسنتز سلولی، منجر به افزایش تولید ماده خشک گیاهچه به ازای هر واحد ذخیره بذر پویا شده گردد. کارایی استفاده از ذخایر بذر، حتی در بهترین شرایط محیطی و یا بذرهایی با حداکثر کیفیت، اساساً ۱۰۰ درصد نمی‌باشد؛ زیرا فرآیندهای فیزیولوژیکی رشد تا زمان استقرار گیاهچه به‌طور کامل وابسته به اندوخته بذر بوده و از این رو، طی فرآیند تبدیل ذخایر بذر پویا شده به ماده خشک گیاهچه، بخشی از مواد در طی فرآیند تنفس گیاهچه مصرف می‌شوند؛ به‌طوری که طی مرحله جوانه‌زنی، وزن خشک گیاهچه به دلیل فرآیند تنفس جاری در آن، معمولاً کمتر از وزن مواد ذخیره‌ای

[1] White and Veneklaas

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-24]
[DOR: 20.1001.1.23831251.1394.2.1.2.4]
[DOI: 10.29252/yujs.2.1.11]

جدول ۵- تجزیه واریانس شاخص‌های مرتبط با فسفر گیاهچه و سبز شدن سیاه‌دانه تحت تأثیر تیمارهای آزمایش

منابع تغییرات	درجه آزادی	فسفر بذر		فسفر گیاهچه	فسفر باقیمانده بذر	وزن فسفر بذر پویا شده	درصد تخلیه فسفر بذر	کارایی استفاده از فسفر بذر	درصد سبز شدن	متوسط زمان سبز شدن
		زمان یک [۱]	زمان دو							
تیمار کودی	۱	۰/۳۵ *	۰/۱۱ **	۰/۰۰۶ ns	۰/۰۰۲ *	۰/۰۰۰۰۶ **	۲۰۰/۹۱ **	۵۳/۱۱ ns	۱۹۳/۶۰ *	۱/۰۱ **
پرایمینگ	۴	۰/۰۰۰۰۱ ns	۰/۱۵ **	۰/۰۴۸ **	۰/۰۰۱ *	۰/۰۰۰۱۰ **	۳۱۲/۷۰ **	۳۰۲/۵۴ **	۴۹۷/۶۰ **	۲/۳۲ **
تیمار کودی × پرایمینگ	۴	۰/۰۰۰۰۱ ns	۰/۰۱ **	۰/۰۱۴ *	۰/۰۰۰۴ ns	۰/۰۰۰۰۰۸ **	۵۹/۶۹ **	۲۵/۳۶ ns	۵/۶۰ ns	۰/۴۴ **
خطا	۳۰	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۵	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۰۰۱	۱۰/۴۲	۳۸/۵۹	۴۴/۸۰	۰/۰۷

*، ** و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح پنج درصد، یک درصد و عدم اختلاف معنی‌دار

[۱]: زمان یک قبل از اعمال پرایمینگ و زمان دو پس از اعمال پرایمینگ با KH_2PO_4 (فسفات دی هیدروژن پتاسیم) می‌باشد.

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر تیمارهای کودی و پرایمینگ بر شاخص‌های مرتبط با فسفر گیاهچه و سبز شدن سیاه‌دانه

تیمارهای آزمایش	فسفر بذر زمان یک [۱] (گرم در صد گرم)	فسفر باقیمانده بذر (گرم در صد گرم)	کارایی استفاده از فسفر بذر (درصد)	درصد سبز شدن
تیمارهای کودی انتخاب شده [۲]				
تیمار اول	۰/۳۷	۰/۳۰	۲۱/۸۴	۶۴/۰۰
تیمار دوم	۰/۵۶	۰/۳۲	۱۹/۵۳	۶۸/۴۰
LSD = 0.05	۰/۰۲	۰/۰۱	۴/۰۱	۴/۳۲
پرایمینگ				
شاهد	۰/۴۶	۰/۳۲	۱۳/۲۸	۵۵/۵۰
هیدرو پرایمینگ	۰/۴۶	۰/۲۹	۱۵/۱۴	۶۰/۰
۱۰۰ میلی‌مولار KH_2PO_4	۰/۴۶	۰/۳۱	۲۳/۵۰	۷۲/۵۰
۳۰۰ میلی‌مولار KH_2PO_4	۰/۴۶	۰/۳۳	۲۷/۵۳	۷۱/۵۰
۵۰۰ میلی‌مولار KH_2PO_4	۰/۴۶	۰/۳۲	۲۳/۹۸	۷۱/۵۰
LSD = 0.05	۰/۰۴	۰/۰۲	۶/۳۴	۶/۸۳

[۱]: زمان یک قبل از اعمال پرایمینگ و زمان دو پس از اعمال پرایمینگ با محلول فسفات دی هیدروژن پتاسیم می‌باشد.

[۲]: تیمارهای کودی اول (شاهد) و دوم (شاهد + ۳۰ کیلوگرم فسفر در هکتار) از آزمایش شماره یک انتخاب شدند. در آزمایش شماره یک، این دو تیمار دارای کمترین درصد سبز شدن بودند.

پویا شده می‌باشد (بیولی و بلاک[1]، ۱۹۸۲؛ سلطانی و همکاران، ۲۰۰۶).

رشد هتروتروفیک بر اساس ذخیره فسفر بذر

شاخص‌های مرتبط با رشد هتروتروفیک گیاهچه به ازای هر واحد فسفر ذخیره شده، در جدول ۵ ذکر شده است. طبق نتایج به دست آمده، اعمال پرایمینگ فسفر نقش مؤثری بر افزایش معنی‌دار درصد فسفر بذر و به دنبال آن درصد فسفر گیاهچه سیاه‌دانه داشت (جدول

[1] Bewley and Black

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-24]
[DOR: 20.1001.1.23831251.1394.2.1.2.4]
[DOI: 10.29252/yujs.2.1.11]

۶). علاوه بر این نتایج نشان داد که در نتیجه پرایمینگ فسفر، درصد تخلیه فسفر بذر، کارایی استفاده از فسفر بذر و به دنبال آن درصد سبز شدن به‌طور معنی‌داری افزایش و متوسط زمان سبز شدن به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۶). به‌عنوان مثال، در تیمار انتخاب شده اول، پرایمینگ فسفر در غلظت ۳۰۰ میلی‌مولار در مقایسه با عدم پرایمینگ منجر به افزایش میزان فسفر بذر پویا شده تا سه برابر، فسفر گیاهچه تا ۵۰ درصد و تخلیه فسفر بذر تا ۲۴/۲ درصد شد (جدول ۷).

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای کودی و پرایمینگ بر شاخص‌های مرتبط با فسفر گیاهچه سیاه‌دانه

تیمارهای کودی انتخاب شده [۲]	پرایمینگ	فسفر بذر در زمان دو (گرم در صد گرم)	فسفر گیاهچه (گرم در صد گرم)	وزن فسفر بذر پویا شده (میلی‌گرم در بذر)	درصد تخلیه فسفر بذر	متوسط زمان سبز شدن (روز)
	شاهد	۰/۳۷	۰/۴۰	۰/۰۰۵	۶۷/۷۳	۱۲/۸۳
	هیدرو پرایمینگ	۰/۳۸	۰/۳۷	۰/۰۰۵	۶۹/۰۷	۱۲/۱۸
تیمار اول	۱۰۰ میلی‌مولار KH_2PO_4	۰/۶۸	۰/۵۸	۰/۰۱۳	۸۴/۸۱	۱۱/۲۳
	۳۰۰ میلی‌مولار KH_2PO_4	۰/۶۸	۰/۶۰	۰/۰۱۳	۸۴/۱۰	۱۱/۱۶
	۵۰۰ میلی‌مولار KH_2PO_4	۰/۷۲	۰/۵۸	۰/۰۱۴	۸۵/۱۷	۱۱/۱۳
	شاهد	۰/۵۶	۰/۴۸	۰/۰۱۰	۷۷/۷۷	۱۱/۷۵
	هیدرو پرایمینگ	۰/۵۷	۰/۵۰	۰/۰۱۰	۷۹/۸۸	۱۱/۷۲
تیمار دوم	۱۰۰ میلی‌مولار KH_2PO_4	۰/۷۲	۰/۴۸	۰/۰۱۴	۸۴/۳۹	۱۱/۲۶
	۳۰۰ میلی‌مولار KH_2PO_4	۰/۷۵	۰/۶۰	۰/۰۱۵	۸۵/۳۸	۱۱/۱۱
	۵۰۰ میلی‌مولار KH_2PO_4	۰/۷۴	۰/۵۹	۰/۰۱۵	۸۵/۸۸	۱۱/۱۰
LSD = 0.05		۰/۰۷	۰/۱۰	۰/۰۰۱	۴/۶۶	۰/۳۹

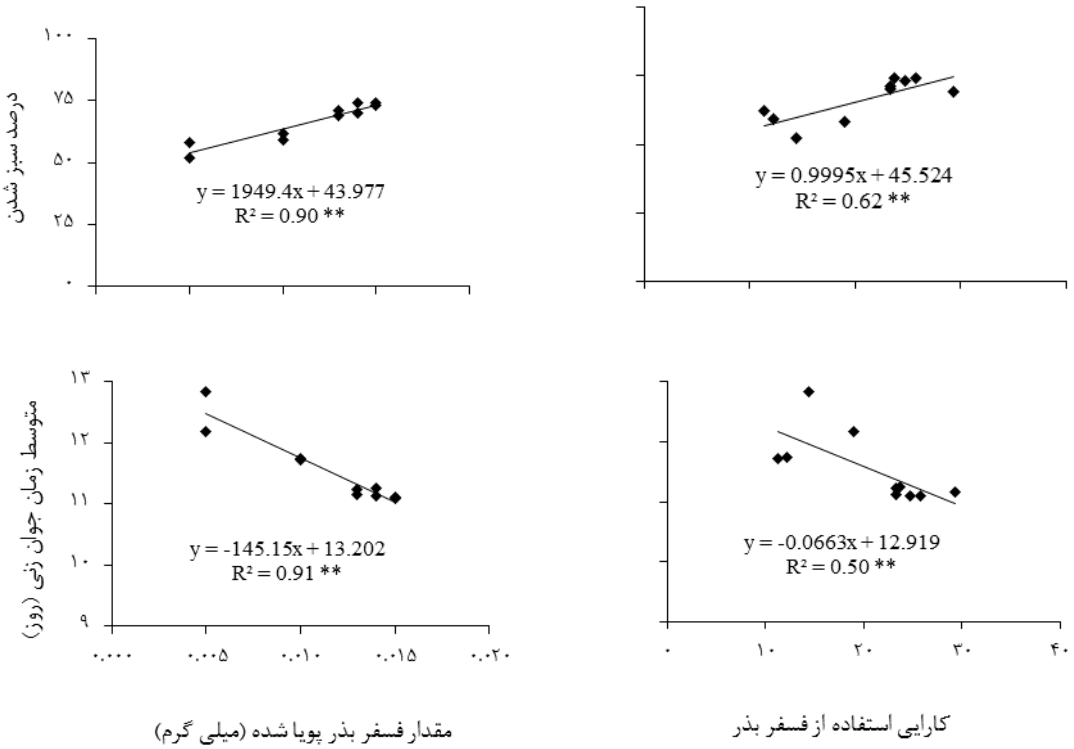
[۱]: زمان یک قبل از اعمال پرایمینگ و زمان دو پس از اعمال پرایمینگ با محلول فسفات دی هیدروژن پتاسیم می‌باشد.
[۲]: تیمارهای کودی اول (شاهد) و دوم (شاهد + ۳۰ کیلوگرم فسفر در هکتار) از آزمایش شماره یک انتخاب شدند. در آزمایش شماره یک، این دو تیمار دارای کمترین درصد سبز شدن بودند.

همان‌طور که ذکر گردید، فسفر نقش ویژه‌ای در تأمین انرژی و واکنش‌های بیوسنتز سلولی طی جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه دارد (وایت و ونکلاس، ۲۰۱۲). به‌طوری که در این مراحل اولیه، فیتات که شکل اصلی ذخیره فسفر در بذر می‌باشد (لیکفت[1] و همکاران، ۱۹۹۹، بلیر[2] و همکاران، ۲۰۰۹)، توسط آنزیم فیتاز به فسفر معدنی هیدرولیز شده و از این رو بخش قابل توجهی از انرژی مورد نیاز جهت مرحله جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاهچه تأمین می‌شود (هجمن[3] و همکاران، ۲۰۰۱). از این‌رو مطالعه شاخص‌های رشد هتروتروفیک تحت تأثیر میزان ذخیره فسفر بذر می‌تواند مفهوم دقیق‌تری را از تأثیر تیمارهای پرایمینگ فسفر بر سبز شدن و رشد گیاهچه‌ها بیان نماید. در این راستا، همبستگی معنی‌دار بین جزء اول (میزان فسفر بذر پویا شده) و جزء دوم (کارایی استفاده از فسفر بذر) رشد هتروتروفیک گیاهچه با درصد و متوسط زمان سبز شدن (شکل ۱) می‌تواند توجیهی در این ارتباط باشد. در این ارتباط گزارش شده است که افزایش میزان فسفر در بذر می‌تواند سبب تسریع رشد آغازین ریشه‌چه، دسترسی زودتر به منابع محدود کننده رشد و در نهایت استقرار زودتر گیاهچه‌ها شود (وایت و ونکلاس، ۲۰۱۲). با این

[1] Lickfett
[2] Blair
[3] Hegeman

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-24]
[DOR: 20.1001.1.23831251.1394.2.1.2.4]
[DOI: 10.29252/yujs.2.1.11]

وجود، طبق نتایج ارائه شده در شکل ۱، همبستگی بالاتر بین درصد سبز شدن و متوسط زمان سبز شدن با میزان فسفر بذر پویا شده (R^2 به ترتیب ۰/۹۰ و ۰/۹۱) نسبت به کارایی استفاده از فسفر بذر (R^2 به ترتیب ۰/۶۲ و ۰/۵۰ درصد) می‌تواند نشان دهنده آن باشد که در شرایط اجرای تیمار پرایمینگ فسفر، میزان فسفر بذر پویا شده (جزء اول) بیش از کارایی استفاده از فسفر بذر (جزء دوم) بر کیفیت بذرهای سیاه‌دانه اثر می‌گذارد.



شکل ۱- ارتباط بین مقدار فسفر بذر پویا شده و کارایی استفاده از فسفر بذر با درصد و متوسط زمان سبز شدن بذرهای سیاه‌دانه

به‌طور کلی بر اساس نتایج جدول ۴ و ۶، کارایی استفاده از فسفر بذر (معادل ۲۰/۷ درصد) تا ۳۴/۷ درصد کمتر از کارایی استفاده از کل ذخایر بذر (معادل ۳۱/۲ درصد) بود. این امر نشان دهنده آن است که سهم تخصیص ذخیره فسفر بذر پویا شده به فسفر موجود در بافت گیاهچه تا حدود ۵۰ کمتر از سهم تخصیص کل ذخایر بذر پویا شده به وزن خشک گیاهچه می‌باشد؛ به عبارت دیگر، فسفر نسبت به کل مواد موجود در بذر، با راندمان کمتری (تا دو برابر) به ماده خشک گیاهچه تخصیص می‌یابد. نقش ویژه فسفر در ساختار مولکول‌های پر انرژی مانند ATP می‌تواند از جمله این دلایل در نظر گرفته شود. به عبارتی دیگر، همان‌طور که ذکر گردید، تنفس در سطح گیاهچه، عاملی در جهت کاهش وزن خشک گیاهچه به ازای هر واحد ذخیره بذر پویا شده (بیولی و بلاک، ۱۹۸۲؛ سلطانی و همکاران، ۲۰۰۶) و در نتیجه کاهش کارایی استفاده از ذخایر بذر می‌باشد. از این رو، پایین‌تر بودن کارایی استفاده از فسفر بذر نسبت به کارایی استفاده از ذخایر بذر می‌تواند نشان دهنده نقش بارزتر و مؤثرتر فسفر در فرآیندهای تنفس سلولی نسبت به کل ذخایر بذر باشد.

نتیجه‌گیری

در شرایط رشد گیاه سیاه‌دانه در خاک آهکی دچار کمبود نسبی فسفر، کیفیت بذرهای تولیدی سیاه‌دانه می‌تواند در نتیجه فراهمی فسفر و توسط اکسایش بیولوژیکی گوگرد و همچنین کود آلی ورمی کمپوست افزایش یابد. همچنین در شرایط کشت سیاه‌دانه در خاک دچار کمبود نسبی فسفر قابل جذب، تیمار پرایمینگ فسفر به‌ویژه در غلظت ۱۰۰ میلی‌مولار (که از نظر اقتصادی نیز معقول و قابل توجیه می‌باشد) می‌تواند

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-24]
[DOR: 20.1001.1.23831251.1394.2.1.2.4]
[DOI: 10.29252/yujs.2.1.11]

نقش مؤثری در افزایش میزان فسفر بذر پویا شده، کل ذخایر بذر پویا شده، کارایی استفاده از فسفر بذر، کارایی استفاده از کل ذخایر بذر و در نهایت افزایش درصد و کاهش متوسط زمان سبز شدن بذرهای تولید شده داشته باشد. از سوی دیگر، به نظر می‌رسد که در شرایط اجرای تیمار پرایمینگ فسفر، میزان فسفر بذر پویا شده (جزء اول) بیش از کارایی استفاده از فسفر بذر (جزء دوم) کیفیت بذرهای سیاه‌دانه را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

منابع

جودی، م. و شریف‌زاده، ف. ۱۳۸۵. بررسی اثر هیدرو پرایمینگ در ارقام مختلف جو. بیابان، ۱۱(۱): ۱۰۹-۹۹.

سلطانی، آ.، کامکار، ب.، گالشی، س. و اکرم قادری، ف. ۱۳۸۷. اثر فرسودگی بذر بر تخلیه ذخایر بذر و رشد هتروتروفیک گیاهچه گندم. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۵(۱): ۱۹۶-۱۹۳.

سلیم‌پور، س.، خاوازی، ک.، نادیان، ح. و بشارتی، ح. ۱۳۸۹. تأثیر خاک فسفات همراه با گوگرد و ریزجانداران بر عملکرد و ترکیب شیمیایی کلزا. مجله پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب)، ۲۴(۱): ۱۹-۹.

سیدی، س.م.، خواجه حسینی، م.، رضوانی مقدم، پ. و شاهنده، ح. ۱۳۹۴. ارتباط حلالیت فسفر خاک و جذب نیتروژن و تأثیر آن بر شاخص برداشت فسفر سیاه‌دانه. مجله علوم گیاهان زراعی ایران، ۴۶(۱): ۳۶-۲۵.

عبدالرحمنی، ب.، قاسمی گلعذانی، ک.، ولی زاده، م.، فیضی اصل، و. و توکلی، ع. ۱۳۸۸. اثر پرایمینگ بذر بر قدرت رویش و عملکرد دانه جو رقم آبی در شرایط دیم. مجله علوم زراعی ایران، ۱۱(۴): ۳۵۲-۳۳۷.

فروغی فر، ح. و پورکاسمانی، م.آ. ۱۳۸۱. علوم و مدیریت خاک (جلد اول) (ترجمه). انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. ۳۴۰ صفحه.

کریمی‌نیا، آ. و شعبانپور شهرستانی، م. ۱۳۸۲. ارزیابی توان اکسایش گوگرد توسط میکروارگانیسم‌های هتروتروف در خاک‌های مختلف. مجله علوم خاک و آب، ۱۷(۱): ۷۹- ۶۸.

کوچکی، ع. و خواجه حسینی م. ۱۳۸۷. زراعت نوین. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۵۵۰ صفحه.

Ajouri, A., Asgedom, H., and Becker, M. 2004. Seed priming enhances germination and seedling growth of barley under conditions of P and Zn deficiency. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 167(5): 630-636.

Al Mudaris, M.A., and Jutzi, S.C. 1999. The influence of fertilizer-based seed priming treatments on emergence and seedling growth of *Sorghum bicolor* and *Pennisetum glaucum* in pot trials under greenhouse conditions. Journal of Agronomy and Crop Science, 182(2): 135-142.

Bewley, J.D., and Black, M. 1982. Physiology and biochemistry of seeds in relation to germination, volume 2. Viability, dormancy, and environmental control. Springer-Verlag, Berlin. Pp: 306

Blair, M.W., Sandoval, T.A., Caldas, G.V., Beebe, S.E., and Páez, M.I. 2009. Quantitative trait locus analysis of seed phosphorus and seed phytate content in a recombinant inbred line population of common bean. Crop Science, 49(1): 237-246.

Demir, I., and Van de Venter, H.A. 1999. The effect of priming treatments on the performance of watermelon seed under temperature and osmotic stress. Seed Science and Technology, 27(3): 871-875.

Demir, I., Ermis, S., Mavi, K., and Matthews, S. 2008. Mean germination time of pepper seed lots (*Capsicum annuum* L.) predicts size and uniformity of seedlings in germination tests and transplant modules. Seed Science and Technology, 36(1): 21-30.

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-24]
[DOR: 20.1001.1.23831251.1394.2.1.2.4]
[DOI: 10.29252/yujs.2.1.11]

Elamrani, A., Raymond, P., and Saglio, P. 1992. Nature and utilization of seed reserves during germination and heterotrophic growth of young sugar beet seedlings. Seed Science Research, 2(01): 1-8.

Ghamarnia, H., Khosravy, H., and Sepehri, S. 2010. Yield and water use efficiency of (*Nigella sativa* L.) under different irrigation treatments in a semi-arid region in the West of Iran. Journal of Medicinal Plants, 4(16): 1612-1616.

Hegeman, C.E., Good, L.L., and Grabau, E.A. 2001. Expression of D-myo-Inositol-3-phosphate synthase in soybean. Implications for phytic acid biosynthesis. Plant Physiology, 125(4): 1941-1948.

Khajeh-Hosseini, M., Lomholt, A., and Matthews, S. 2009. Mean germination time in the laboratory estimates the relative vigour and field performance of commercial seed lots of maize (*Zea mays* L.). Seed Science and Technology, 37(2): 446-456.

Lickfett, T., Matthaus, B., Velasco, L., and Mollers, C. 1999. Seed yield, oil and phytate concentration in the seeds of two oilseed rape cultivars as affected by different phosphorus supply. European Journal of Agronomy, 11(3): 293-299.

Modi, A.T. 2002. Wheat seed quality in response to molybdenum and phosphorus. Journal of Plant Nutrition, 25(11): 2409-2419.

Mohamed, S. A., Medani, R. A., Khafaga, E.R., El-Sawy, M., Francis, R.R., El-Borollosy, M.A., and Hosni, A.M. 2000. Effect of nitrogen and phosphorus applications with or without micronutrients on black cumin *(Nigella sativa* L.) plants. In Annals of Agricultural Science (Cairo). Faculty of Agriculture, Ain Shams University, 3(Special): 1323-1338.

Mohammady Aria, M., Lakzian, A., Haghnia, G.H., Berenji, A.R., Besharati, H., and Fotovat, A. 2010. Effect of *Thiobacillus*, sulfur, and vermicompost on the water-soluble phosphorus of hard rock phosphate. Bioresource Technology, 101(2): 551-554.

Pacheco, R.S., Brito, L.F., Straliotto, R., Pérez, D.V., and Araújo, A.P. 2012. Seeds enriched with phosphorus and molybdenum as a strategy for improving grain yield of common bean crop. Field Crops Research, 136: 97–106.

Sameni, A.M., and Kasraian, A. 2004. Effect of agricultural sulfur on characteristics of different calcareous soils from dry regions of Iran. II. Reclaiming effects on structure and hydraulic conductivity of the soils under saline-sodic conditions. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 35(9-10): 1219-1234.

Sawan, Z.M., Fahmy, A.H., and Yousef, S.E. 2011. Effect of potassium, zinc and phosphorus on seed yield, seed viability and seedling vigor of cotton (*Gossypium barbadense* L.). Archives of Agronomy and Soil Science, 57(1): 75-90.

Schachtman, D.P., Reid, R.J., and Ayling, S.M. 1998. Phosphorus uptake by plants: from soil to cell. Plant Physiology, 116(2): 447-453.

Shah, A.R., Ara, N., and Shafi, G. 2011. Seed priming with phosphorus increased germination and yield of okra. African Journal of Agricultural Research, 6(16): 3859-3876.

Shah, H., Jalwat, T., Arif, M., and Miraj, G. 2012. Seed priming improves early seedling growth and nutrient uptake in mungbean. Journal of Plant Nutrition, 35(6): 805-816.

Soltani, A., Gholipoor, M., and Zeinali, E. 2006. Seed reserve utilization and seedling growth of wheat as affected by drought and salinity. Environmental and Experimental Botany, 55(1): 195-200.

Surva Roy, T., Nishizawa, T., and Ali, M.H. 2007. Flower, Berry and True Potato Seed Productions in Potato Mother Plants (*Solanum tuberosum* L.). 1. Effects of Nitrogen and Phosphorus Fertilizers. Journal of Agronomy, 6: 106-112.

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-24]
[DOR: 20.1001.1.23831251.1394.2.1.2.4]
[DOI: 10.29252/yujs.2.1.11]

Tuncturk, M., Tuncturk, R., and Yildirim, B. 2011. The effects of varying phosphorus doses on yield and some yield components of black cumin (*Nigella sativa* L.). Advances in Environmental Biology, 5(2): 371-374.

White, P.J., and Veneklaas, E.J. 2012. Nature and nurture: the importance of seed phosphorus content. Plant and Soil, 357(1-2): 1-8.

Xu, G., Kafkafi, U., Wolf, S., and Sugimoto, Y. 2002. Mother plant nutrition and growing condition affect amino and fatty acid compositions of hybrid sweet pepper seeds. Journal of Plant Nutrition, 25(8): 1645-1665.

Zhang, M., Nyborg, M., and McGill, W.B. 1998. Phosphorus imbibed by barley seeds: location within the seed and assimilation by seedlings. Seed Science and Technology, 26(2): 325-332.

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-24]
[DOR: 20.1001.1.23831251.1394.2.1.2.4]
[DOI: 10.29252/yujs.2.1.11]

Iranian Journal of Seed Research, Vol: 2(1), 2015

Effects of Fertilizers and Priming with KH_2PO_4 Solution on Emergence and Heterotrophic Growth of Black Cumin (*Nigella sativa* L.) Seedling

Seyyed Mohammad Seyyedi[1], Mohammad Khajeh-Hossieni[2,*], Parviz Rezvani Moghaddam[3], Hamid Shahandeh[4]

[1], [2], [3] Ph.D. Student of Crop Ecology, Associate Professor and Professor of Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
[4] Professor of Department of Soil and Crop Sciences Texas A and M University, Texas, USA
[*]Corresponding author E-mail address: saleh@ferdowsi.um.ac.ir

(Received: 2014.08.5 ; Accepted: 2015.02.7)

Abstract

In order to investigate the effects of priming with KH_2Po_4 solution on emergence and heterotrophic growth of black cumin (*Nigella sativa* L.) seedling a series of experiments were conducted at the Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, in 2013 and 2014. A field experiment was conducted as factorial layout based on a randomized complete block design with four replications. The fertilizer resources (vermicimpost (V)+*Tiobacilus* (T), micronized Sulfur (S)+T, V+S+T and control) and three levels of phosphorus (0, 30 and 60 $kg.ha^{-1}$) were the first and second experimental factors, respectively. In the second experiment, selected treatments (in which showed emergence below 60% in the previous experiment) and seed priming (no priming, hydro priming and three levels of phosphorus (P)-priming as 100, 300 and 500 mM KH_2Po_4) were the first and second experimental treatments, respectively. Based on the results, the resources of soil amendment (V+T and V+S+T) significantly increased the emergence percentage of black seed (by 50 and 54%, respectively). In addition, seed reserve depletion percentage, seed reserve utilization efficiency and emergence percentage significantly increased by 300 mM KH_2PO_4 (by 9, 143 and 29%, respectively). There was a significant positive relationship between the weight of mobilized seed P and the emergence percentage of black seeds (R^2= 0.90 **).

Keywords: Emergence percentage, Seed phosphorus, Seed reserve utilization efficiency

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.23831251.1394.2.1.2.4]
[DOI: 10.29252/yujs.2.1.11]