

بررسی عملکرد و توزیع اندازه غده‌های بذری سیب‌زمینی تحت تاثیر روش‌های مختلف تغذیه تکمیلی فسفر

سمیرا کیانی هرچگانی^۱، حمید محمدی^۲ و بابک درویشی^{۳*}

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید مدنی آذربایجان

۲- استادیار گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید مدنی آذربایجان

۳- استادیار موسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال

چکیده

به منظور بررسی عملکرد و توزیع اندازه‌ی غده‌های بذری سیب‌زمینی تحت تأثیر روش‌های مختلف مصرف کودهای فسفر، آزمایش مزرعه‌ای به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه‌ی بلوک‌های کامل تصادفی در ۴ تکرار در بهار سال ۹۱ اجرا شد. تیمارهای مورد مطالعه شامل سه میزان کود فسفر، سه منبع کود فسفر و دو زمان مصرف کود فسفر بودند. عملکرد و اجزای آن به همراه برخی صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاه سیب‌زمینی ارزیابی شدند. نتایج نشان داد مصرف کود فسفر بصورت نواری در زمان کاشت سبب افزایش شاخص سطح برگ گردید. محتوای فسفر در دمبرگ بوته‌های سیب‌زمینی نیز به طور معنی‌داری تحت تأثیر متقابل نوع کود فسفر با میزان کود فسفر با زمان اعمال کود فسفر قرار گرفت. بالاترین غلظت نیتروژن برگ در بوته‌هایی بود که کود دی‌آمونیم فسفات را بصورت یکجا و در زمان کاشت دریافت نموده بودند. تیمار ۳۷ کیلوگرم فسفر خالص در هکتار سبب افزایش معنی‌دار تعداد غده از ۶۴/۲۵ به ۹۲/۲۹ غده در مترمربع گردید. تعداد غده‌ها در اندازه بذری و وزن غده‌های بذری در تیمار دی‌آمونیم فسفات به طور معنی‌داری بالاتر از دو تیمار دیگر کودی بود. عدم استفاده از کود فسفر (شاهد) کمترین تعداد غده در اندازه بذری و کمترین وزن غده‌های بذری را ایجاد نمود.

کلمات کلیدی: کود فسفر، غده‌زایی، عملکرد سیب‌زمینی.

مقدمه

بیش از ۱۸۶ هزار هکتار بوده و میزان کل تولید این محصول در کشور به بیش از ۵/۶ میلیون تن می‌رسد (Agricultural Statistics Book, 2010).

یکی از استانداردهای مورد توجه جهت گواهی بذر سیب‌زمینی، قرارگرفتن غده‌های بذری در اندازه‌ی استاندارد ۳۰ تا ۶۵ میلی‌متر می‌باشد. راهکار فعلی برای حفظ این دامنه استاندارد سرزنی بوته‌ها در مرحله خاصی از رشد است. عیب عمده این روش

سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) به شکل گسترده‌ای در نواحی مختلف جهان کاشته می‌شود و از نظر سطح زیرکشت پس از گندم، ذرت و برنج چهارمین محصول زراعی مهم در جهان به شمار می‌رود که سالانه حدود ۳۲۱ میلیون تن از این محصول تولید می‌شود (Chatzivassiliou et al., 2008). سطح زیرکشت سیب‌زمینی در ایران در سال ۱۳۹۰

*نویسنده مسئول: بابک درویشی، نشانی: کرج. دولت آباد. روبروی مرکز تلفن شهید رشیدی. موسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال.

صندوق پستی: ۳۱۳۵۹۳۳۱۵۱

E-mail: bdarvishi_84@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۴/۱۰

تاریخ تصویب: ۱۳۹۴/۷/۲۸

معمول‌ترین منابع کود فسفر که توسط زارعین سیب‌زمینی استفاده می‌شود، مونوآمونیم فسفات (MAP) و دی‌آمونیم فسفات (DAP) است (Moondy et al., 1995). مونو آمونیم فسفات در خاک‌های قلیایی بیشتر مؤثر است و دی‌آمونیم فسفات ممکن است در خاک‌های اسیدی مؤثرتر باشد. در خاک‌های اسیدی و شنی برای تولید سیب‌زمینی ترجیح داده می‌شود که دی‌آمونیم فسفات استفاده شود. به هر حال، در یک میزان کود فسفر برابر، مونوآمونیم فسفات محتوای نیتروژن کمتری نسبت به دی‌آمونیم فسفات دارد. بنابراین مونوآمونیم فسفات به عنوان منبع فسفوری توصیه می‌شود چون کاربرد فسفر به حداکثر رسیده و کاربرد نیتروژن اول فصل در خاک‌های شنی کاهش می‌یابد. توصیه شده است که در زمان کاشت بیشتر از ۴۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به عنوان کود استارتر استفاده نشود (Rosen and Bierman, 2008). موقعی که فسفر به میزان ۷۴ کیلوگرم در هکتار استفاده می‌شود مونوآمونیم فسفات در حدود ۳۸ کیلوگرم در هکتار و دی‌آمونیم فسفات در حدود ۶۶ کیلوگرم در هکتار نیتروژن فراهم خواهد کرد. در خاک‌های اسیدی (pH بین ۵/۷ تا ۵/۹) و فسفر بالا، تفاوت مشخصی بین تأثیر مونوآمونیم فسفات و دی‌آمونیم فسفات به عنوان منابع فسفوری بر عملکرد سیب‌زمینی دیده نشد (Sanderson et al., 2003).

در نهایت، پژوهش حاضر با هدف تعیین مناسب‌ترین نوع، میزان و زمان مصرف کود فسفر برای یک مزرعه بذری سیب‌زمینی صورت گرفته است به گونه‌ای که مزرعه‌ی مورد نظر ضمن برخورداری از بالاترین عملکرد، بیشترین تعداد غده در اندازه بذری را داشته باشد.

کاهش چشمگیر عملکرد می‌باشد چراکه هر روز در انتهای دوره‌ی رشد تأثیر زیادی بر عملکرد کل مزرعه داشته و این کاهش عملکرد برای تولیدکننده قابل چشم‌پوشی نیست از این رو بیشتر تولیدکنندگان از سرزنی بوته‌ها در مزرعه (در زمان لازم برای حفظ اندازه غده‌ها در ساین استاندارد) خودداری می‌کنند. به نظر می‌رسد یکی از راهکارهای پیشنهادی برای این موضوع مدیریت تغذیه‌ای بوته‌هاست تا از این طریق ضمن حفظ عملکرد، اکثر غده‌ها در اندازه استاندارد قرار گیرند. فسفر در این مورد دارای جایگاه ویژه است.

امروزه از کودها به عنوان ابزاری برای نیل به حداکثر تولید در واحد سطح استفاده می‌شود. کودها باید بتوانند علاوه بر افزایش تولید، کیفیت محصولات کشاورزی را نیز ارتقاء داده، ضمن افزایش بازافت مصرف کود و آب، سلامتی انسان و دام را نیز تأمین کنند. متأسفانه مصرف کودهای شیمیایی در کشور ما نامتعادل است و مطابقتی با نیاز واقعی گیاه ندارد. بنابراین به نظر می‌رسد یک راهکار عملی برای این که بتوان به طور همزمان هم از عملکرد بالاتر برخوردار بود و هم توزیع اندازه غده‌ها را در دامنه استاندارد بذری نگه‌داشت، مدیریت تغذیه‌ای بوته‌ها در شرایط مزرعه‌ای است. افزایش غده‌بندی با مصرف فسفر در گزارش‌های متعددی عنوان شده است (Freeman et al., 1998; Jenkins and Ali, 2000) که تعداد غده و اندازه غده رابطه معکوسی با هم دارند (Knowles, 2006). اما مطالعات نشان می‌دهد که افزایش در تعداد غده با کاربرد فسفر در برخی موارد با افزایش و در برخی موارد با کاهش در اندازه غده همراه بوده است (Freeman et al., 1998; Jenkins and Ali, 1999).

مواد و روش‌ها

شد (جدول ۱). در جدول ۱ اپتیمم غلظت عناصر غذایی در برگ سیب‌زمینی نیز نشان داده شده است (Stark et al., 2004).

قبل از اجرای آزمایش و پیش از کودپاشی اولیه، از عمق ۳۰-۰ سانتی متری خاک نمونه برداری به عمل آمده و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک تعیین

جدول ۱- آنالیز خاک و میزان اپتیمم عناصر غذایی در برگ سیب‌زمینی

Table 1. Soil analysis and optimum ranges of nutrient concentration in potato leaf

| Soil | | | | | | خاک | | | | |
|-----------------------|----------------------|------------------------|----------------------|----------------------------------|------------------------|----------------------|-----------------------|---------------|--|---|
| مس Cu (mg/Kg) | آهن Fe (mg/Kg) | منگنز Mn (mg/Kg) | روی Zn (mg/Kg) | نیتروژن کل Total N (mg/Kg) | پتاسیم K (mg/Kg) | فسفر P (mg/Kg) | کربن آلی OC (%) | اسیدیته pH | هدایت الکتریکی Electrical Conductivity (dSm ⁻¹) | عمق خاک (سانتی متر) Soil Depth (cm) |
| 1.93 | 7.88 | 12.95 | 1.01 | 0.161 | 389 | 12.3 | 1.899 | 7.86 | 0.936 | 0-30 |
| اپتیمم غلظت عناصر برگ | | | | | | | | | | |
| >4 | >50 | >40 | >20 | 20000 | >8000 | >2200 | - | - | - | - |

کاشت توسط کودپاش سانتریفیوژ مصرف شد. در طول دوره رشد نیز از یک نوبت کود ریزمغذی به صورت محلول‌پاشی برگی و یک نوبت کود سرک اوره استفاده گردید. کود سرک اوره با توجه به تفاوت نیتروژن موجود در کودهای مورد مطالعه و با هدف یکسان‌سازی میزان نیتروژن در تیمارها داده شد به این ترتیب که مقدار ۷۷/۱۳ کیلوگرم در هکتار کود اوره به کرت تیمار ۱۶۱ کیلوگرم در هکتار دی-آمونیم فسفات، مقدار ۷۹/۵۲ کیلوگرم در هکتار کود اوره به کرت تیمار ۲۸۰ کیلوگرم در هکتار مونوآمونیم فسفات، مقدار ۱۱۶/۸۹ کیلوگرم در هکتار کود اوره به کرت تیمار ۱۴۰ کیلوگرم در هکتار مونوآمونیم فسفات، مقدار ۱۵۴/۲۶ کیلوگرم در هکتار کود اوره به کرت تیمار ۱۴۳ و یا ۲۸۶ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات داده شد. ضمناً در تیمار کرتها ۳۲۲ کیلوگرم در هکتار دی‌آمونیم فسفات کود اوره به کار برده نشد.

پس از اتمام کاشت غده‌ها، مزرعه بلافاصله آبیاری شد. آبیاری با توجه به نیاز آبی سیب‌زمینی در مراحل رشدی مختلف و بر اساس اندازه‌گیری

به منظور بررسی اثرات میزان، منبع و زمان مصرف کود فسفر بر غده‌بندی و توزیع اندازه غده‌های بذری سیب‌زمینی، عملکرد کل مزرعه‌ای و غلظت فسفر دمبرگ در مزرعه تولید غده بذری سیب‌زمینی، یک آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در ۴ تکرار در منطقه فرادنبه از توابع استان چهارمحال و بختیاری اجرا شد. در هر کرت آزمایشی ۵ خط به طول ۵ متر و به فاصله ۷۵ سانتی متر در نظر گرفته شده و غده‌های بذری رقم بورن به فاصله ۲۰ سانتی متر روی خطوط کاشته شدند. تیمارهای مورد مطالعه شامل میزان، منبع و زمان مصرف کود فسفر بودند (جدول ۲). میزان فسفر کودی توصیه شده توسط آزمایشگاه ۳۷ کیلوگرم فسفر خالص در هکتار بود که به عنوان سطح نخست فاکتور میزان کود فسفر اعمال گردید. سطح دوم میزان کود فسفر نیز دو برابر مقدار توصیه شده توسط آزمایشگاه در نظر گرفته شد. علاوه بر تیمارهای کود فسفر لیست شده در جدول، کود اولیه اوره به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، کود سولفات پتاس به میزان ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار در زمان

رطوبت خاک انجام گردید. در طی فصل رشد، علف‌های هرز بصورت دستی کنترل و برای کنترل

جدول ۲- تیمارهای مورد مطالعه

Table 2. Treatments

| میزان کود اوره تکمیلی (کیلو گرم اوره در هکتار) Urea (Kg Urea/ha) | میزان فسفر (کیلو گرم فسفر در هکتار) P (KgP/ha) | منبع فسفر Source of P | زمان کاربرد Time of P application |
|---|--|--------------------------|---|
| 0 | 0 | کنترل Control | - |
| 116.89 | 37 | آمونیم مونوفسفات AMP | در زمان کاشت به صورت نواری strip application at planting stage |
| 116.89 | 37 | آمونیم مونوفسفات AMP | ۱/۲ در زمان کاشت به صورت نواری و ۱/۲ در زمان ظهور گیاهچه به صورت سرک ½ strip application at planting stage and ½ top-dressing |
| 77.13 | 37 | آمونیم دی فسفات ADP | در زمان کاشت به صورت نواری strip application at planting stage |
| 77.13 | 37 | آمونیم دی فسفات ADP | ۱/۲ در زمان کاشت به صورت نواری و ۱/۲ در زمان ظهور گیاهچه به صورت سرک ½ strip application at planting stage and ½ top-dressing |
| 154.26 | 37 | سوپرفسفات تریپل SP | در زمان کاشت به صورت نواری strip application at planting stage |
| 154.26 | 37 | سوپرفسفات تریپل SP | ۱/۲ در زمان کاشت به صورت نواری و ۱/۲ در زمان ظهور گیاهچه به صورت سرک ½ strip application at planting stage and ½ top-dressing |
| 79.52 | 74 | آمونیم مونوفسفات AMP | در زمان کاشت به صورت نواری strip application at planting stage |
| 79.52 | 74 | آمونیم مونوفسفات AMP | ۱/۲ در زمان کاشت به صورت نواری و ۱/۲ در زمان ظهور گیاهچه به صورت سرک ½ strip application at planting stage and ½ top-dressing |
| 0 | 74 | آمونیم دی فسفات ADP | در زمان کاشت به صورت نواری strip application at planting stage |
| 0 | 74 | آمونیم دی فسفات ADP | ۱/۲ در زمان کاشت به صورت نواری و ۱/۲ در زمان ظهور گیاهچه به صورت سرک ½ strip application at planting stage and ½ top-dressing |
| 154.26 | 74 | سوپرفسفات تریپل SP | در زمان کاشت به صورت نواری strip application at planting stage |
| 154.26 | 74 | سوپرفسفات تریپل SP | ۱/۲ در زمان کاشت به صورت نواری و ۱/۲ در زمان ظهور گیاهچه به صورت سرک ½ strip application at planting stage and ½ top-dressing |

صفات مورد بررسی

عملکرد و اجزای آن

تیمار نیز اندازه گیری شد. بدین صورت که ابتدا غده-های مربوط به هر تیمار شسته شده و بعد از خشک شدن، آن‌ها را وزن نموده، سپس با استفاده از شابلون دارای اندازه ۲۸، ۳۵، ۴۵، ۴۰، ۵۰، ۵۵، ۶۰، ۶۵ و ۷۰ میلی‌متر، قطر عرضی غده‌ها اندازه گیری شده و تعداد غده‌های مربوط به اندازه‌های مختلف یادداشت شدند. در نهایت، وزن غده‌های کوچکتر از ۲۸ میلی‌متر و بزرگتر از ۶۵ میلی‌متر بطور جداگانه اندازه گیری و یادداشت شدند.

بدین منظور گیاهان موجود در ۲ مترمربع از دو ردیف وسطی هر کرت فرعی برداشت و عملکرد غده، وزن خشک غده و اندام‌هوایی در هر مترمربع و نهایتاً شاخص برداشت در زمان رسیدگی محصول در تیمارهای مختلف تعیین شد. صفات تعداد کل غده و تعداد غده در اندازه بذری در واحد سطح ارزیابی شدند. همچنین قطر عرضی غده‌های مربوط به هر

صفات فیزیولوژیک

میزان هدایت روزنه‌ای، میزان تعرق و شدت فتوسنتز با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری فتوسنتز مدل CI-340 در زمان پوشش کامل مزرعه اندازه‌گیری شدند. همچنین، در زمان سبز شدن و توسعه‌ی ساقه و برگ، چهارمین برگ توسعه یافته (از محل دم‌برگ) از ۶ بوته از هر کرت بطور تصادفی جمع‌آوری و درون یخدان به آزمایشگاه منتقل شده و سطح برگ با استفاده از دستگاه لیکور مدل 350 اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری فسفر دم‌برگ و نیتروژن برگ، چهارمین برگ توسعه‌یافته از ۶ بوته از تیمارهای مختلف جمع‌آوری شدند. برگ‌ها پس از خشک شدن در ۶۰ درجه سانتی‌گراد، از صافی یک میلی‌متری عبور داده شدند. میزان نیتروژن برگ به روش ماکرو کجلدال اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری

فسفر دم‌برگ نیز به روش تغییر یافته مینوچا و همکاران (Minocha et al., 1994) انجام شد.

آنالیز آماری

روابط بین عملکرد غده و اجزا آن در تیمارهای مختلف مطالعه شده و آنالیز آماری با استفاده از نرم افزار آماری SAS ver 9.1 انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج نشان داد نوع و میزان مصرف کود فسفر اثر معنی‌داری بر شاخص سطح برگ نداشته است، در حالی که شاخص سطح برگ به طور معنی‌داری تحت تاثیر زمان مصرف کود فسفر قرار گرفته است (جدول ۳). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که زمان مصرف کود فسفر برای شاخص سطح برگ نسبت به نوع و میزان مصرف کود فسفر اهمیت بیشتری دارد.

جدول ۳- خلاصه تجزیه واریانس صفات فیزیولوژیک

Table 3. Analysis of variance of physiological characteristics

| منابع تغییرات | درجه آزادی | P _n | T | C _i | LAI | P | N | T _n | T _d | L _d | HI |
|---------------|------------|----------------------|---------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|---------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|---------------------|
| Block | 3 | 2.81 ^{ns} | 1.47 ^{ns} | 15692.28 ^{**} | 95452.5 ^{ns} | 42204.22 ^{**} | 2.21 ^{**} | ^{ns} 11.07 | 836.29 ^{ns} | 4.91 ^{ns} | 1.30 ^{ns} |
| A | 2 | 0.0089 ^{ns} | 0.36 ^{ns} | 4.34 ^{ns} | 22707.58 ^{ns} | 1676.92 ^{ns} | 0.013 ^{ns} | 1 ^{ns} | 8.31 ^{ns} | ^{ns} 33.06 | 20.17 ^{ns} |
| B | 1 | 2.091 ^{ns} | 1.55 ^{ns} | 889.24 ^{ns} | 14214.08 ^{ns} | 1185.24 ^{ns} | 0.081 ^{ns} | 0.18 ^{ns} | 157.68 ^{ns} | 0.038 ^{ns} | 3.15 ^{ns} |
| C | 1 | 30.81 ^{ns} | 0.084 ^{ns} | 4166.41 ^{ns} | 1016172 ^{**} | 23565.83 ^{**} | 0.052 ^{ns} | 17.52 [*] | 1073.52 ^{ns} | 3.87 ^{ns} | 3.48 ^{ns} |
| A×B | 2 | 22.89 ^{ns} | 2.26 ^{ns} | 7004.18 ^{ns} | 165763.58 ^{ns} | 1560.73 ^{ns} | 0.11 ^{ns} | 0.25 ^{ns} | 2248.93 ^{ns} | 18.96 ^{ns} | 8.69 ^{ns} |
| A×C | 2 | 17.84 ^{ns} | 0.22 ^{ns} | 5243.87 ^{ns} | 121015.75 ^{ns} | 2155.08 ^{ns} | 0.23 [*] | 0.084 ^{ns} | 2757.27 ^{ns} | 46.44 ^{ns} | 8.85 ^{ns} |
| B×C | 1 | 2.16 ^{ns} | 1.63 ^{ns} | 119.70 ^{ns} | 3640.08 ^{ns} | ^{ns} 5853.85 | 0.24 [*] | 11.02 ^{ns} | 143.52 ^{ns} | 21.89 ^{ns} | 9.85 ^{ns} |
| A×B×C | 2 | 42.93 ^{ns} | 1.65 ^{ns} | 5203.54 ^{ns} | 12025.58 ^{ns} | 15517.32 ^{**} | 0.13 ^{ns} | 2.58 ^{ns} | 2155.39 ^{ns} | 11.49 ^{ns} | 3.24 ^{ns} |
| Error | 33 | 16.04 ^{ns} | 1.13 ^{ns} | 3330.84 ^{ns} | 117576.00 ^{ns} | 1947.97 ^{ns} | 0.07 ^{ns} | 5.84 ^{ns} | 2585.19 ^{ns} | 15.19 ^{ns} | 15.79 ^{ns} |
| CV% | - | 12.35 | 9.87 | 10.23 | 15.68 | 8.56 | 8.21 | 14.33 | 13.58 | 12.89 | 11.46 |

P_n: فتوسنتز خالص برگ (Net Photosynthesis Rate)، T: تعرق (Transpiration Rate)، C_iCO₂: جذب شده (Amount of absorbed CO₂)، LAI: شاخص سطح برگ (Leaf Area Index)، P: میزان فسفر دم‌برگ (Leaf Phosphorus Concentration)، N: میزان نیتروژن برگ (Leaf Nitrogen Concentration)، T_n: تعداد غده در بوته (Tuber Number per Plant)، T_d: وزن خشک غده در بوته (Tuber Dry Weight)، L_d: وزن خشک برگ (Leaf Dry Weight)، HI: شاخص برداشت (Harvest Index)، A, B, C: به ترتیب نوع، میزان و زمان اعمال کود فسفر (P fertilizer Type, Amount and Application Time) و ° و °° به ترتیب نشان دهنده‌ی تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ و ns نشان دهنده‌ی عدم وجود تفاوت معنی‌دار می‌باشند.

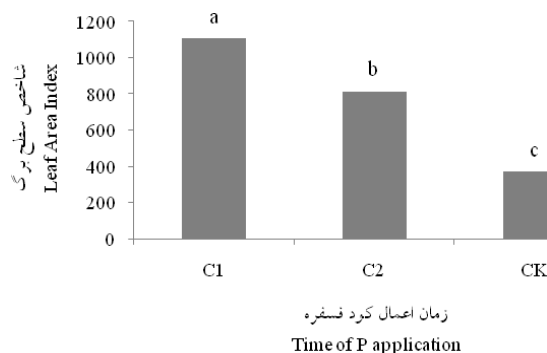
شاخص سطح برگ را به طور معنی‌داری افزایش داده است.

چنانکه در شکل ۱ نشان داده شده است، مصرف کود فسفر به صورت یکجا و در زمان کاشت،

افزایش زمان برای تجزیه کود در خاک و آزادسازی فسفر در فاز محلول شده است. از سوی دیگر فسفر عنصری با توانایی تحرک بسیار کم در خاک است و در صورت مصرف در زمان کاشت، گیاه نیز برای جذب این عنصر از خاک فرصت بیشتری در اختیار داشته است. بنابراین زمان اعمال کود فسفر بر غده‌زایی سیب‌زمینی و افزایش شدت فتوسنتز خالص موثر بوده است. در حالیکه نوع کود فسفر و مقدار آن تاثیری بر فرآیند غده‌زایی بوته‌های سیب‌زمینی و تبادلات گازی آنها نداشته‌اند (جدول ۳).

شاخص‌های مربوط به تبادلات گازی (میزان تعرق، هدایت روزنه‌ای و شدت فتوسنتز خالص) تحت تاثیر هیچ‌یک از تیمارهای مورد مطالعه قرار نگرفتند (جدول ۳).

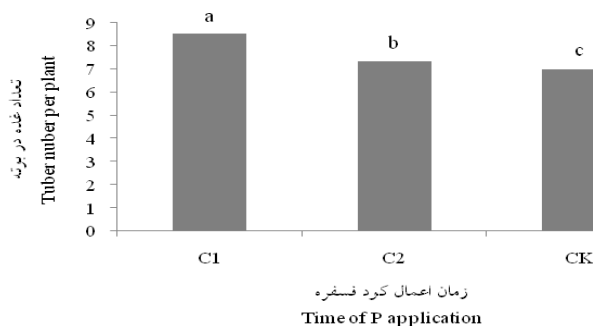
زمان اعمال کود فسفر (C) تنها تیماری بوده است که اثر معنی‌داری بر تعداد غده در هر بوته داشته است. اعمال تمام کود فسفر در زمان کاشت (C₁) سبب افزایش معنی‌دار تعداد غده تولید شده در هر بوته از ۷/۳ به ۸/۶ شد. به نظر می‌رسد که مصرف کود فسفر به صورت یکجا و در زمان کاشت، موجب



شکل ۱- مقایسه‌ی میانگین شاخص سطح برگ در زمان‌های مختلف اعمال کود فسفر.

CK: شاهد (عدم مصرف کود). C₁: مصرف در زمان کاشت بصورت نواری. C₂: مصرف نیمی در زمان کاشت بصورت نواری و نیمی دیگر بصورت سرک در زمان ظهور گیاهچه.

Figure 1. Comparison of Leaf Area Index in different time of P application. CK: Control, C₁: strip application at planting stage, C₂: ½ strip application at planting stage and ½ top-dressing.



شکل ۲- مقایسه میانگین تعداد غده در بوته در زمان‌های مختلف اعمال کود فسفر.

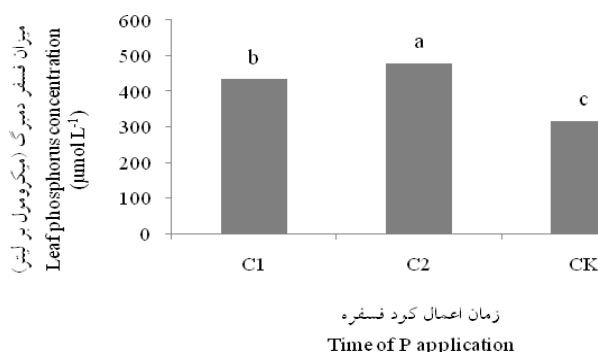
CK: شاهد (عدم مصرف کود). C₁: مصرف در زمان کاشت بصورت نواری. C₂: مصرف نیمی در زمان کاشت بصورت نواری و نیمی دیگر بصورت سرک در زمان ظهور گیاهچه.

Figure 2. Comparison of tuber number per plant in different time application of P fertilizer. CK: Control, C₁: Strip application at planting stage, C₂: ½ strip application at planting stage and ½ top-dressing.

کیلوگرم در هکتار. البته با توجه به تاثیر زمان کاربرد کود فسفر بر فرآیند غده‌زایی، ترکیب کودی برگزیده شده می‌بایست در زمان کاشت و به صورت یکجا به کار برده شود. محتوای فسفر در دمبرگ بوته‌های سیب‌زمینی تحت تاثیر معنی‌دار زمان اعمال کود فسفر و نیز اثر متقابل نوع کود فسفر با میزان کود فسفر با زمان اعمال کود فسفر قرار گرفته است (جدول ۳).

در صورت تقسیم کود فسفر به دو بخش و اعمال آن در دو زمان (کاشت و سرک)، میزان فسفر موجود در دمبرگ نسبت به حالتی که در آن کود فسفر به صورت یکجا و در زمان کاشت به کار برده شود به‌طور معنی‌داری افزایش یافته است (شکل ۳).

هیچ شکلی از نوع، میزان و زمان مصرف کود فسفر تاثیری بر وزن خشک غده‌های تولید شده نداشته است. با توجه به اینکه اعمال تمام کود فسفر در زمان کاشت سبب افزایش تعداد غده در واحد سطح شده بود و با توجه به عدم تاثیر معنی‌دار این عامل بر وزن خشک غده‌های تولید شده در هر بوته، می‌توان چنین نتیجه گرفت که اعمال تمام کود فسفره در زمان کاشت فقط فرآیند غده‌زایی در بوته‌های سیب‌زمینی را تحریک نموده است بدون اینکه وزن خشک غده‌های تولید شده را تحت تاثیر قرار دهد. یقیناً در چنین شرایطی کم‌هزینه‌ترین تیمار کودی قابل توصیه خواهد بود یعنی کود ارزان‌تر و قابل دسترس‌تر از یکی از انواع مونوآمونیم فسفات، دی-آمونیم فسفات و یا سوپرفسفات تریپل به میزان ۳۷



شکل ۳- مقایسه میانگین میزان فسفر دمبرگ در زمانهای مختلف اعمال کود فسفر.

CK: شاهد (عدم مصرف کود). C₁: مصرف در زمان کاشت بصورت نواری. C₂: مصرف نیمی در زمان کاشت بصورت نواری و نیمی دیگر بصورت سرک زمان ظهور گیاهچه.

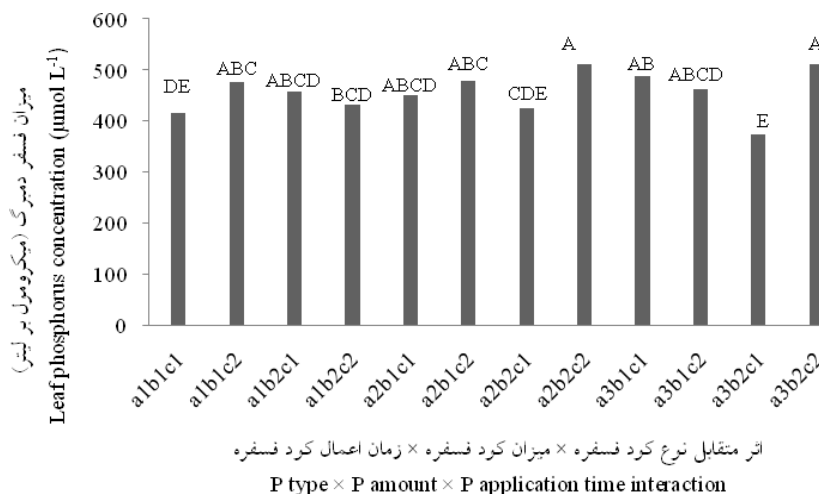
Figure 3. Comparison of leaf phosphorus concentration in different time of P application. CK: Control, C₁: strip application at planting stage, C₂: ½ strip application at planting stage and ½ top-dressing

صورت کاربرد یک مرحله‌ای کود فسفر در زمان کاشت، میزان جذب فسفر کاهش پیدا می‌کند. دوم اینکه به دلیل تحریک فرآیند غده‌زایی توسط کاربرد یک مرحله‌ای کود فسفر این امکان وجود دارد که فسفر پس از جذب توسط گیاه و انتقال به دمبرگ و

با وجودی که کاربرد کود فسفر در زمان کاشت موجب تحریک غده‌زایی شد، اما در مقایسه با کاربرد دو مرحله‌ای کود فسفر میزان کمتری از فسفر در دمبرگ را ایجاد نموده است. برای چنین مشاهده‌ای دو فرضیه می‌توان ارائه نمود: نخست اینکه در

اثبات آن نیازمند اندازه‌گیری میزان فسفر موجود در غده‌هاست.

برگ، در قالب ترکیبات فسفر مجدداً از برگ انتقال یافته و به مخزن‌های تازه آغازش یافته منتقل شده باشد. اگرچه فرضیه دوم منطقی‌تر به نظر می‌رسد ولی



شکل ۴- مقایسه میانگین میزان فسفر برگ در اثر متقابل نوع کود فسفر با میزان کود فسفر با زمان اعمال کود فسفر. a₁: مونو آمونیوم فسفات. a₂: دی آمونیوم فسفات. a₃: سوپرفسفات تریپل. b₁: ۳۷ کیلوگرم فسفر خالص در هکتار. b₂: ۷۴ کیلوگرم فسفر خالص در هکتار. c₁: مصرف در زمان کاشت. c₂: مصرف نیمی از کود در زمان کاشت و نیم دیگر به صورت سرک. Figure 4. Comparison of leaf phosphorus concentration in P type × P amount × P application time interaction.

a₁: Mono Ammonium Phosphate. a₂: Di Ammonium Phosphate. a₃: Super Phosphate. b₁: 37 kgP/ha. b₂: 74 kgP/ha. C₁: strip application at planting stage, C₂: ½ strip application at planting stage and ½ top-dressing.

کیلوگرم در هکتار، میزان فسفر در برگ گیاه سیب‌زمینی به صورت خطی افزایش پیدا کرده و از ۵/۸ کیلوگرم در هکتار به ۱۱/۸ کیلوگرم در هکتار رسیده است (Alvarez-Sanchez et al., 1999).

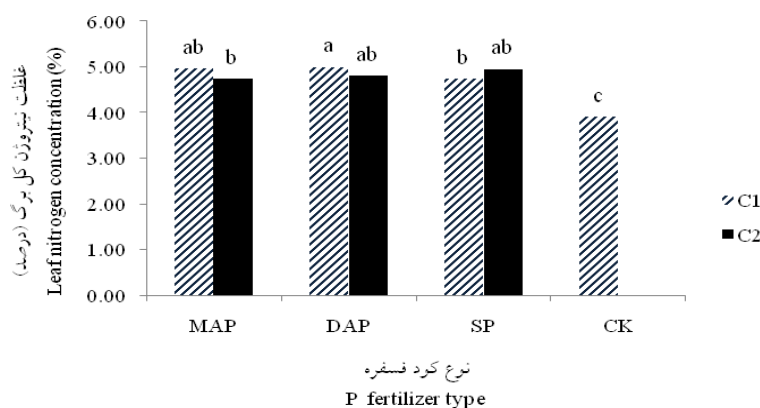
غلظت نیتروژن برگ در سطوح مختلف اثر متقابل نوع کود فسفر با زمان اعمال کود فسفر و نیز در سطوح مختلف اثر متقابل میزان کود فسفر با زمان اعمال کود فسفر معنی‌دار شد (جدول ۳).

بالاترین میزان نیتروژن برگ در بوته‌هایی بوده که کود دی‌آمونیم فسفات را به صورت یکجا و در زمان کاشت دریافت نموده بودند (شکل ۵). چنین مشاهده‌ای منطقی به نظر می‌رسد چراکه میزان نیتروژن موجود در دی‌آمونیم فسفات از دو کود دیگر مورد مطالعه (مونو آمونیوم فسفات و سوپرفسفات تریپل) بیشتر است.

کامل‌ترین و گسترده‌ترین اثر متقابل معنی‌دار شده در رابطه با میزان فسفر دمبرگ، اثر متقابل سه‌گانه نوع کود فسفر با میزان کود فسفر با زمان اعمال کود فسفر بوده است (شکل ۴). بالاترین میزان فسفر دمبرگ در تیمارهایی بوده است که در آنها کود فسفر (دی‌آمونیم فسفات یا سوپرفسفات تریپل) به میزان ۷۴ کیلوگرم فسفر خالص در هکتار (b₂) و در دو نوبت کاشت + سرک (c₂) اعمال شده بود، درحالی‌که اعمال همان کودها به صورت یک‌جا کمترین میزان فسفر دمبرگ را ایجاد نمود. اگرچه تعداد داده‌های به‌دست آمده از این پژوهش برای تعیین نوع رابطه بین میزان فسفر خاک و میزان فسفر انباشت شده در برگ سیب‌زمینی اندک است اما گزارش شده است که با افزایش مصرف کود سوپرفسفات از ۰ به ۲۰۷

همچنین کاربرد دو مرحله‌ای کود مونوآمونیم فسفات نیز کمترین میزان نیتروژن برگ را ایجاد نمود. هر ۳ تیمار کود فسفر در مقایسه با تیمار شاهد میزان نیتروژن برگ را به‌طور معنی‌داری افزایش داده‌اند.

درعین حال کاربرد کودهای فسفاته در زمان کاشت، فرصت بیشتری برای تجزیه و آزادسازی تدریجی عناصری همچون نیتروژن و فسفر را فراهم می‌آورد. کمترین میزان نیتروژن کل برگ نیز در تیمارهایی دیده شد که در آنها از کود سوپرفسفات تریپل استفاده شده بود که فاقد نیتروژن است.



شکل ۵- مقایسه میانگین نیتروژن کل برگ در سطوح اثر متقابل نوع کود فسفر × زمان اعمال کود فسفر. MAP: مونوآمونیم فسفات. DAP: دی آمونیوم فسفات. SP: سوپرفسفات تریپل. CK: تیمار شاهد (عدم مصرف کود)، C₁: مصرف در زمان کاشت. C₂: مصرف نیمی از کود در زمان کاشت و نیم دیگر به صورت سرک.

Figure 5. Comparison of leaf nitrogen in P type × P application time interaction. MAP: Mono Ammonium Phosphate, DAP: Di Ammonium Phosphate. SP: Super Phosphate. CK: Control. C₁: strip application at planting stage, C₂: 1/2 strip application at planting stage and 1/2 top-dressing.

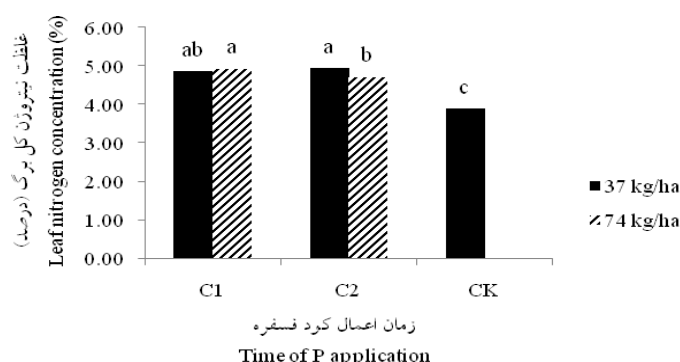
از ۲۸ میلی‌متر)، تعداد و وزن غده‌های بزرگ‌تر از اندازه بذری (غده‌های بزرگ‌تر از ۶۵ میلی‌متر) تعیین شد. فقط میزان کود فسفر توانست تعداد غده تولید شده در واحد سطح را به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر قرار دهد و تاثیر سایر فاکتورها بر این پارامتر معنی‌دار نبوده است (جدول ۴). در شکل ۸ نشان داده شده است که مصرف فسفر تعداد غده در واحد سطح را نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش داده است. نتایج این آزمایش موافق با نتایج بسیاری از محققین است (Sanderson et al., 2003; Maier et al., 2002; Freeman et al., 1998) که گزارش نمودند مصرف فسفر باعث افزایش غده‌بندی می‌شود. البته میزان

در سطح نخست از عامل میزان کود فسفر، کاربرد دو مرحله‌ای کود سبب افزایش معنی‌دار میزان نیتروژن برگ شده است، درحالی‌که در سطح دوم از عامل میزان کود فسفر، واکنش میزان نیتروژن کل برگ به سطوح عامل زمان اعمال کود فسفر برعکس شده است (شکل ۶).

یکی از استانداردهای مورد نظر مؤسسه جهت گواهی بذری سیب‌زمینی، قرارگرفتن غده‌های بذری در اندازه‌ی استاندارد ۳۰ تا ۶۵ میلی‌متر می‌باشد. براین اساس تعداد و وزن کل غده در واحد سطح، تعداد کل و وزن غده‌های اندازه بذری (۲۸-۶۵ میلی‌متر)، تعداد غده‌های کوچک‌تر از اندازه بذری (کوچک‌تر

توسط آزمایشگاه منجر به افزایش معنی دار عملکرد و تعداد غده می شود، درحالیکه با افزایش مصرف فسفر به ۲ و ۳ برابر مقدار توصیه شده، عملکرد و تعداد غده به طور معنی داری کاهش پیدا می کند. آنها دلیل چنین مشاهده ای را بلوکه شدن برخی عناصر از جمله عنصر روی در خاک توسط یونهای فسفر اعلام نمودند (Hopkins and Ellsworth, 2003).

کمتر فسفر به کاررفته توانسته است بیشتر از مقدار بالاتر آن تعداد غده تولید شده در واحد سطح را افزایش دهد. بنابراین شاید بتوان گفت که برای میزان کود فسفوری که می توان در چنین زمین زراعی مصرف کرد آستانه ای وجود دارد که یقیناً پایین تر از ۷۴ کیلوگرم فسفر خالص در هکتار است. این مشاهده موید گزارش هایکینز و السوورس است که مشاهده نمودند مصرف فسفر به مقدار توصیه شده



شکل ۶- مقایسه میانگین نیتروژن کل برگ در اثر متقابل مقدار کود فسفر × زمان اعمال کود فسفر.

CK: تیمار شاهد (عدم مصرف کود)، C₁: مصرف در زمان کاشت، C₂: مصرف نیمی از کود در زمان کاشت و نیم دیگر به صورت سرک.

Figure 6. Comparison of leaf nitrogen in P amount × P application time interaction.

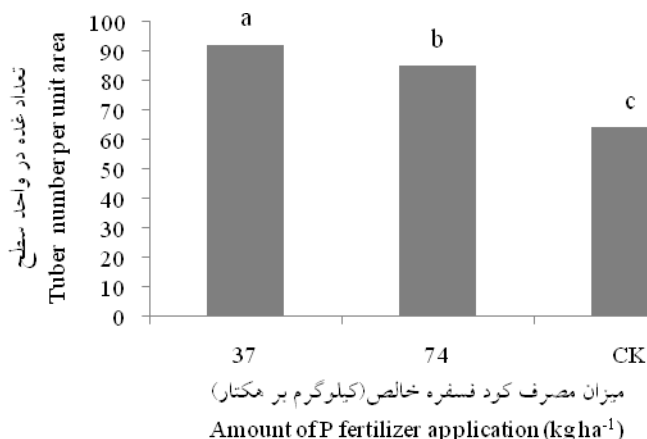
CK: Control, C₁: strip application at planting stage, C₂: ½ strip application at planting stage and ½ top-dressing.

جدول ۴- خلاصه تجزیه واریانس اندازه غده سیب زمینی

Table 4. Analysis of variance of potato tuber size

| | df | TNUA | TWUA | WST | NST | TN>65mm | TN<28 mm | WOST |
|-------|----|----------------------|--------------------|---------------------|----------------------|---------------------|--------------------|----------------------|
| Block | 3 | 415.9 [*] | 6.56 ^{**} | 2.91 ^{ns} | 335.68 [*] | 11.8 [*] | 9.41 ^{ns} | 0.01 ^{ns} |
| A | 2 | 56.64 ^{ns} | 2.2 ^{ns} | 3.7 [*] | 61.52 ^{ns} | 0.58 ^{ns} | 0.52 ^{ns} | 0.006 ^{ns} |
| B | 1 | 609.18 [*] | 1.08 ^{ns} | 0.96 ^{ns} | 553.52 [*] | 0 ^{ns} | 3 ^{ns} | 0.0007 ^{ns} |
| C | 1 | 67.68 ^{ns} | 0.04 ^{ns} | 0.99 ^{ns} | 40.02 ^{ns} | 5.34 ^{ns} | 0.08 ^{ns} | 0.02 [*] |
| A×B | 2 | 171.43 ^{ns} | 1.16 ^{ns} | 1.87 ^{ns} | 162.77 ^{ns} | 9.25 ^{ns} | 9.18 ^{ns} | 0.02 ^{**} |
| A×C | 2 | 99.43 ^{ns} | 1.02 ^{ns} | 1.091 ^{ns} | 131.02 ^{ns} | 1.58 ^{ns} | 1.89 ^{ns} | 0.003 ^{ns} |
| B×C | 1 | 25.52 ^{ns} | 1.35 ^{ns} | 0.067 ^{ns} | 4.68 ^{ns} | 10.08 ^{ns} | 16.34 [*] | 0.006 ^{ns} |
| A×B×C | 2 | 1.39 ^{ns} | 0.29 ^{ns} | 0.24 ^{ns} | 6.43 ^{ns} | 1.08 ^{ns} | 5.39 ^{ns} | 0.01 [*] |
| Error | 33 | 128.95 | 0.89 | 1.09 | 121.33 | 3.51 | 3.34 | 0.003 |

TNUA: تعداد کل غده در واحد سطح (Tuber Number per Unit Area)، TWUA: وزن غده در واحد سطح (Tuber Weight per Unit Area)، WST: وزن غده در اندازه بذری (Weight of Seed Tubers)، NST: تعداد غده در اندازه بذری (Number of Seed Tubers)، TN>65mm: تعداد غده های بزرگتر از ۶۵ میلی متر (Tuber Number bigger than 65 mm)، TN<28 mm: تعداد غده های کوچکتر از ۲۸ میلی متر (Tuber Number smaller than 28mm)، WOST: وزن غده های خارج از اندازه بذری (Weight of Over Size Tubers)، A, B, C: به ترتیب نوع، میزان و زمان اعمال کود فسفر (P fertilizer Type, Amount and Application Time respectively). * و ** به ترتیب نشان دهنده تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ و ns نشان دهنده عدم وجود تفاوت معنی دار می باشند.

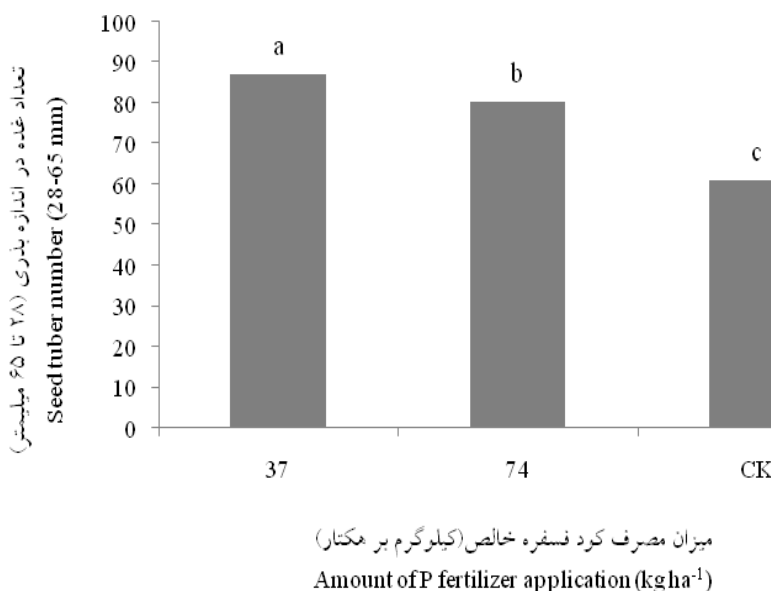


شکل ۷. مقایسه میانگین تعداد غده تولید شده در واحد سطح در سطوح مختلف فسفر خالص به کار رفته و مقایسه با تیمار شاهد (عدم مصرف کود: CK).

Figure 7. Comparison of produced tuber per unit area in different P level and control (CK)

سطح بود (جدول ۴). در شکل ۸ نشان داده است که کاربرد کود فسفر، تعداد غده بذری در واحد سطح را نسبت به شاهد به طور معنی داری افزایش داده است.

تنها عامل موثر بر تعداد غده تولید شده در واحد سطح که در اندازه بذری قرار داشتند (۲۸ تا ۶۵ میلی - متر) عامل میزان فسفر خالص به کار رفته در واحد



شکل ۸. مقایسه میانگین تعداد غده بذری تولید شده در واحد سطح در سطوح مختلف فسفر خالص به کار رفته و مقایسه با تیمار شاهد (عدم مصرف کود: CK).

in different P level and control (CK) Figure 8. Comparison of produced seed tuber per unit area

بیشتر از سطح بالاتر فسفر خالص بوده است. وسترمن و همکاران (Westerman et al., 1985) نشان دادند با

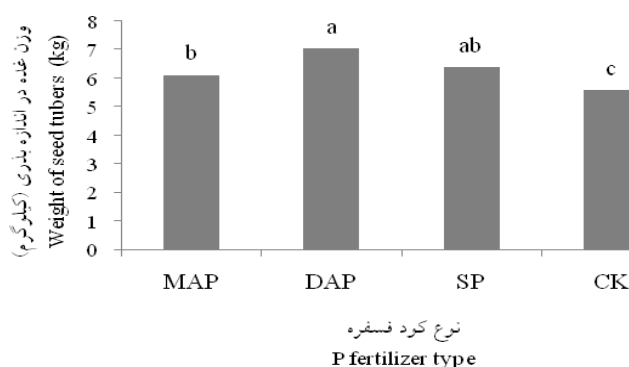
البته تاثیر میزان پایین تر فسفر خالص بر تعداد غده بذری تولید شده در واحد سطح به طور معنی داری

دلیل بر خورداری از نیتروژن بالاتر نقش مثبت تری در ایجاد وزن غده‌های بذری داشته است.

وزن غده‌های خارج از اندازه بذری تحت تأثیر زمان اعمال کود فسفر و اثر متقابل نوع کود فسفر با میزان کود فسفر قرار گرفت (جدول ۴). در صورت تقسیم کود فسفر به دو بخش و مصرف آن به صورت هنگام کاشت و سرک، وزن غده‌های خارج از اندازه بذری به طور معنی‌داری بالاتر از حالتی خواهد بود که کل کود فسفر به صورت یکجا و در هنگام کاشت به کار برده شود (شکل ۱۰).

افزایش مصرف کود فسفر اختصاص ماده خشک از غده به اندام‌های رویشی مثل برگ بیشتر می‌شود و کاهش در اندازه غده می‌تواند نتیجه این تغییر باشد.

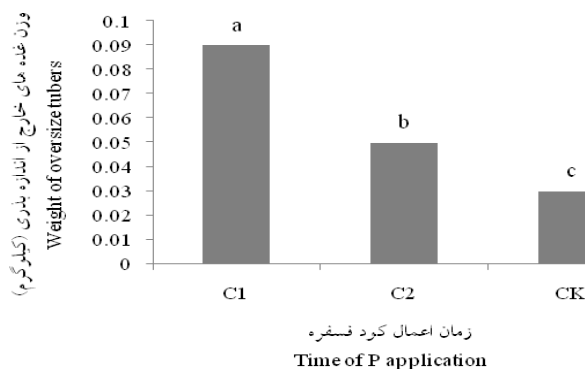
وزن غده‌هایی که در اندازه بذری قرار داشتند فقط تحت تأثیر معنی‌دار نوع کود فسفر قرار گرفت (جدول ۴). مصرف کود دی‌آمونیم فسفات سبب ایجاد بالاترین وزن غده‌های بذری در واحد سطح شد، در حالیکه مونوآمونیم فسفات کمترین مقدار وزنی غده‌های بذری را ایجاد نمود. کود سوپرفسفات تریپل نیز از این لحاظ در حد میانه قرار گرفت (شکل ۹). از اینرو به نظر می‌رسد کود دی‌آمونیم فسفات به



شکل ۹. مقایسه میانگین وزن غده بذری تولید شده توسط انواع مختلف کود فسفر

CK: شاهد (عدم مصرف کود)، MAP: مونوآمونیم فسفات، DAP: دی‌آمونیم فسفات، SP: سوپرفسفات تریپل.

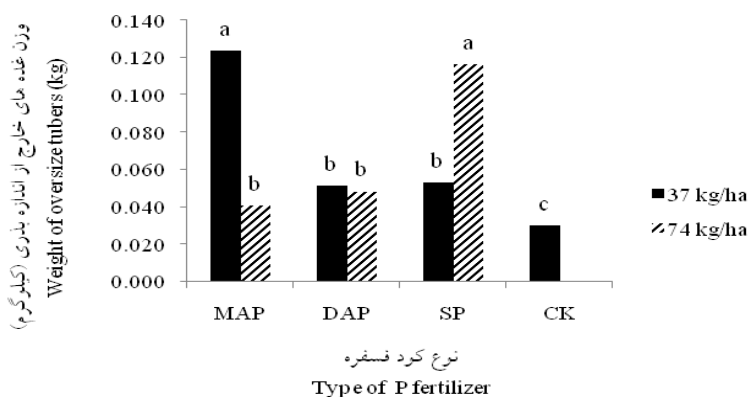
Figure 9. Comparison of produced seed tubers weight in different P fertilizer type
CK: Control, MAP: Mono Ammonium Phosphate, DAP: Di Ammonium Phosphate. SP: Super Phosphate.



شکل ۱۰. مقایسه میانگین وزن غده‌های خارج از اندازه بذری در سطوح مختلف زمان اعمال کود فسفر.

CK: تیمار شاهد (عدم مصرف کود)، C₁: مصرف در زمان کاشت، C₂: مصرف نیمی از کود در زمان کاشت و نیم دیگر به صورت سرک.

Figure 10. Comparison of oversize tuber weights under different times of P fertilizer applications.
CK: Control, C₁: strip application at planting stage, C₂: ½ strip application at planting stage and ½ top-dressing.



شکل ۱۱. مقایسه میانگین وزن غده‌های خارج از اندازه بذری در سطوح مختلف اثر متقابل نوع کود فسفره × میزان کود فسفره. CK: تیمار شاهد (عدم مصرف کود)، MAP: مونو آمونیوم فسفات، DAP: دی آمونیوم فسفات، SP: سوپرفسفات تریپل.

Figure 11. Comparison of oversize tuber weight under P types × P amounts interaction. CK: Control, MAP: Mono Ammonium Phosphate, DAP: Di Ammonium Phosphate. SP: Super Phosphate.

دی‌آمونیم فسفات به طور معنی‌داری بالاتر از دو کود دیگر فسفر بوده است.

کاربرد کود فسفر تعداد غده بذری تولید شده در واحد سطح را به طور معنی‌داری افزایش داد. تأثیر پایین‌تر سطح فسفر (۳۷ کیلوگرم فسفر خالص در هکتار) بیشتر از بالاتر سطح فسفر (۷۴ کیلوگرم فسفر خالص در هکتار) بود که نشانگر لزوم توجه به شرایط خاک جهت دستیابی به حداکثر عملکرد بذری است. بهتر است کود فسفر به صورت یکجا و در زمان کاشت مصرف شود. این روش استفاده از کود فسفر علی‌رغم عدم تأثیر معنی‌دار بر شاخص‌های تبادل گازی، شاخص سطح برگ را به طور معنی‌داری افزایش داده و از این طریق سبب افزایش معنی‌دار تعداد غده تولید شده در هر بوته شده است. ضمن اینکه در این روش زمان کافی جهت تجزیه کود در خاک و بهره‌مندی گیاه از آن فراهم گردیده است.

مصرف مونو آمونیوم فسفات به میزان ۱۴۰ کیلوگرم در هکتار (معادل ۳۷ کیلوگرم فسفر خالص در هکتار) و یا سوپرفسفات تریپل به میزان ۲۸۶ کیلوگرم در هکتار (معادل ۷۴ کیلوگرم فسفر خالص در هکتار)، بالاترین مقدار وزنی غده‌های خارج از اندازه بذری را تولید نموده است (شکل ۱۱). در حالی که مصرف دی‌آمونیم فسفات به هر میزان که باشد کمترین مقدار وزنی غده‌های خارج از اندازه بذری را ایجاد نموده است. به عبارتی دیگر، مقایسه‌ی میانگین بین منابع مختلف کود فسفر نشان داده که دی‌آمونیم فسفات نسبت به سوپرفسفات تریپل و مونو آمونیوم فسفات و تیمار شاهد بیشترین تأثیر را بر کاهش وزن غده‌هایی که در اندازه استاندارد نبوده‌اند داشته است.

نتیجه‌گیری کلی

نوع کود فسفر فقط وزن غده در اندازه بذری را تحت تأثیر قرار داد و از این نظر تأثیر کود

References

- Agricultural Statistics Book. Crop year 2010-2011.** Crops. Ministry of Jihade-Agriculture. Volume 1.
Alvarez-Sanchez, E., J. D. Etchevers, J. Ortiz, R. Nunez, V. Volke, L. Tijerina and A. Martinez. 1999. Biomass production and phosphorus accumulation of potato as affected by phosphorus nutrition. J Plant Nutr. 22: 205-217.

منابع

- Chatzivassiliou, E.K., E. Moschos., S. Gazi., P. Koutretsis and M. Tsoukaki. 2008.** Infection of potato crop and seeds with potato virus Y and potato leafroll virus in Greece. *J Plant Pathol.* 90: 253-261.
- Freeman, K.L., P. R. Franz and R. W. de Jong. 1998.** Effect of phosphorus on the yield, quality, and petiolar phosphorus concentrations of potatoes (cvv. Russet Burbank and Kennebec) grown in the krasnozom and duplex soils of Victoria. *Aust J Exp Agric.* 38: 83-93.
- Hopkins, B. and J. Ellsworth. 2003.** Phosphorus nutrition in potato production. Idaho Potato Conference, January 22-23.
- Jenkins, P. D. and H. Ali. 1999.** Growth of potato cultivars in response to application of phosphate fertilizer. *Ann Appl Biol.* 135: 431-438.
- Jenkins, P. D. and H. Ali. 2000.** Phosphate supply and progeny tuber number in potato crops. *Ann Appl Biol.* 136: 41-46.
- Knowles, N.R. and L. O. Knowles. 2006.** Manipulating stem number, tuber set, and yield relationships for northern- and southern grown potato seed lots. *Crop Sci.* 46: 284-296.
- Moody, P.W., D. G. Edwards and L. C. Bell. 1995.** Effect of banded fertilizers on soil solution composition and short-term root growth. II. Mono- and di-ammonium phosphates. *Aust J Soil Res.* 33: 689-707.
- Minocha, R., W. C. Shortel., S. L. Long and S. C. Minocha. 1994.** A rapid Reliable procedure for extraction of cellular polyamines and inorganic ions from plant tissues. *Plant Growth Regul.* 13: 187-193.
- Rosen, C. J. and P. M. Bierman. 2008.** Best management practices for nitrogen use: irrigated potatoes. University of Minnesota Extension Service. Publication 841.
- Sanderson, J. B., J. A. Macleod., B. Douglas., R. Coffin and T. Bruulsema. 2003.** Phosphorus research on potato in PEI. *Acta Hort.* 619: 409-417.
- Stark, J., D. Westermann and B. Hopkins. 2004.** Nutrient Management Guidelines for Russet Burbank Potatoes. University of Idaho. 1-12.