

تأثیر نوع کود فسفات و نحوه عرضه نیتروژن بر عملکرد غده و شاخص‌های رشد سه رقم سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.)

مسعود جلیلی هنرمند^۱ و محمدعلی ابوطالبیان^{۲*}

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۲/۱۳

تاریخ بازنگری: ۱۳۹۸/۱۱/۱۹

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۹/۶

چکیده

نیتروژن و فسفر به عنوان عناصر غذایی ضروری، در رشد و نمو گیاهان مطرح می‌باشند. از طرفی نوع و نحوه مصرف کود، نقش مهمی در کارایی جذب عناصر و صرفه جویی در مصرف آن دارد. بدین منظور آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در منطقه بهار همدان در سال ۱۳۹۶ اجرا گردید و در آن نوع کود فسفر در سه سطح (عدم مصرف، سوپر فسفات تریپل و دی‌آمونیم فسفات)، کود نیتروژن در دو سطح (مصرف نواری و پخش سطحی) و رقم سیب‌زمینی در سه سطح (آگریا، بانبا و سانته) به صورت فاکتوریل در نظر گرفته شدند. بیشترین‌های شاخص سطح برگ (۵/۲۷)، سرعت رشد (۱۳/۲۲ گرم بر متر مربع در روز) و ماده خشک کل (۵۸۲/۸۶ گرم بر متر مربع) از مصرف دی‌آمونیم فسفات به همراه جایگذاری نیتروژن در رقم آگریا به دست آمدند. نتایج نشان داد که در شرایط کمبود فسفر، شیوه مصرف نیتروژن بر شاخص‌های سطح برگ، سرعت رشد و ماده خشک کل تأثیری نداشت، اما عملکرد غده رقم آگریا در کمبود فسفر با مصرف نواری نیتروژن افزایش نشان داد. در این تحقیق استفاده از دی‌آمونیم فسفات در مقایسه با سوپر فسفات تریپل سبب افزایش شاخص‌های سطح برگ، سرعت رشد، سرعت رشد نسبی و ماده خشک کل گردید و تأثیر کاربرد نواری نیتروژن همراه سوپر فسفات تریپل بیشتر از دی‌آمونیم فسفات بود. شاخص کلروفیل در شرایط مصرف دی‌آمونیم فسفات تحت تأثیر شیوه مصرف نیتروژن قرار نگرفت در حالی مصرف نواری نیتروژن با سوپر فسفات تریپل شاخص کلروفیل را ۶/۵ درصد افزایش داد. نتایج مربوط به عملکرد غده نشان داد، که اگر همراه با سوپر فسفات تریپل کود نیتروژن جایگذاری گردد، عملکرد بانبا ۲۵/۴ درصد افزایش می‌یابد. بر اساس نتایج بدست آمده، بالاترین عملکرد غده در هر سه رقم، به‌ویژه در بانبا و آگریا با مصرف نواری نیتروژن همراه با دی‌آمونیم فسفات به دست آمد.

واژگان کلیدی: دی‌آمونیم فسفات، سرعت رشد، سوپر فسفات تریپل، شاخص سطح برگ.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.

۲- دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.

مقدمه

سیب زمینی (*Solanum tuberosum* L.) از محصولات غده‌ای است که نقش مهمی در تغذیه مردم جهان دارد و بعد از گندم، ذرت و برنج چهارمین محصول زراعی مهم جهان به‌شمار می‌رود. مصرف این محصول در دنیا روز به روز در حال افزایش است به‌طوری‌که در بسیاری از کشورهای اروپایی، جانشین نان گندم شده است (Rens *et al.*, 2015). با توجه به روند رو به رشد جمعیت و گرانی سایر منابع غذایی، نیاز به تولید بیشتر این محصول اجتناب‌ناپذیر است. میزان تولید سالیانه آن در جهان ۳۸۸ میلیون تن با سطح زیرکشت ۱۹ میلیون هکتار و در ایران نیز سطح زیر کشت حدود ۱۶۰ هزار هکتار با تولید بیش از ۵/۱ میلیون تن می‌باشد (Anonymous, 2017). این محصول با وجود عملکرد زیاد در واحد سطح، بسیار نهاده بر است بنابراین تامین نیاز غذایی گیاه در هریک از مراحل رشد، تأثیر اساسی بر عملکرد و سایر شاخص‌های رشد آن می‌گذارد (Streck *et al.*, 2007). در همین راستا، شناخت و بررسی شاخص‌های فیزیولوژیکی رشد، در تجزیه و تحلیل عوامل مؤثر بر عملکرد و اجزای عملکرد سیب زمینی از اهمیت زیادی برخوردار است. به طور کلی، تجزیه کمی رشد یکی از راه‌های شناخت عوامل مؤثر بر عملکرد محسوب می‌شود (Rosen and Bierman, 2008).

استفاده از کود نیتروژن، رشد اندام‌های هوایی سیب‌زمینی را به‌طور مطلوبی تحریک نموده و موجب افزایش شاخص سطح برگ می‌شود و از آنجا که میزان فتوسنتز و تولید ماده خشک گیاه ارتباط تنگاتنگی با سطح برگ دارد، افزایش شاخص سطح برگ می‌تواند نهایتاً منجر به افزایش عملکرد غده گردد (Hosseinpanahi *et al.*, 2018).

(al., 2009). کمبود نیتروژن در سیب‌زمینی سبب کاهش شدید غلظت کلروفیل می‌شود که منجر به کاهش قابل توجه کارایی مصرف نور در این گیاه می‌گردد (Mark, 2014). مصرف مدیریت نشده کودهای نیتروژنی سبب هدر رفت آن از طریق آبشویی، دنیتریفیکاسیون و تصعید آمونیومی می‌شود (Mark, 2014). از طرف دیگر با توجه به عوارض مصرف کودهای شیمیایی نیتروژنی و هزینه‌های زیاد آن لازم است الگوی مصرف این کودها تغییر یابد تا سبب بالا رفتن راندمان مصرف کودهای شیمیایی گردد. محققین معتقدند که پخش سطحی کودهای نیتروژن‌دار باعث افزایش هدر رفت کود می‌شود و باید از روش جایگذاری کود نیتروژن‌دار در ردیف‌های کاشت استفاده کرد (Mehmood *et al.*, 2018). در گندم کاربرد نواری کود نیتروژنی مناسب‌ترین و کارآمدترین روش توزیع کود عنوان شده است (Golik *et al.*, 2005). همچنین، نوع و روش مصرف کودها از جمله عوامل تأثیرگذار بر قابلیت جذب عناصر غذایی به وسیله گیاه زراعی است (Keshavarz *et al.*, 2018).

فسفر از جمله عناصر غذایی اصلی مورد نیاز گیاه است که در بسیاری از فرآیندهای بیوشیمیایی، ترکیبات انرژی‌زا، ساخت و انتقال انرژی، نقش مهمی دارد. کمبود این عنصر، فعل و انفعالات سوخت و ساز نظیر تبدیل قند به نشاسته را در گیاه متوقف می‌سازد. به دلیل ظرفیت بالای برخی خاک‌ها برای تثبیت فسفر، تحرک آن در خاک در مقایسه با سایر عناصر بسیار کم است. در خاک‌های آهکی رسوب فسفر به‌صورت فسفات کلسیم، عامل اصلی کاهش قابلیت جذب فسفر در خاک به‌شمار می‌رود (Balyan *et al.*, 2008). نشان داده شده زمانی که کود فسفر به خاک

عمده پژوهش‌های مربوط به کاربرد کود نیتروژن در کشت سیب‌زمینی به مقدار و زمان مصرف کود معطوف بوده و کمتر به روش کاربرد کود پرداخته شده است. با توجه به آنچه گفته شد به نظر می‌رسد یکی از راه‌های دستیابی به عملکرد مطلوب در سیب‌زمینی، مدیریت مصرف نیتروژن و فسفر در طول فصل رشد است و برای مدیریت کود، ارزیابی شاخص‌های رشد در طول فصل رشد امری ضروری است. به همین منظور در پژوهش حاضر تأثیر نوع کود فسفات و روش عرضه کود نیتروژنی (اوره) روی برخی از شاخص‌های فیزیولوژیکی رشد، شاخص کلروفیل، تعداد غده در بوته و عملکرد غده سه رقم سیب‌زمینی مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

به‌منظور تعیین واکنش‌پذیری عملکرد غده، تعداد غده در بوته و برخی شاخص‌های فیزیولوژیکی رشد سه رقم سیب‌زمینی به مصرف نواری اوره و نوع کود فسفات، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل سه عاملی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در شهرستان بهار (استان همدان) در سال ۱۳۹۶ اجرا گردید. فاکتور اول نوع کود فسفات شامل سوپر فسفات تریپل، دی‌آمونیم فسفات و عدم مصرف فسفات بود. فاکتور دوم شیوه مصرف کود نیتروژن که از دو سطح مصرف پخش و نواری تشکیل شد و فاکتور سوم نیز سه رقم سیب‌زمینی مورد کاشت در منطقه به نام‌های آگریا، بانبا و سانته بود. زمین مورد نظر در پاییز سال قبل توسط گاو آهن برگردان‌دار شخم زده شد و در اردیبهشت ماه ۱۳۹۶ دو بار به‌صورت عمود بر هم چیزل خورده و آماده کشت گردید. به‌منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش قبل از

افزوده می‌شود، بخشی از آن باعث افزایش فسفر محلول و مابقی رسوب می‌نماید و با قدرت زیاد در خاک تثبیت می‌شود که به آسانی با فسفر محلول به تعادل نمی‌رسد (Abdel-Rahman, 2008).

کودهای آمونیومی در خاک طی فرایندهای زیستی ناشی از ریزجانداران به نیترات تبدیل می‌شوند و فرایند تشکیل نیترات سبب اسیدی شدن خاک در محدوده مصرف کود می‌شود (Ma *et al.*, 2014). در خاک‌های آهکی از جمله بیشتر خاک‌های ایران، بالا بودن pH سبب نامحلول شدن فسفر در ناحیه رایزوسفر می‌شود، بنابراین وجود آمونیوم در ساختار کودهای فسفاته (مانند کود دی‌آمونیم فسفات) و یا وجود کود نیتروژنی در کنار کودهای فسفاته مرسوم (سوپرفسفات تریپل) ممکن است در کاهش رسوب‌گذاری و افزایش جذب فسفر توسط گیاهان مفید باشد (Balyan *et al.*, 2008). در تحقیقی روی سویا گزارش شده است مصرف بخشی از کود نیتروژن به‌صورت نواری همراه با فسفات سبب بهبود شاخص سطح برگ، سرعت فتوسنتز خالص و سرعت رشد محصول در شرایط تنش رطوبت گردید و عملکرد دانه را در شرایط تنش شدید رطوبت ۲۰ درصد افزایش داد و علت آن افزایش جذب فسفر در حضور کود نیتروژن بیان شده است (Sadeghi and Aboutalebian, 2019). در کلزا نیز گزارش شد با مصرف بیشتر فسفات آمونیوم عملکرد دانه ۱۸/۴ درصد افزایش یافت (Madani *et al.*, 2010). در سیب‌زمینی نیز مصرف فسفات آمونیوم تعداد غده در واحد سطح و عملکرد آن را به‌طور معنی‌داری افزایش داده است (Zelalem *et al.*, 2009)، در صورتی‌که مصرف کود سوپر فسفات تریپل کمترین تأثیر را بر قطر طبق آفتابگردان گذاشته است (Moradi *et al.*, 2009).

آبیاری با استفاده از سیستم بارانی از نوع کلاسیک ثابت و بر اساس نیاز گیاه تقریباً هر ۶ روز یکبار انجام شد. برای محاسبه مقدار آب لازم در هر بار آبیاری تا حد ظرفیت زراعی، در تمام کرت‌ها از رابطه ۱ استفاده شد و با کنترل حجمی اعمال شد (Mazaheri and Majnon Hoseini, 2001):

$$d = [(Fc - P_0) / 100] \times A_s \times D \quad \text{رابطه ۱:}$$

در این رابطه d = ارتفاع آب آبیاری، Fc = درصد رطوبت وزنی خاک در مرحله ظرفیت زراعی (۲۷/۶ درصد)، P_0 = درصد رطوبت وزنی خاک در زمان آبیاری، A_s = وزن مخصوص ظاهری خاک (۱/۳۹ گرم بر سانتی‌متر مکعب) و D = عمق توسعه یا گسترش ریشه (۴۰ سانتی‌متر) بود که با ضرب کردن ارتفاع (d) در ۱۰۰، حجم آب مورد نیاز بر حسب مترمکعب در هکتار مشخص شد.

کلیه عملیات زراعی مانند خاک‌دهی و سم‌پاشی علیه علف‌های هرز با متری‌بوزین (سنکور) به میزان نیم کیلوگرم در هکتار توسط سم‌پاش پستی موتوری، مطابق با نیاز مزرعه به طور یکسان در تمام کرت‌ها صورت گرفت. برای ترسیم روند تغییرات شاخص‌های فیزیولوژیک در طول فصل رشد، ۱۵ روز پس از کاشت تا پایان فصل رشد هر دو هفته یکبار، از هر کرت پنج بوته سیب‌زمینی با در نظر گرفتن حاشیه، انتخاب و سطح برگ و وزن خشک آنها اندازه‌گیری شد. سطح برگ با کاغذ شطرنجی و وزن خشک پس از قرار گرفتن اندام‌های هوایی و غده‌ها در آون و دمای ۷۵ درجه سلیسیوس به مدت دو روز با ترازوی دقیق (دقت یک صدم گرم) اندازه‌گیری شد. به منظور تهیه نمودار روند تغییرات شاخص‌های فیزیولوژیک رشد در طول دوره رشد

آماده کردن زمین نمونه برداری از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری صورت گرفت که نتایج آن در جدول شماره ۱ ذکر شده است. مقدار مصرف کود فسفات بر اساس نتایج آزمون خاک ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار توصیه شد که متناسب با تیمارهای آزمایشی از هر یک از کودهای سوپر فسفات تریپل و دی‌آمونوم فسفات استفاده شد که در هنگام کاشت، همه کود در دو قسمت زیر و کنار غده‌ها به فاصله پنج سانتی‌متر مصرف شدند، به این صورت که راس پشته‌ها تا عمق ۱۵ سانتی‌متری باز شده و نیمی از کودهای فسفات در شیار مذکور ریخته شده و بعد از ریختن پنج سانتی‌متر خاک روی کودها، غده‌ها داخل شیار قرار گرفته و به فاصله پنج سانتی‌متر در کنار غده‌ها، نیم دیگر کودهای فسفاتی ریخته و سپس خاک روی پشته تا حد اولیه برگردانده شد. مقدار نیتروژن توصیه شده نیز ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار بود که از منبع اوره تامین و در دو مرحله کاشت و ۱۰ روز قبل از گل‌دهی مصرف شد. نیمی از کود نیتروژن که در هنگام کاشت مصرف شد، در تیمارهایی که باید به صورت نواری مصرف می‌شد، به دو بخش ۳۰ و ۶۰ کیلوگرم در هکتار تفکیک گردید. بخش ۳۰ کیلوگرمی متناسب با تیمار یا تنها مصرف شد یا با کودهای فسفات مخلوط و مانند توضیحات داده شده، در زیر و کنار غده‌ها به کار رفت و بخش ۶۰ کیلوگرمی نیز بلافاصله با خاک کرت‌ها به صورت یکسان مخلوط گردید. هر کرت از ۵ ردیف کاشت به فاصله ۷۵ سانتی‌متر به طول ۶ متر تشکیل که ردیف‌های کناری و نیم متر از بالا و پایین آنها به عنوان حاشیه در نظر گرفته شد. غده‌ها به نسبت دو در هزار با قارچ‌کش مونسرن ضد عفونی و پس از آن با فاصله ۲۵ سانتی‌متر از هم و تراکم ۵/۳۳ بوته در متر مربع در تاریخ ۲۵ خرداد کشت شدند.

رشد در تیمارها و ارقام مختلف نشان می‌دهد. بیشترین شاخص سطح برگ در ۶۱ روز پس از سبز شدن در رقم آگریا و در تیمار کود دی‌آمونیم فسفات همراه با مصرف نواری نیتروژن به‌دست آمد. بعد از این مرحله در هر سه رقم شاخص سطح برگ روند نزولی داشت. در دو رقم آگریا و بانبا اختلاف زیادی بین روند تغییرات شاخص سطح برگ در شرایط عدم مصرف فسفات (در هر دو حالت مصرف و عدم مصرف نواری نیتروژن) با سایر تیمارهایی که کود فسفات دریافت کرده بودند، مشاهده شد (شکل ۱) و بر اساس اختلاف قابل توجه در بین شاخص‌های سطح برگ این تیمارها، به نظر می‌رسد ارقام آگریا و بانبا به کمبود فسفات خاک حساس‌تر باشند.

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس تمام اثرات اصلی و متقابل به‌ویژه اثر سه گانه نوع فسفات، روش مصرف نیتروژن و رقم در سطح پنج درصد بر بیشینه شاخص سطح برگ معنی‌دار شده‌اند (جدول ۲). بالاترین بیشینه شاخص سطح برگ (۵/۲۷) در تیمار کود دی‌آمونیم فسفات در حالت جایگذاری نیتروژن در رقم آگریا به‌دست آمد که البته با رقم بانبا در همین ترکیب تیماری تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۳). در شرایط عدم مصرف کود فسفات در هر سه رقم بین دو شیوه مصرف کود نیتروژن از نظر بیشینه شاخص سطح برگ تفاوتی دیده نمی‌شود اما در شرایط مصرف سوپر فسفات تریپل، مصرف نواری نیتروژن به ترتیب در ارقام آگریا، سانته و بانبا ۱۰/۳، ۷/۸ و ۱۹/۵ شاخص سطح برگ بیشینه را افزایش داد. همچنین، مصرف نواری نیتروژن نسبت به عدم مصرف نواری آن، در شرایط کاربرد دی‌آمونیم فسفات به‌ترتیب در ارقام آگریا، سانته و بانبا ۸/۶، ۱۳/۴ و ۱۱/۸ بیشینه شاخص سطح برگ را

از روابط ۱ تا ۵ استفاده شد (Monte *et al.*, 2013):

رابطه ۱- شاخص سطح برگ: $LAI = EXP(a' + b'T + c'T^2)$

رابطه ۲- ماده خشک کل: $TDM = EXP(a + bT + cT^2)$

رابطه ۳- سرعت فتوسنتز خالص:

$NAR = (b + 2cT) \times EXP[(a - a') + (b - b')T + (c - c')T^2]$

رابطه ۴- سرعت رشد محصول: $CGR = NAR \times LAI$

رابطه ۵- سرعت رشد نسبی: $RGR = b + 2cT$

در این معادله‌ها a, b, c, a', b', c' ضرایب‌های

معادله‌های رگرسیونی مربوطه و T زمان بر حسب روز پس از کاشت می‌باشد. ضرایب رگرسیونی بر اساس رابطه لگاریتم طبیعی داده‌های وزن خشک و شاخص سطح برگ با روزهای نمونه‌گیری پس از کاشت، و مربع آنها به‌دست آمد. همچنین، داده‌های مربوط به پیک منحنی‌های شاخص سطح برگ، وزن خشک کل و سرعت رشد محصول مورد آنالیز و تجزیه واریانس قرار گرفتند. به‌منظور اندازه‌گیری شاخص کلروفیل برگ، در زمان گلدهی از ۲۰ برگ بالغ بالای بوته‌های هر کرت و با استفاده از دستگاه اسپادمتر (مدل ۵۰۲، ساخت آلمان) اقدام به قرائت عدد اسپاد گردید.

در پایان فصل رشد، که مصادف با دهه سوم مهر بود، با رعایت اثر حاشیه از پنج بوته برای تعیین متوسط تعداد ساقه و غده در بوته استفاده شد و برای تعیین عملکرد غده، سطحی معادل دو متر مربع برداشت گردید. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها بعد از کنترل نرمال بودن باقیمانده‌ها با برنامه آماری SAS و مقایسه میانگین‌ها با روش حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد انجام شد. رسم شکل‌ها نیز با Excel صورت پذیرفت.

نتایج و بحث

شاخص سطح برگ: شکل ۱ روند تغییرات

شاخص سطح برگ سیب‌زمینی را در طول دوره

گیاهی و پایین بودن سطح برگ درصد جذب نور کم است اما با توسعه جامعه گیاهی جذب نور و در نتیجه تولید مواد فتوسنتزی افزایش می‌یابد و پس از رسیدن به حداکثر خود، به دلیل تغییر الگوی توزیع مواد فتوسنتزی و انتقال آنها به اندام‌های زیرزمینی جهت حجیم شدن غده‌ها و همچنین ایجاد رقابت و تا حدی پیری و ریزش برگ‌ها، سرعت رشد گیاه روندی کاهشی به خود گرفت (شکل ۲). در انتهای فصل رشد به علت کاهش سطح برگ فعال (شکل ۱)، کاهش قابل توجه فتوسنتز در مقایسه با تنفس گیاه و همچنین انتقال مواد از برگ‌ها به اندام‌های ذخیره‌ای، سرعت رشد حتی منفی می‌شود (Rahnama, 2008).

تمام اثرات اصلی و متقابل به جز اثر دو گانه نیتروژن در فسفر بر بیشینه سرعت رشد گیاه در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). در این بین اثر متقابل سه گانه نوع کود فسفات، نحوه کاربرد کود نیتروژن و رقم اهمیت بیشتری دارد که نتایج مقایسه میانگین آن در جدول ۳ مشاهده می‌شود. بالاترین بیشینه سرعت رشد محصول در رقم آگریا در تیمار کودی دی‌آمونیم فسفات و کاربرد نواری کود نیتروژن به میزان ۱۳/۲۲ گرم در متر مربع در روز به‌دست آمد (جدول ۳). عدم مصرف کود فسفات سبب شد که در هیچ کدام از ارقام سیب‌زمینی مورد بررسی واکنشی به شیوه مصرف نیتروژن مشاهده نشود اما مصرف کودهای فسفاته به‌صورت قابل توجهی منجر به بالا رفتن بیشینه سرعت رشد گردید به‌خصوص در مصرف دی‌آمونیم فسفات که مقادیر بیشینه سرعت رشد بالاتری دارد (جدول ۳). از آنجا که فسفر برای تولید سطح برگ بیشتر (Fageria, 2016) و تولید ماده خشک (Sanderson *et al.*, 2003) ضروری

افزایش داد (جدول ۳). به‌نظر می‌رسد در شرایط مصرف سوپرفسفات تریپل کاربرد نواری نیتروژن به‌خصوص در رقم بانبا مؤثرتر بوده و توسعه سطح برگ را بهبود بخشیده است. از آنجا که تبدیل زیستی آمونیم به نترات فرآیندی اسیدی‌زا است (Ma *et al.*, 2014)، شاید حضور نیتروژن آمونیومی در کنار سوپر فسفات تریپل در ناحیه ریزوسفرا اسیدی شده، به بهبود جذب فسفر گیاه کمک کرده باشد. در شرایط کاربرد دی‌آمونیم فسفات بیشینه شاخص سطح برگ در هر دو حالت مصرف نواری و عدم مصرف نواری نیتروژن بالاتر از شرایط کاربرد سوپر فسفات تریپل است که دلیل آن احتمالاً به حضور ۱۸ درصد نیتروژن آمونیومی در ساختار این کود برگردد که توانسته است جذب فسفات را در ناحیه ریشه ارقام سیب زمینی افزایش دهد. در تحقیق مشابهی نیز گزارش شد که مصرف کودهای نیتروژن‌دار حداکثر شاخص سطح برگ سیب‌زمینی را افزایش داد (Hosseinpanahi *et al.*, 2009). در واقع فراهمی نیتروژن به‌طور مستقیم در افزایش اندازه و تعداد برگ‌های سیب‌زمینی مؤثر است (Seyed *et al.*, 2010) و به‌صورت غیرمستقیم از طریق افزایش جذب عناصر کم تحرک خاک به خصوص فسفر، روی و آهن (Fageria, 2016) سبب افزایش سطح برگ می‌شود.

سرعت رشد محصول: روند تغییرات سرعت رشد محصول در طی فصل رشد در تیمارها و ارقام مختلف در شکل ۲ نشان داده شده است. با گذشت زمان و افزایش شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول افزایش می‌یابد، زیرا همبستگی بالایی بین این دو شاخص رشد وجود دارد (Sidlauskas and Bernotas, 2003). در مراحل اولیه رشد به‌علت کامل نبودن پوشش

غده‌ها و افزایش شدت تنفس باشد (Zotarelli *et al.*, 2014).

وزن خشک کل، تحت تأثیر تمام اثرات اصلی و متقابل به‌ویژه اثر متقابل سه گانه نوع فسفات، نحوه مصرف نیتروژن و رقم سیب‌زمینی قرار گرفت (جدول ۱). بیشترین ماده خشک کل در تیمار دی‌آمونیم فسفات با کاربرد نواری نیتروژن در رقم آگریا با میانگین ۵۸۲/۸۶ گرم در متر مربع به‌دست آمد و کمترین آن در شرایط عدم مصرف فسفات بدون توجه به شیوه مصرف نیتروژن و رقم سیب‌زمینی مشاهده شد (جدول ۳) که نشان‌دهنده تأثیر قابل توجه فسفر در فرایند فتوسنتز و ماده‌سازی است (Zelalem *et al.*, 2009) و لذا هرگونه تیمار که بتواند جذب فسفر را افزایش دهد، به‌طور غیرمستقیم سبب افزایش فتوسنتز و تولید ماده خشک خواهد شد.

استفاده از کود دی‌آمونیم فسفات در مقایسه با کود سوپر فسفات تریپل ماده خشک کل بیشتری در هر سه رقم ایجاد کرد همچنان که در بیشینه‌های شاخص سطح برگ و سرعت رشد چنین شد. به‌نظر می‌رسد بالاتر بودن ماده خشک کل در تیمارهای مرتبط با دی‌آمونیم فسفات به بیشتر بودن نیتروژن در دسترس گیاه و جذب بهتر فسفات بوده باشد (Fageria, 2016).

با دقت در جدول ۳ مشاهده می‌شود که مصرف نواری نیتروژن در شرایط مصرف سوپرفسفات تریپل، بیشینه ماده خشک کل را در دو رقم آگریا و بانبا بیشتر از دی‌آمونیم فسفات افزایش داد به‌صورتی که در رقم آگریا در شرایط مصرف سوپر فسفات تریپل، مصرف نواری نیتروژن در مقایسه با مصرف پخش نیتروژن، ماده خشک کل را ۵/۶ درصد افزایش داد در صورتی که در شرایط مصرف دی‌آمونیم فسفات ماده خشک کل

است، اختلاف قابل توجه بین مصرف و عدم مصرف فسفات قابل درک است. بر اساس نتایج، جایگذاری (کاربرد نواری) نیتروژن نسبت به مصرف پخش آن، بیشینه سرعت رشد هر سه رقم سیب‌زمینی را در شرایط مصرف هر دو کود فسفات به‌طور معنی‌داری بالاتر برد، اما نکته مهم تأثیر بیشتر کاربرد نواری نیتروژن همراه با مصرف کود سوپر فسفات تریپل است (جدول ۳). در رقم آگریا جایگذاری نیتروژن نسبت به مصرف پخش آن در شرایط مصرف سوپر فسفات تریپل، بیشینه سرعت رشد را ۸/۳ درصد افزایش داد در حالی که این افزایش با کاربرد دی‌آمونیم فسفات تنها ۴/۸ درصد بود. در ارقام سانتا و بانبا نیز به‌ترتیب جایگذاری نیتروژن همراه با سوپر فسفات تریپل ۱۳/۶ و ۲۹/۷ درصد بیشینه سرعت رشد را زیاد کرد در حالی که جایگذاری نیتروژن با دی‌آمونیم فسفات این افزایش را در دو رقم اخیر تنها حدود ۱۰ درصد سبب شد که تا حدود زیادی با نتایج به‌دست آمده در مورد بیشینه شاخص سطح برگ مطابقت دارد (جدول ۳). از آنجا که کود دی‌آمونیم فسفات دارای ۱۸ درصد نیتروژن آمونیومی است، تأثیر جایگذاری نیتروژن آمونیومی دیگر (اوره) در کنار آن کمتر بر درصد افزایش سرعت رشد مؤثر بوده است.

ماده خشک کل: منحنی وزن خشک کل

گیاه در هر سه رقم حالت سیگموئیدی داشت (شکل ۳). اگرچه در تیمارهای فاقد کود فسفات شیب تجمع ماده خشک کل آهسته بود اما در ادامه تمام تیمارها تقریباً رشد سریع خود را آغاز کردند. حداکثر تولید ماده خشک کل گیاه ۶۹ روز پس از سبز شدن حاصل شد (شکل ۳) و پس از آن تجمع ماده خشک روندی کاهشی داشت که علت آن به‌نظر می‌رسد انتقال مواد فتوسنتزی به

موجب هدر رفتن انرژی تولید شده می‌شوند (Pourhadian and Khajehpour, 2008). به نظر می‌رسد که با گذشت زمان به دلیل ایجاد رقابت بین گیاهان برای کسب آب و مواد غذایی و دریافت نور و همچنین در سایه قرار گرفتن برگ‌های پایینی بوته و کاهش توان فتوسنتزی آنها، سرعت تجمع ماده خشک نسبت به ماده خشک اولیه، نقصان یافته و این سبب کاهش سرعت رشد نسبی می‌گردد (Rahnama, 2008). نتایج مشابهی بر روی گلرنگ به دست آمده است (Pourhadian and Khajehpour, 2008).

در شکل ۴ دو نکته مهم قابل توجه است، نکته اول بالاتر بودن سرعت رشد نسبی در اوایل دوره رشد در رقم آگریا و در تیمار عدم مصرف فسفات در حالت جایگذاری نیتروژن است که با توجه به شکل ۱ و پایین‌تر بودن شاخص سطح برگ در این تیمار به علت کمتر بودن سایه‌اندازی قابل توجیه است. نکته دوم نیز کاهش شدید سرعت رشد نسبی رقم سانته در تیمار مصرف دی‌آمونیم فسفات در شرایط کاربرد نواری نیتروژن در انتهای دوره رشد است که با توجه به شکل ۱ ملاحظه می‌شود تیمار مذکور در رقم سانته سبب شده که روند کاهش شاخص سطح برگ در انتهای دوره رشد متوقف شود و همین سبب سایه‌اندازی بیشتر (Rahnama, 2008) و کاهش شدید سرعت رشد نسبی شده است.

سرعت فتوسنتز خالص: سرعت جذب

خالص در واقع معیاری از کارایی فتوسنتز برگ‌ها در جامعه گیاهی است. چگونگی تغییرات سرعت جذب خالص در طول فصل کشت در تیمارهای مختلف کودی و رقم در شکل ۵ نشان داده شده است. روند کلی تغییر در هر سه رقم تقریباً با شیب یکسان روند نزولی داشت. سرعت جذب

۳/۶ درصد افزایش یافت و در رقم بانبا در همان شرایط، به ترتیب با مصرف سوپر فسفات تریپل و دی‌آمونیم فسفات ۱۶/۲ و ۵/۹ درصد افزایش ماده خشک کل رخ داد (جدول ۳). معمولاً اختلاف‌هایی که در بین ارقام در ماده خشک مشاهده می‌شود علاوه بر این که در نتیجه اختلاف در سرعت فتوسنتز آنها باشد، می‌تواند به علت تفاوت در مدت زمان فتوسنتز آنها ناشی از دوام سطح برگ باشد (Azeem *et al.*, 2018).

در بیشینه شاخص سطح برگ و سرعت رشد نیز واکنش مشابهی به مصرف نواری نیتروژن مشاهده شد (جدول ۳). در آفتابگردان نیز همبستگی بالایی بین ماده خشک گیاه و شاخص سطح برگ گزارش شده است (Gholamhoseini *et al.*, 2017). نتایج این آزمایش نشان داد که سیب‌زمینی گیاهی است که به خوبی به مصرف کود نیتروژن پاسخ مثبت نشان می‌دهد و با مصرف کود نیتروژن، سطح برگ و رشد اندام هوایی آن افزایش می‌یابد. گزارش شده که فراهمی کم نیتروژن، از طریق کاهش سطح برگ، منجر به کاهش ظرفیت فتوسنتزی گیاه سیب‌زمینی گردد (Zotarelli *et al.*, 2014).

سرعت رشد نسبی: چگونگی تغییرات

سرعت رشد نسبی گیاه در طول فصل کشت در تیمارهای مختلف در شکل ۴ نشان داده شده است. با افزایش عمر گیاه سرعت رشد نسبی گیاه کاهش می‌یابد و در اواخر فصل رشد منفی می‌شود. کاهش مشاهده شده به علت افزایش بافت‌های ساختمانی است که از نظر متابولیکی فعال نیستند و سهمی در رشد ندارند و نیز به سبب افزایش سن برگ‌های پایین‌تر و در سایه قرار گرفتن برگ‌های پایین کانوپی می‌باشد که فتوسنتز نمی‌کنند ولی شدت تنفس بالایی دارند و

نداشت اما در مورد کود سوپر فسفات تریپل و حتی در شرایط عدم مصرف فسفات، مصرف نواری نیتروژن به ترتیب $6/5$ و $5/8$ درصد شاخص کلروفیل را افزایش داد (شکل ۶). به نظر می‌رسد چون در کود دی آمونیوم فسفات نیتروژن وجود داشته اثر مصرف نواری اوره (نیتروژن) معنی‌دار نشده باشد اما در شرایط مصرف سوپر فسفات تریپل و همچنین در حالت عدم مصرف فسفات، وجود نیتروژن آمونیومی اوره با کاهش اسیدیته محدوده مصرف منجر به حلالیت و جذب بیشتر فسفات و حتی عناصر کم تحرک دیگر از جمله عناصر کم مصرف شده است (Ma et al., 2014) و در نهایت منجر به ساخت بیشتر کلروفیل و افزایش شاخص آن شده است (Zelalem et al., 2009). در این تحقیق مصرف نواری نیتروژن در هر سه رقم منجر به افزایش معنی‌دار شاخص کلروفیل شد اما رقم آگریا در شرایط کاربرد نواری نیتروژن در مقایسه با دو رقم دیگر واکنش بیشتری نشان داد و به طور متوسط دارای پنج درصد شاخص کلروفیل بالاتری بود (شکل ۷) که این امر به خوبی اختلاف ارقام را در واکنش به کودهای مصرفی نشان می‌دهد. گزارش شده است که واکنش متفاوت ارقام ذرت به نوع و نحوه تیمارهای کودی اعمال شده ناشی از پتانسیل‌های ژنتیکی متفاوت ارقام بود که منجر به پاسخ‌های متفاوت شد. در این بین می‌توان به تفاوت در جذب، انتقال و مصرف این عناصر در چرخه تولید فرآورده‌های فتوسنتزی اشاره کرد (Amanullah et al., 2009).

تعداد ساقه‌ها در بوته: تعداد ساقه در بوته، تنها تحت تأثیر نوع کود فسفر و اثر متقابل نوع کود فسفر در رقم قرار گرفت (جدول ۲). بر اساس نتایج به دست آمده در شرایط عدم مصرف فسفات،

خالص در ابتدای فصل رشد حداکثر مقدار خود را داشت که علت آن در معرض نور بودن تمامی برگ‌ها می‌باشد (Rahnama, 2008). با افزایش سن برگ‌ها، راندمان جذب خالص کاهش می‌یابد و برگ‌های بیشتری در سایه قرار می‌گیرند، در نتیجه سرعت جذب خالص کاهش می‌یابد. مصرف فسفر همراه با کاربرد نواری اوره اثر مثبتی بر میزان سرعت فتوسنتز خالص داشت که نشان‌دهنده اثر مثبت این دو عنصر (به‌ویژه نیتروژن) در فتوسنتز و تولید ماده خشک می‌باشد. البته به‌طور کلی در گیاهان شاهد (عدم دریافت فسفات) به دلیل کمتر بودن شاخص سطح برگ و کمی سایه‌اندازی برگ‌ها، معمولاً سرعت فتوسنتز خالص بالاتر است. این موضوع به‌ویژه در رقم آگریا در تیمارهای عدم مصرف فسفات دیده می‌شود (شکل ۵). با سطح برگ کمتر (شکل ۱) و سرعت رشد نسبی بیشتر (شکل ۴) در اوایل رشد، به عبارت دیگر گیاهانی که از لحاظ کودی تأمین بودند از سطح برگ بیشتری در ابتدای فصل رشد برخوردار بودند که در نهایت سرعت فتوسنتز خالص کمتری در انتهای فصل رشد داشتند. این نتیجه با مطالعات سایر محققین مطابقت دارد (Hossein Pour et al., 2003). در بین ارقام مورد مطالعه، رقم بانبا دارای روندی یکنواخت‌تری نسبت به دو رقم دیگر بود.

شاخص کلروفیل: شاخص کلروفیل

(SPAD) در سطح یک درصد تحت تأثیر اثرات اصلی هر سه عامل و بیشتر اثرات متقابل به جز اثر دو گانه رقم در فسفات و اثر سه گانه عوامل مورد بررسی، قرار گرفت (جدول ۲). در اثر متقابل نوع کود فسفات و شیوه مصرف نیتروژن مشاهده شد که وقتی از کود دی‌آمونیم فسفات استفاده شد تفاوتی بین شیوه مصرف نیتروژن وجود

2015). تیمار رقم نیز تأثیر معنی‌داری بر تعداد غده داشت و رقم سانتا با تعداد ۱۱/۵ غده در بوته بیشترین میزان را نشان داد اما بین دو رقم دیگر (آگریا و بانبا) تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۱۰). قرار دادن کود در ناحیه‌ای که دارای بیشترین تراکم ریشه‌های موبین است یا در جایی که به سمت این ناحیه انتقال یابد برای بهینه‌سازی عملکرد گیاه زراعی ضروری به نظر می‌رسد.

عملکرد غده: عملکرد غده تحت تاثیر

اثرات اصلی نوع فسفات، روش مصرف نیتروژن و اثرات متقابل دو گانه نیتروژن در فسفات، رقم در فسفات و اثر متقابل سه گانه فسفات و نیتروژن و رقم قرار گرفت (جدول ۲). در شرایط عدم مصرف کود فسفات، کاربرد نواری نیتروژن عملکرد غده رقم آگریا را در مقایسه با دو رقم دیگر به صورت معنی‌داری بالاتر برد اما مصرف غیرنواری نیتروژن این برتری را از بین برد (جدول ۳)، به عبارت دیگر رقم آگریا به مصرف نواری نیتروژن در شرایط کمبود فسفات قابل جذب، واکنش خوبی نشان داد. گزارش شده مصرف نواری کودهای نیتروژن‌دار، تأثیر معنی‌داری بر عملکرد و اجزای عملکرد داشتند (Rosen and Bierman, 2008). در تحقیق دیگری کاربرد نواری کود نیتروژن طی فصل رشد عامل بهبود جذب عناصر غذایی متناسب با رشد گیاه زراعی مطرح شده و علاوه بر آن به‌عنوان کمک مؤثری در کاهش هدر روی نیتروژن از طریق آب‌شویی یا دنیتریفیکاسیون مطرح گردیده است (Mehmood *et al.*, 2018).

در شرایط مصرف سوپر فسفات تریپل هر سه رقم با مصرف نواری نیتروژن نسبت به مصرف پخش آن، افزایش عملکرد نشان دادند اما رقم بانبا با افزایش ۲۵/۴ درصدی واکنش بسیار بالایی نشان داد در حالی که افزایش عملکرد ارقام آگریا

تعداد ساقه در بوته در مقایسه با مصرف دو نوع کود فسفات کاهش معنی‌داری داشت (شکل ۸). در تحقیقات مشابه نیز گزارش شده است که کمبود فسفر خاک سبب کاهش رشد رویشی و تعداد ساقه‌ها در سیب‌زمینی شده است (Zelalem *et al.*, 2009). در تحقیق حاضر رقم بانبا در مقایسه با رقم آگریا در دو حالت عدم مصرف فسفات و مصرف سوپرفسفات تریپل ساقه بیشتری تولید کرد که به نظر می‌رسد بانبا توانایی بیشتری در جذب فسفات خاک دارد، البته در حالت مصرف دی‌آمونیم فسفات اختلاف اشاره شده بر عکس شد و رقم آگریا در مقایسه با بانبا تعداد ساقه بیشتری تولید کرد (شکل ۸)، که این نتیجه نیز دلالت بر اختلاف ژنتیکی قابل توجه این ارقام دارد.

تعداد غده در بوته: در صفت تعداد غده در

بوته، تنها اثر اصلی نوع کود فسفات و اثر اصلی رقم سیب‌زمینی معنی‌دار شد (جدول ۲). کود دی‌آمونیم فسفات دارای بیشترین تعداد غده با میانگین ۸/۴۹ غده در بوته بود (شکل ۹). مصرف دی‌آمونیم فسفات در مقایسه با سوپر فسفات تریپل و عدم مصرف فسفات به ترتیب تعداد غده در بوته را ۱۷/۵ و ۵۶ درصد افزایش داد و البته مصرف سوپر فسفات تریپل نیز در مقایسه با تیمار عدم مصرف فسفات تعداد غده در بوته را حدود ۳۳ درصد بهبود بخشید (شکل ۹). نتایج این آزمایش هم‌راستا با نتایج دیگر محققین (Sanderson *et al.*, 2003) است که گزارش نمودند مصرف فسفر باعث افزایش غده‌بندی می‌شود. به نظر می‌رسد در کود دی‌آمونیم فسفات به دلیل حضور همزمان فسفات و نیتروژن و بهبود جذب فسفات فرایند رشد گیاه و غده‌زایی به نحو بهتری انجام شده است (Ademba *et al.*,)

تریپل و منوآمونیم فسفات بیشتر بوده است (Sanderson *et al.*, 2003).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج نشان داد در شرایطی که کمبود فسفات در خاک باشد عموماً شیوه مصرف نیتروژن اثری بر شاخص‌های رشدی مهمی نظیر شاخص سطح برگ و سرعت رشد ندارد. کاربرد دی‌آمونیم فسفات شاخص‌های رشد سیب‌زمینی را بیشتر از سوپر فسفات تریپل افزایش داد. کاربرد نواری نیتروژن از بین دو کود فسفات به‌کار رفته، تاثیر بهتری بر سوپر فسفات تریپل دارد و در میان سه رقم سیب‌زمینی بررسی شده، ارقام آگریا و بانبا واکنش بیشتری به مصرف نواری نیتروژن با سوپر فسفات تریپل نشان دادند. در این تحقیق کاربرد دی‌آمونیم فسفات در مقایسه با سوپر فسفات تریپل تعداد غده در بوته را ۱۷/۵ درصد افزایش داد و رقم سانته بالاترین تعداد غده را تولید کرد. در شرایط عدم مصرف فسفات با مصرف نواری نیتروژن، رقم آگریا توانست عملکرد بالاتری در مقایسه با دو رقم دیگر ایجاد کند اما در حضور سوپر فسفات تریپل، مصرف نواری نیتروژن بیشترین درصد افزایش عملکرد غده را در رقم بانبا ایجاد نمود. در مجموع هر سه رقم به‌ویژه ارقام آگریا و بانبا در شرایط کاربرد دی‌آمونیم فسفات و مصرف نواری نیتروژن بیشترین عملکرد غده خود را تولید نمودند.

و سانته به‌ترتیب ۱۱/۱ و ۷/۷ درصد بود. در شرایط مصرف دی‌آمونیم فسفات مصرف نواری نسبت به مصرف غیرنواری نیتروژن در ارقام بانبا، آگریا و سانته به‌ترتیب عملکرد غده را ۱۰/۲، ۹/۶ و ۶/۲ درصد افزایش داد که این درصدهای افزایش در مقایسه با درصدهای افزایش در شرایط کاربرد کود سوپر فسفات تریپل، کمتر است. بنابراین، مشابه نتایج به‌دست آمده در بیشینه‌های شاخص سطح برگ، ماده خشک کل، سرعت رشد و شاخص کلروفیل، مصرف نواری نیتروژن به همراه کود سوپر فسفات تریپل کارایی بیشتری دارد در مقایسه با کود دی‌آمونیم فسفات، که شاید دلیل آن به کاهش مناسب‌تر اسیدیته ناحیه ریزوسفر در شرایط مصرف سوپر فسفات تریپل و بهبود جذب عناصر کم تحرک به‌خصوص فسفر باشد. گزارش شده است که کاربرد نواری کود نیتروژن برای به حداکثر رسانی بهره‌برداری گیاه زراعی از کود به کاربرد رفته در سراسر فصل رشد از اهمیت زیادی برخوردار است (Golik *et al.*, 2005). در پژوهش حاضر، بیشترین عملکرد غده در هر سه رقم در شرایط کاربرد دی‌آمونیم فسفات و مصرف نواری نیتروژن به‌دست آمد و تفاوت معنی‌داری بین سه رقم مشاهده نشد (جدول ۳). گزارش شده که عملکرد و اجزای عملکرد سیب‌زمینی در تیمار دی‌آمونیم فسفات به‌علت بیشتر بودن درصد نیتروژن در این کود نسبت به کود سوپر فسفات

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک
Table 1- Physico-chemical characteristics of the soil

رس Clay (%)	سیلت Silt (%)	شن Sand (%)	کربن آلی Organic carbon (%)	فسفر Phosphorus (mg/kg)	پتاسیم Potassium (mg/kg)	نیتروژن کل Total nitrogen (%)	pH	هدایت الکتریکی Electrical Conductivity (dS/m)
45	35	20	0.3	5.8	193	13.5	8.34	0.18

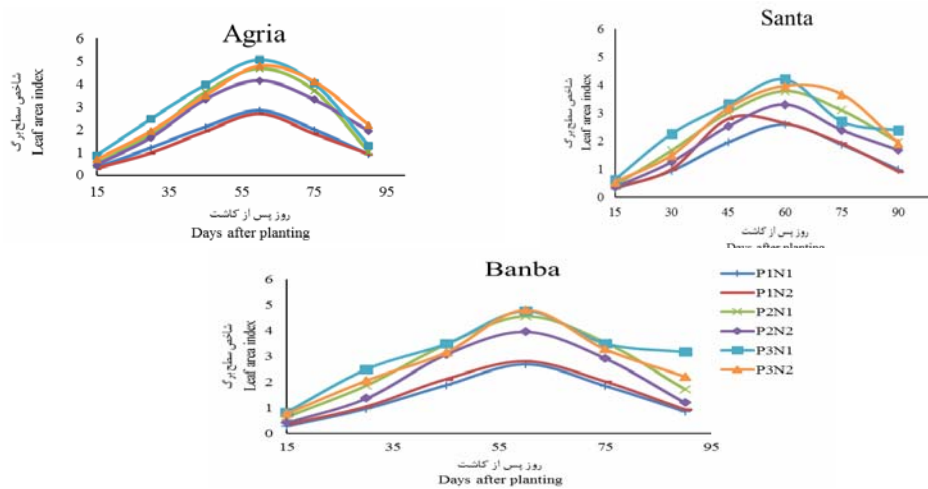
جدول ۲- تجزیه واریانس شاخص‌های رشد و عملکرد سه رقم سیب زمینی تحت تأثیر نوع کود فسفات و نحوه مصرف نیتروژن

Table 2- Analysis of variance of growth indices and tuber yield of three potato cultivars affected by phosphate fertilizer type and nitrogen application method

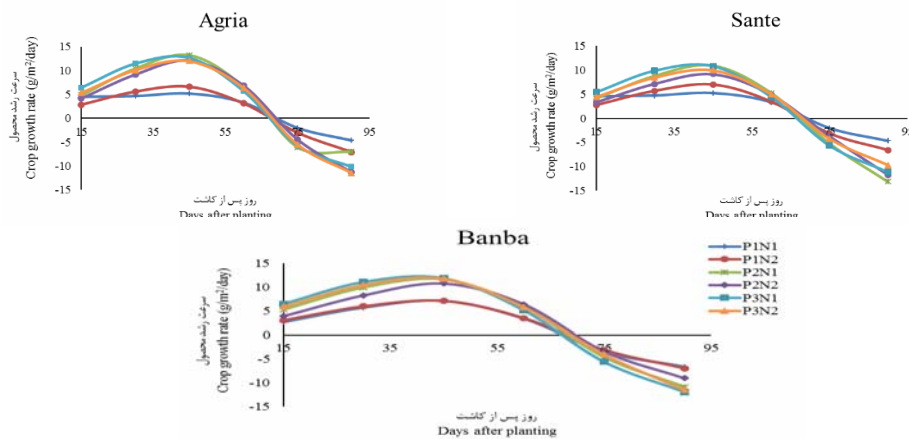
منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی df	بیشینه شاخص سطح برگ Maximum leaf area index	بیشینه سرعت رشد گیاه Maximum crop growth rate	بیشینه وزن خشک کل Maximum total dry matter	شاخص کلروفیل Chlorophyll index	تعداد ساقه در بوته Branch number per plant	تعداد غده در بوته Tuber number per plant	عملکرد غده Tuber yield
بلوک Block	2	0.008 ns	1.89 **	65.31 ns	2.82 **	194.90 *	0.37 ns	6.89 ns
نوع فسفات Phosphate (P)	2	13.85 **	25.9 **	225803.9**	109.33 **	663.68**	921.88 **	107.6 **
روش مصرف نیتروژن Nitrogen (N)	1	1.45 **	10.42 **	8993.88 **	39.18 **	133.74ns	46.77 ns	131.28**
رقم Cultivar (C)	2	1.42 **	5.53 **	18224.5**	14.78 **	62.24 ns	1297.17**	4.86 ns
N×P	2	0.31 **	0.08 ns	2410.05 **	6.12 **	31.12 ns	21.77 ns	20.3 **
C×P	4	0.16 **	1.25 **	3889.60 **	0.30 ns	143.10 *	26.94 ns	16.1 **
C×N	2	0.03 *	1.33 **	624.51 *	3.25 **	109.9 ns	9.35 ns	8.16 ns
P×N×C	4	0.02 *	1.69 **	336.41 *	0.28 ns	71.54 ns	13.48 ns	9.16 *
خطای آزمایشی Error	34	0.007	0.03	123.05	0.51	1.59	0.76	3.39
ضریب تغییرات C.V. (%)		2.28	4.36	2.59	1.56	13.57	12.17	5.27

ns, * و ** به ترتیب بدون معنی و معنی‌داری در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد.

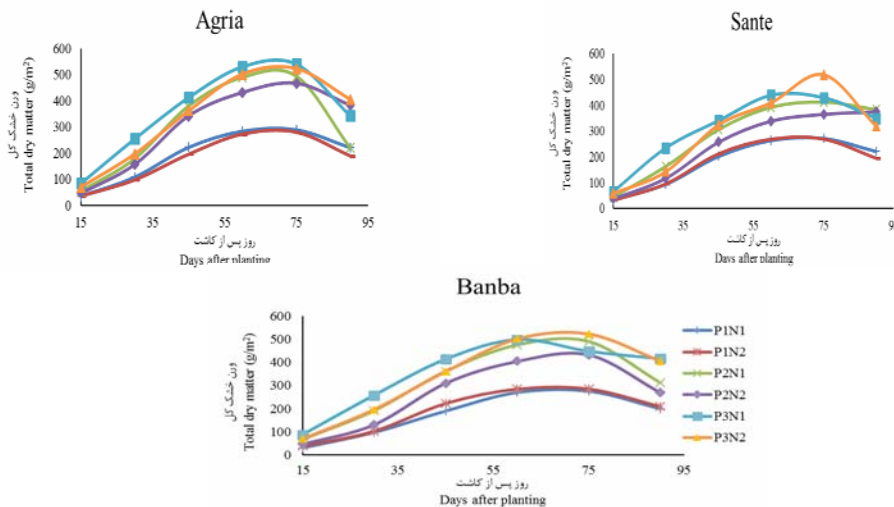
ns, ** and * significant at 0.01, 0.05 probability level and no significant, respectively.



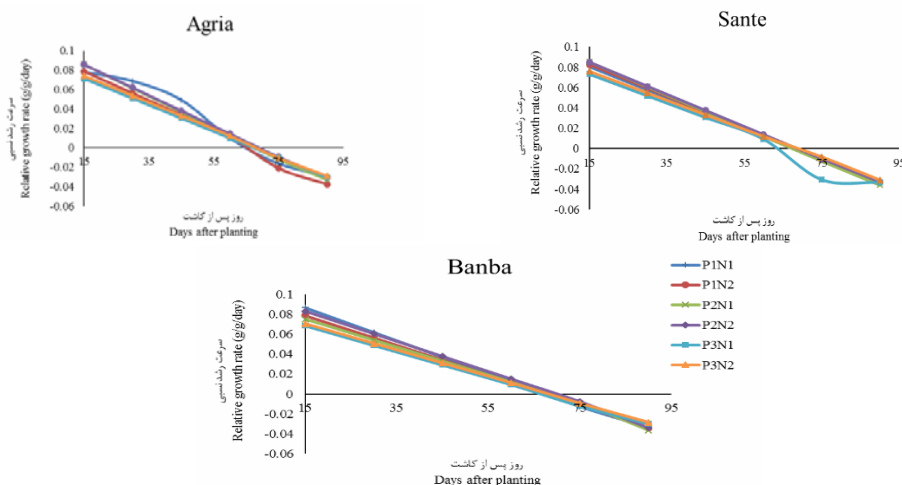
شکل ۱- روند تغییرات شاخص سطح برگ تحت تأثیر نوع کود فسفر و نحوه کاربرد کود اوره در سه رقم سیبزمینی
Figure 1- The trend of changes in leaf area index of three potato cultivars affected by phosphorus fertilizer type and urea fertilizer application method



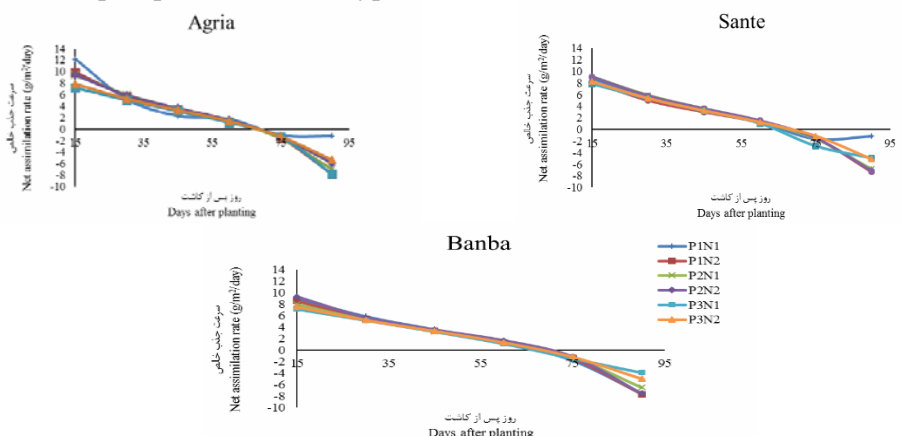
شکل ۲- روند تغییرات سرعت رشد محصول تحت تأثیر نوع کود فسفر و نحوه کاربرد کود اوره در سه رقم سیبزمینی
Figure 2- The trend of changes in crop growth rate of three potato cultivars affected by phosphorus fertilizer type and urea fertilizer application method



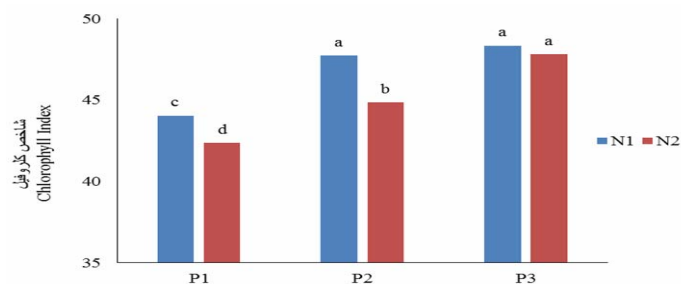
شکل ۳- روند تغییرات وزن خشک اندام هوایی متأثر از نوع کود فسفر و نحوه کاربرد کود اوره در سه رقم سیبزمینی
Figure 3- The trend of changes in total dry matter of three potato cultivars affected by phosphorus fertilizer type and urea fertilizer application method



شکل ۴- روند تغییرات سرعت رشد نسبی متأثر از نوع کود فسفر و نحوه کاربرد کود اوره در سه رقم سیب‌زمینی
Figure 4- The trend of changes in relative growth rate of three potato cultivars affected by phosphorus fertilizer type and urea fertilizer application method

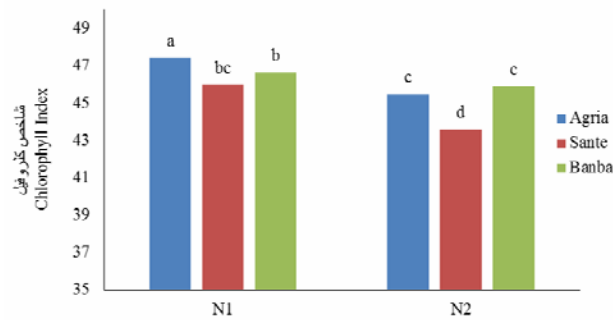


شکل ۵- روند تغییرات سرعت جذب خالص تحت تأثیر نوع کود فسفر و نحوه کاربرد کود اوره در سه رقم سیب‌زمینی
Figure 5- The trend of changes in net assimilation rate of three potato cultivars affected by phosphorus fertilizer type and urea fertilizer application method

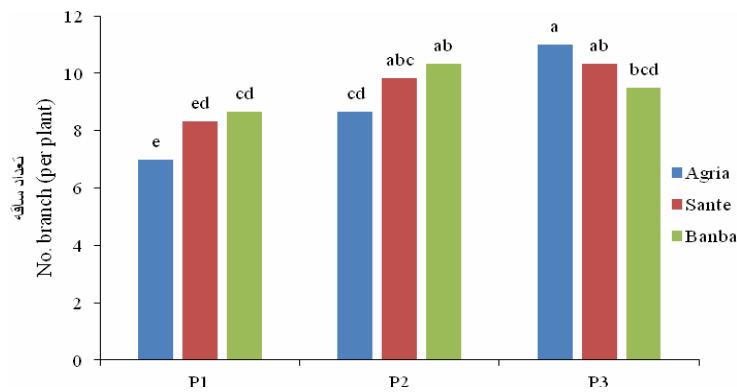


شکل ۶- شاخص کلروفیل برگ سیب‌زمینی تحت تأثیر برهمکنش کود فسفر و نیتروژن
Figure 6- Chlorophyll index of potato leaf which was affected by nitrogen and phosphorus

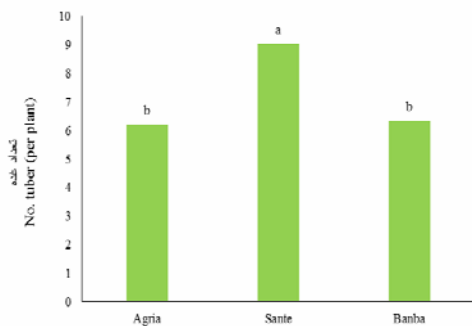
(P1: بدون فسفر، P2: سوپر فسفات تریپل، P3: دی‌آمونیم فسفات، N1: جایگذاری نیتروژن، N2: کاربرد پخش نیتروژن)
 (P1: No phosphorus, P2: Triple super phosphate, P3: Diammonium phosphate, N1: Nitrogen placement, N2: No nitrogen placement)



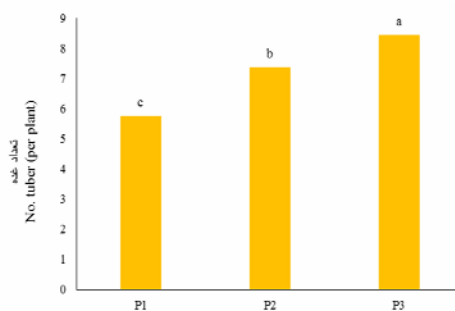
شکل ۷- شاخص کلروفیل برگ سیبزمینی تحت تاثیر برهمکنش کود نیتروژن و رقم
Figure 7- Chlorophyll index of potato leaf which was affected by nitrogen and cultivar
 (N1: جایگذاری نیتروژن، N2: کاربرد پخش نیتروژن)
 (N1: Nitrogen placement, N2: No nitrogen placement)



شکل ۸- تعداد ساقه‌های سیبزمینی تحت تاثیر برهمکنش کود فسفر و رقم
Figure 8- Number of branch of potato which was affected by phosphorus and cultivar
 (P1: بدون فسفر، P2: سوپر فسفات تریپل، P3: دی‌آمونیم فسفات)
 (P1: No phosphorus, P2: Triple super phosphate, P3: Diammonium phosphate)



شکل ۱۰- تعداد غده در بوته سیبزمینی تحت تاثیر رقم
Figure 10- Tuber number per potato plant was affected by cultivar



شکل ۹- تعداد غده در بوته سیبزمینی تحت تاثیر کود فسفر
Figure 9- Number of tuber of potato was affected by phosphorus

(P1: بدون فسفر، P2: سوپر فسفات تریپل، P3: دی‌آمونیم فسفات)
 (P1: No phosphorus, P2: Triple super phosphate, P3: Diammonium phosphate)

جدول ۳- مقایسه میانگین بیشینه برخی از شاخص‌های رشد و عملکرد غده سیب‌زمینی تحت تأثیر نوع کود فسفات، روش مصرف کود نیتروژن و رقم

Table 3- Mean comparison of some maximum growth indices, and tuber yield of potato affected by phosphorus fertilizer source, nitrogen application method and cultivar

نوع فسفات Phosphate source	روش مصرف نیتروژن Nitrogen application method	رقم Cultivar	بیشینه شاخص سطح برگ Maximum leaf area index	بیشینه سرعت رشد محصول Maximum crop growth rate (g/m ² /day)	بیشینه وزن خشک کل Maximum total dry matter (g/m ²)	عملکرد غده Tuber yield (ton/ha)
عدم مصرف فسفر non-phosphorus	کاربرد نواری نیتروژن Nitrogen placement	اگریا Agria	3.08 h	5.19 i	315.20 h	29.06 i
		سانته Sante	2.84 i	5.03 i	297.36 ij	24.96 j
		بانبا Banba	3.07 h	4.94 i	315.00 hi	25.70 j
	پخش سطحی نیتروژن No nitrogen placement	اگریا Agria	3.09 h	5.17 i	320.86 h	25.86 j
		سانته Sante	2.78 i	4.86 i	296.26 j	27.06 ij
		بانبا Banba	3.05 h	4.82 i	311.63 j-i	24.43 j
سوپر فسفات تریپل Triple super phosphate	کاربرد نواری نیتروژن Nitrogen placement	اگریا Agria	4.26 e	12.08 c	461.16 e	40.53 bc
		سانته Sante	3.84 f	9.15 g	428.86 f	40.26 bcd
		بانبا Banba	4.54 cd	10.26 ef	498.93 d	41.46 abcd
	پخش سطحی نیتروژن No nitrogen placement	اگریا Agria	3.86 f	11.15 d	436.36 f	36.46 g
		سانته Sante	3.56 g	8.05 h	393.26 g	37.36 efg
		بانبا Banba	3.80 f	7.91 h	429.06 f	33.06 h
دی آمونیوم فسفات Diammonium phosphate	کاربرد نواری نیتروژن Nitrogen placement	اگریا Agria	5.27 a	13.22 a	582.86 a	42.83 ab
		سانته Sante	4.47 d	10.84 d	490.93 d	41.76 abc
		بانبا Banba	5.19 a	11.8 c	574.23 ab	44.16 a
	پخش سطحی نیتروژن No nitrogen placement	اگریا Agria	4.85 b	12.61 b	564.26 b	39.06 def
		سانته Sante	3.94 f	9.85 f	438.53 f	39.30 cdef
		بانبا Banba	4.64 c	10.68 de	542.00 c	40.06 bcdef

حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

Means with the same letter are not significantly different at p-value 5%.

References

منابع مورد استفاده

- Abdel-Rahman, E.M. 2008. Response of sesame to nitrogen and phosphorus fertilization in Northern Sudan. *Journal of Applied Biosciences*. 8(2): 304-308.
- Ademba, J.S., J.K. Kwach, A.O. Esilaba, and S.M. Ngari. 2015. The effects of phosphate fertilizers and manure on maize yields in south western Kenya. *East African Agricultural and Forestry Journal*. 81(1): 1-11.
- Amanullah, R., A. Khattak, and S.K. Khalil. 2009. Effects of plant density and N on phenology and yield of maize. *Journal of Plant Nutrient*. 32(3): 245-259.
- Anonymous 2017. FAO <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>
- Azeem, K., A. Khan, F. Naz, M. Ilyas, I. Azeem, F. Anwar, and W. Ahmad. 2018. The Impact of different P fertilizer sources on growth, yield and yield component of maize varieties. *Agricultural Research and Technology*. 13(3): 53-57.
- Balyan, J.K., S. Puspendra, B.S. Kumpawat, and M.L. Jat. 2008. Effect of organic manure, fertilizer level and biofertilizers on soil nutrients balance in maize (*Zea mays* L.). *Research on Crops*. 9(2): 308-310.
- Fageria, N.K. 2016. The use of nutrients in crop plants. CRC press, Third edition, 448 p.
- Gholamhoseini, M., A. Ghalavand, A. Dolatabadian, E. Jamshidi, and A. Khodaei-Joghan. 2017. Effects of arbuscular mycorrhizal inoculation on growth, yield, nutrient uptake and irrigation water productivity of sunflowers grown under drought stress. *Agricultural Water Management*. 117: 106- 114.
- Golik, S.I., H.O. Chidichimo, and S.J. Sarandon. 2005. Biomass production, nitrogen accumulation and yield in wheat under two tillage systems and nitrogen supply in the Argentine Rolling Pampa. *World Journal Agriculture Science*. 1 (1): 36-41.
- Hosseinpanahi, F., A. Koocheki., M. Nassiri., and R. Ghorbani. 2009. Evaluation of yield component in potato/corn intercropping. *Journal of Agricultural Science*. 7: 23-30.
- Hossein Pour, T., S.A. Siadat, R. Mamghani, and M. Rafiei. 2003. Study of some morphological and physiological characteristics affecting grain yield and yield components in bread wheat genotypes under reduced irrigation. *Iranian Journal of Crop Sciences*. 5(1): 23-36. (In Persian).
- Keshavarz, H., S.A.M. Modarres-Sanavy, and M. Mahdipour Afra. 2018. Organic and chemical fertilizer affected yield and essential oil of two mint species. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*. 21(6): 1674-1681.
- Ma, Q., X. Wang, H. Li, H. Li, L. Cheng, F. Zhang, and J. Shen. 2014. Localized application of NH₄⁺-N plus P enhances zinc and iron accumulation in maize via modifying root traits and rhizosphere processes. *Field Crops Research*. 164: 107-116.
- Madani, H., Gh.R. Naderi Brojerdi, H. Aghajani, and A. R. Pazouki. 2010. Evaluating of chemical phosphate fertilizers and phosphor solubilizing bacteria on seed yield, biological yield and tissues relative phosphorus content in winter rapeseed

- (*Brassica napus* L.). *Journal of Agronomy and Plant Breeding*. 6(4): 93-104. (In Persian).
- Mark, K. 2014. Effectiveness of nitrogen fertilization and application of microbial preparations in potato cultivation. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 38: 299-310.
 - Mazaheri, D. and Majnon Hoseini, N. 2001. Fundamental of agronomy. Tehran University Press, 320p. (In Persian).
 - Mehmood A., Kh. Naveed, K. Azeem, A. Khan, N. Ali, and Sh. Masaud Khan. 2018. Sowing time and nitrogen application methods impact on production traits of Kalonji (*Nigella sativa* L.). *Pure Applied Biology*. 85(3): 125-132.
 - Monte, J.A., D.F. de Carvalho, L.O. Medici, L.D.B. da Silva, and C. Pimentel. 2013. Growth analysis and yield of tomato crop under different irrigation depths. *Soil, Water and Plant Management*. 17(9): 926-931.
 - Moradi, M., H. Madani, M.A. Malboubi, and R. Pilehvari Khomami. 2009. Comparison the effect of biologic fertilizer with chemical on oil sunflower (*Helianthus annuus*) in Arak condition. *New Finding in Agriculture*. 3(2): 168-178. (In Persian).
 - Pourhadian, H., and M.R. Khajehpour. 2008. Effects of row spacing and planting density on growth indices and yield of safflower, local variety of Isfahan "Koseh" in summer planting. *Water and Soil Science (Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources)*. 11(42): 17-31. (In Persian).
 - Rahnama, A. 2008. Plant physiology. Pouran Pazhohesh Press, second edition, 364 p. (In Persian)
 - Rens, L.R., L. Zotarelli, D.J. Cantliffe, P.J. Stoffella, D. Gergela, and D. Fourman. 2015. Effect of rate and timing of nitrogen fertilizer application on potato 'FL1867' part II: marketable yield and tuber quality. *Field Crops Research*. 183: 267-275.
 - Rosen, C.J., and P.M. Bierman. 2008. Best management practices for nitrogen use: irrigated potatoes. University of Minnesota Extension Service. Publication 0841.
 - Sadeghi, F., and M.A. Aboutalebian. 2019. Improvement of physiological growth indices and yield of soybean (*Glycine max* L.) by replacing some of nitrogen with phosphorus under moisture stress. *Journal of Crop Ecophysiology*. 13(2): 171-192. (In Persian).
 - Sanderson, J.B., J.A. Mac Leod, B. Douglas, R. Coffin, and T. Bruulsema. 2003. Phosphorus research on potato in PEI. *Acta Horticulture*. 619: 409-417.
 - Seyed hadi, M., G. Nourmohammadi, M. Nasirimahalati, H. Rahimian, and E. Zand. 2010. Evaluation of growth indices at potatoes in competition with *Chenopodium album* and *Amaranthus retroflexus*. *Journal of Plant and Ecosystem*. 21: 107- 127.
 - Sidlauskas, G., and S. Bernotas. 2003. Some factors affecting seed yield of spring oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Agronomy Research*. 1(2): 229-243.

- Streck, N.A., I. Lago, F.L. Matielo de Paula, D.A. Bisognin, and A.B. Heldwein. 2007. Improving predictions of leaf appearance in field growth potato. *Science Agriculture*. 64 (1): 12-18.
- Zelalem, A., T. Tekalign, and D. Nigussie. 2009. Response of potato (*Solanum tuberosum* L.) to different rates of nitrogen and phosphorus fertilization on vertisols at Debre Berhan, in the central highlands of Ethiopia. *African Journal of Plant Science*. 3(2): 16-24.
- Zotarelli, L., L.S. Rens, D.J. Cantliffe, P.J. Stoffella, D. Gergela, and D. Fourman. 2014. Nitrogen fertilizer rate and application timing for chipping potato cultivar Atlantic. *Agronomy Journal*. 106: 2215-2226.

Research Article

DOI:10.30495/jcep.2020.671638

Effect of Phosphate Fertilizer Type and Nitrogen Application Method on Tuber Yield and Growth Indices of Three Potato (*Solanum tuberosum* L.) Cultivars

Masoud Jalili Honarmand¹, and Mohammad Ali Aboutalebian^{2*}

Received: November 2019, Revised: 7 February 2020, Accepted: 3 March 2020

Abstract

Nitrogen and phosphorus are essential nutrients in growth of plants. In addition, the type and method of fertilizer application play an important role in the efficient absorption of nutrients and reduce fertilizer use. Therefore, an experiment was conducted in a randomized complete block design with three replications in the Bahar city in 2017: phosphorus fertilizer was three levels (no application, triple superphosphate and diammonium phosphate), nitrogen fertilizer with two levels (placement and no-placement) and potato cultivar with three levels (Agria, Banba and Sante). The highest leaf area index (5.27), crop growth rate (13.22 g.m⁻²) and total dry matter (582.86 g.m⁻²) were obtained from diammonium phosphate along with nitrogen placement in by using Agria cultivar. The results also showed that under conditions phosphorus deficiency, nitrogen application method did not affect leaf area index, crop growth rate and total dry matter: However, tuber yield of Agria under phosphorus deficiency increased by nitrogen placement treatment. In this study, the use of diammonium phosphate, compared to triple superphosphate, increased leaf area index, crop growth rate, relative growth rate and total dry matter. The effect of nitrogen placement along with triple superphosphate was higher than that of nitrogen with diammonium phosphate. Chlorophyll index was not affected by nitrogen placement when using diammonium phosphate, whereas, nitrogen placement increased chlorophyll index by 6.5% with triple superphosphate. The results also showed that the tuber yield increased by 25.4% when nitrogen used by placement combined with triple superphosphate fertilizer. As a whole, highest tuber yields of all three cultivars, especially in Agria and Banba, were increased under nitrogen placement treatment along with diammonium phosphate.

Key words: Crop growth rate, Diammonium phosphate, Leaf area index, Super phosphate triple.

1- Ms.c. Student of Agronomy, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Bu Ali Sina University, Hamedan, Iran.

2- Associate Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Bu Ali Sina University, Hamedan, Iran.

*Corresponding Author: aboutalebian@yahoo.com