نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۲، شماره ۱، بهار ۱۳۸۹، ص. ۱۲۸-۱۱۹

Journal of Agroecology
Vol. 2, No. 1, Spning 2010, p. 119-128

اثرات برخی صفات مهم زراعی بر عملکرد سیب زمینی (*Solanum tuberosum* L.) و امکان تعیین زمان نیاز گیاه سیب زمینی به کود نیتروژن با استفاده از دستگاه کلروفیل متر

محمدجواد ارشدی[1*]، حمیدرضا خزاعی[2]، مهدی نصیری محلاتی[3] و سیدامید عاقلی[4]

تاریخ دریافت: ۸۸/۱۲/۲۲
تاریخ پذیرش:۸۹/۳/۲۲

چکیده

به منظور بررسی تاثیر مقادیر کود نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد سیب زمینی (*Solanum tuberosum* L.) و مطالعه اثرات مستقیم و غیرمستقیم برخی صفات مهم زراعی بر عملکرد، آزمایشی در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی در سه رار در سال زراعی ۸۷-۱۳۸۶ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد که در آن برای تشخیص زمان نیاز گیاه سیب زمینی به کود نیتروژن از دستگاه کلروفیل متر استفاده شد، بطوری که کود نیتروژن سرک در دو سطح ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار بطور جداگانه در دو شاخص نیتروژن ۹۰ و ۹۵ درصد، با یکدیگر مقایسه شدند. نتایج نشان داد که شاخص نیتروژن ۹۵ درصد در مقابل ۹۰ درصد از کارایی بیشتری در افزایش عملکرد گیاه سیب زمینی برخوردار است، اما در شاخص ۹۵ درصد، سطوح کود نیتروژن ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار اختلاف معنی داری با یکدیگر نداشتند. نتایج تجزیه علیت نشان داد که صفات میزان نیتروژن برگ و درصد غده های درشت دارای بیشترین اثر مستقیم مثبت و صفات وزن مخصوص غده و درصد غده های ریز دارای بیشترین اثر مستقیم منفی بر عملکرد غده بودند و فراهمی نیتروژن علی رغم کاهش وزن مخصوص غده، از طریق افزایش درصد غده های درشت، عملکرد غده را افزایش داد. ارزیابی ضرایب همبستگی نشان داد بین صفات قرائت های SPAD، درصد نیتروژن برگ، درصد نیتروژن غده و درصد غده های درشت با یکدیگر و همچنین بین این صفات و عملکرد، همبستگی‌های شدیدی وجود دارد. در مجموع به نظر می‌رسد مدیریت مصرف کود نیتروژن به کمک دستگاه کلروفیل متر علاوه بر تولید عملکرد غده مطلوب، بتواند سبب صرفه جویی در مصرف کودهای نیتروژن دار گردد.

واژه‌های کلیدی: تجزیه علیت، شاخص نیتروژن، عملکرد غده، کلروفیل متر

مقدمه

تامین غذا به عنوان اصلی‌ترین نیاز درطول تاریخ بشر همواره با مشکلاتی روبرو بوده است، به گونه‌ای که بخش وسیعی از جمعیت جهان در حال حاضر نیز از کمبود مواد غذایی رنج می برد. گیاهان قسمت عمده ای از نیاز غذایی بشر را به ویژه درکشورهای کم درآمد تامین می کنند و در این بین سیب زمینی از محصولات غده ای است که نقش مهمی در تغذیه مردم جهان دارد، بطوری که پس از گندم (*Triticum aestivum* L.)، برنج (*Oriza sativa* L.) و ذرت (*Zea mays* L.)، مقام چهارم تولید را به خود اختصاص داده است (Rezaee, 1996). سطح زیر کشت این محصول در دنیا در سال ۲۰۰۷ میلادی حدود ۲۰ میلیون هکتار و میزان تولید جهانی آن در همان سال ۳۲۰/۷ میلیون تن و میانگین عملکرد آن حدود ۱۶/۷ تن درهکتار بوده است (FAO, 2007).

یکی از عوامل مهمی که نقش زیادی در افزایش یا کاهش عملکرد محصول سیب زمینی (*Solanum tuberosum* L.) دارد، مدیریت مصرف کودهای نیتروژن دار است. کمبود نیتروژن در اوایل فصل رشد می تواند باعث کاهش رشد گیاه سیب زمینی شده و تاثیر سوئی بر مرحله غده بندی سیب زمینی داشته باشد و از این طریق عملکرد محصول را کاهش دهد. از طرف دیگر مصرف زیاد کودهای نیتروژن دار نیز رشد رویشی اندام‌های هوایی را تحریک نموده و تشکیل غده ها و دوره پر شدن غده‌ها را به تاخیر انداخته و منجر به دیررسی محصول می گردد (Roberts et al., 1982; Westerman & Klinkopf, 1985; Yazdandoost, 2003). زمان و مقدار مصرف کود نیتروژن علاوه بر عملکرد کمی سیب زمینی، کیفیت غده‌های تولیدی را نیز تحت تاثیر قرار می دهد. مصرف نیتروژن می‌تواند از طریق افزایش درصد نیتروژن غده ها و تبدیل آنها به پروتئین، موجب بهبود ارزش غذایی غده ها گردد، اما در عین حال در

۱، ۲، ۳ و ۴- به ترتیب فارغ التحصیل کارشناسی ارشد، دانشیار و استاد گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی و فارغ التحصیل کارشناسی ارشد پردیس ابوریحان دانشگاه تهران
(* نویسنده مسئول: E-mail: Javad_arshadi24@yahoo.com)

اثر مصرف بیش از حد کودهای نیتروژن‌دار ممکن است بخشی از آن بصورت نیترات در غده ها تجمع یابد و در صورتی که مقدار نیترات از حد مجاز بالاتر رود، می‌تواند برای سلامت انسان در طولانی مدت تهدیدآمیز باشد (Sparrow & Chapman, 2003; Yazdandoost, 2003). علاوه بر این تلفات نیتروژن از اراضی کشاورزی می‌تواند سبب آلودگی محیط زیست نیز بشود. چرا که آبشویی نیتروژن از نیمرخ خاک، منجر به آلودگی آب های زیر زمینی، به ویژه آب های آشامیدنی می گردد. در پژوهش‌های گوناگون، اتلاف نیتروژن بصورت آبشویی بین ۵ تا ۳۰ درصد نیتروژن مصرفی براورد شده است (Jokela, 1992; Oberl & Keeney, 1990). این یافته‌ها همگی مؤید اهمیت تعیین زمان و مقدار کاربرد کودهای نیتروژن دار در زراعت سیب زمینی هستند و در این بین یکی از ابزارهایی که اخیرا مورد توجه متخصصین قرار گرفته، دستگاه کلروفیل متر دستی (SPAD) است که قادر است وضعیت نیتروژن برگ را با تخمین مقدار کلروفیل برگ ارزیابی کند. کار با این دستگاه بسیار سریع وآسان بوده و قرائت گیری در مدت چند ثانیه می تواند انجام شود و از آنجا که کلروفیل متر میزان سبزینگی گیاه را مورد ارزیابی قرارمی دهد، از طریق مقایسه عدد آن با قرائت کلروفیل متر در گیاهان شاهد کوددهی شده می توان به محتوای نیتروژن گیاه نیز پی برد. این موضوع به پژوهشگر اجازه می دهد که عملیات کوددهی به گیاه را بر اساس نیاز واقعی گیاه برنامه ریزی کند و ریسک کاهش عملکرد در اثر کمبود مواد غذایی و همچنین هزینه ناشی از کوددهی اضافی را کاهش دهد (Ahmad Jhon et al., 1999 ; Gianquinto et al., 1997; Gianquinto et al., 2003).

در همین ارتباط زبارت و همکاران (Zebarth et al., 2003) آزمایشی را به منظور بهینه کردن مدیریت نیتروژن در مزرعه سیب زمینی با خصوصیات متغیر خاک انجام دادند. آنها تیمارهای کودی مختلف نیتروژن را در یک مزرعه آزمایشی در دو سال برای بررسی تغییرات وضعیت نیتروژن بکار بردند و میزان نیتروژن گیاه سیب زمینی و کلروفیل برگ را با استفاده از دستگاه Field scout متر و دستگاه SPAD-502 مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج حاصل نشان داد که بین داده های دو دستگاه و میزان نیتروژن گیاه و عملکرد کل غده همبستگی مثبت معنی داری وجود دارد. اساکی و همکاران (Osaki et al., 1992) گزارش کردند که با مصرف مقادیر صفر تا ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار تعداد غده ها در هر بوته و اندازه غده ها افزایش می‌یابد.

وسترمن و کلینکوف (Westerman & Klinkopf, 1985) در مطالعات خود بیان نمودند که چنانچه مقدار نیتروژن مورد نیاز گیاه سیب زمینی در چند مرحله مورد استفاده قرار گیرد، از دست رفتن کود نیتروژن به وسیله تثبیت، غیر متحرک شدن، نیترات زدایی ویا آبشویی به حداقل رسیده وگیاه در زمان نیاز می تواند به اندازه کافی نیتروژن دریافت کند.

هدف از این تحقیق ، استفاده از کلروفیل متر به منظور تشخیص زمان نیاز گیاه سیب زمینی به نیتروژن و افزایش کارایی مصرف نیتروژن و بررسی اثرات مستقیم و غیرمستقیم برخی صفات مهم زراعی بر عملکرد غده در زراعت سیب زمینی بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۸۷-۱۳۸۶ درمزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در ۱۰ کیلومتری شرق مشهد با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۳۶ دقیقه شمالی و با ارتفاع ۹۸۵ متر از سطح دریا به اجرا در آمد. خاک محل آزمایش خاکی با بافت لومی و با ماده آلی ۰/۴۱ درصد بود. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار انجام شد و ازسیب زمینی رقم آگریا استفاده شد. آگریا رقمی متوسط رس بوده که به داشتن دلیل طول فصل رشد مناسب و تولید غده هایی نسبتا درشت، مورد توجه کشاورزان سیب زمینی‌کار شمال شرق کشور می‌باشد. فواصل روی ردیف ۲۵ سانتیمترو فواصل بین ردیف ۷۵ سانتیمتر و تراکم بوته ۵۳۳۰۰ بوته در هکتار در نظر گرفته شد. طول ردیف ها شش متر بود و در هر کرت نیز ۵ ردیف لحاظ شد که دو ردیف کناری به عنوان اثر حاشیه ای در نظر گرفته شدند. در هر بلوک یک کرت شاهد در نظر گرفته شد که مقدار نیتروژن آن همیشه در حد مطلوب بود، به عبارت دیگر تلاش شد تا این کرت، کمبود نیتروژنی نداشته باشد، بدین ترتیب که مقدار کل نیتروژن مصرفی آن ۳۰ درصد بیشتر از مقدار پیشنهاد شده توسط آزمایشگاه خاک بود. مقدارکود پیشنهاد شده توسط آزمایشگاه خاک ۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار کود پایه و ۳۰۰ گیلوگرم اوره در هکتار کود سرک بود (در مجموع ۳۵۰ کیلوگرم در هکتار)، براین اساس مقدار کود نیتروژن مصرف شده برای کرت شاهد ۴۵۰ کیلوگرم در هکتار در نظر گرفته شد که کود سرک آن در ۳۲،۷و۶۱ روز پس از کاشت و به ترتیب به میزان ۱۰۰،۱۵۰و۱۵۰کیلوگرم درهکتار اعمال گردید. از این کرت جهت مقایسه قرائت های دستگاه کلروفیل متر با سایر تیمارها استفاده می شد.

براساس نتایج آزمایشگاه خاک مقدار ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسه و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفره و ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره به عنوان کود پایه بطور یکسان برای تمام کرت ها به خاک اضافه شد (برای کرت شاهد کود نیتروژن بیشتری در نظر گرفته شد). همچنین به منظور کاهش pH خاک، مقدار ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد به خاک اضافه گردید.

در این آزمایش دو سطح کود سرک به میزان ۱۰۰و۱۵۰کیلوگرم کود اوره درهکتار اعمال شد. زمان مصرف کود اوره سرک بوسیله دستگاه کلروفیل متر (مدل Minolta-502) تعیین شد. بدین ترتیب

که هرهفته ازهر کرت ۱۰ تا ۱۵ بوته بطور تصادفی انتخاب و با استفاده از دستگاه کلروفیل متر میزان کلروفیل آنها برآورد و نتایج با کرت شاهد مقایسه می شد. از نسبت قرائت کرت مورد نظر به قرائت کرت شاهد شاخص نیتروژن براساس معادله (۱) تعیین گردید (Gianquinto et al., 2003 ; Snapp et al., 2002 ; Morduck etal., 1997):

معادله (۱)

$$\text{شاخص نیتروژن} = \frac{\text{قرائت کرت مورد نظر}}{\text{قرائت کرت شاهد}} \times ۱۰۰$$

در این آزمایش دو سطح شاخص نیتروژن به میزان ۹۰ و ۹۵ درصد مورد استفاده قرار گرفت. در هر یک از این دو سطح چنانچه شاخص نیتروژن به کمتر از۹۰ یا ۹۵ درصد می رسید اقدام به کوددهی سرک در دو سطح ۱۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار و ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتارمی شد. بنابراین در هر ردیف علاوه بر کرت شاهد، ۴کرت دیگر منظور شده بود. قرائت گیری از سه ردیف مرکزی هر کرت انجام شده وبرای قرائت گیری با دستگاه کلروفیل متر، از برگچه نوک در اولین برگ کاملا توسعه یافته از قسمت بالای ساقه استفاده می شد و به ازای هر گیاه فقط یک قرائت گیری انجام گردید. اندازه گیری ها نیز در یک نقطه مرکزی روی برگچه بین رگبرگ اصلی و حاشیه برگ انجام شد (Gianquinto et al., 2003 , 1997). در این آزمایش قرائت گیری توسط کلروفیل متر تا انتهای مرحله پر شدن غده‌ها ادامه یافت.

جهت تعیین همبستگی بین قرائت های دستگاه کلروفیل متر و میزان نیتروژن برگ، دردو مرتبه دراوایل واواخر دوره پر شدن غده در طول فصل رشد تعداد ۳۰ عدد برگ از کرت های آزمایشی بصورت تصادفی انتخاب و قرائت گیری شد و میزان نیتروژن برگ با استفاده از روش کجلدال تعیین گردید. کلیه عملیات زراعی مانند وجین، خاک دهی و سمپاشی مطابق با نیاز مزرعه بطور یکسان درتمام کرت ها انجام شد. در انتهای فصل رشد، محصول دو ردیف میانی هر کرت آزمایشی به منظور ارزیابی عملکرد، اجزای عملکرد و پارامترهای کیفی غده برداشت شد. غده های برداشت شده براساس وزن در ۳ کلاس ریز(کمتر از ۷۵گرم)، متوسط(بین ۷۵ تا ۲۵۰ گرم) و درشت(بیشتر از ۲۵۰ گرم) تقسیم بندی شدند. سپس وزن غده ها بصورت درصد درهر کلاس محاسبه گردید و به کمک روش تبدیل جذری، استانداردسازی آنها صورت پذیرفت. به منظور اندازه گیری وزن مخصوص غده ها، حدود ۵۰۰ گرم از نمونه ها وزن شد و سپس حجم آنها به روش ارشمیدس (حجم غده‌ها درآب) اندازه گیری شد و از تقسیم وزن نمونه ها بر حجم نمونه ها، وزن مخصوص غده ها تعیین گردید.

تجزیه و تحلیل داده‌ها و رسم شکل‌های مربوطه با استفاده از نرم افزارهای MSTAT-C و EXCEL انجام پذیرفت.

برای محاسبه ضریب رگرسیون جزء استاندارد (ضرایب علیت) یا اثرات مستقیم صفات مورد نظر بر عملکرد (y) از معادلات نرمال برمبنای خصوصیات داده های استاندارد شده استفاده گردید. برای محاسبه اثرات غیرمستقیم هر متغیر از طریق سایر متغیرهای موجود در سیستم از رابطه $r_{ij}p_{yj}$ استفاده شد که در آن r_{ij} ضریب همبستگی ساده بین متغیر (i) و متغیر واسطه (j) بوده و py_j همان ضریب رگرسیون جزء[1] استاندارد شده صفات بین متغیر مستقل واسطه و متغیر وابسته می باشد (Zeinali et al., 2002).

نتایج و بحث

نحوه توزیع مقادیر کود سرک نیتروژن

زمان و مقدارکاربردکودسرک نیتروژن براساس شاخص های نیتروژن و مقادیر مختلف کود سرک در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- زمان و مقادیر کاربرد کود سرک نیتروژن در شاخص های مختلف نیتروژن (اعداد داخل پرانتز زمان مصرف کود سرک بر اساس تعداد روز پس از کاشت هستند).

Table 1- Time and contents of using top-dress in different nitrogen index. (Number in parentheses = time of using top-dress based on number of days after sowing).

کودسرک Top-dress ($Kgha^{-1}$)	شاخص نیتروژن Nitrogen Index	
	90	95
100	100 (75) 100 (96)	100 (47) 100 (68) 100 (96)
جمع Total	**200**	**300**
150	100 (75)	150 (54) 150 (68)
جمع Total	**150**	**300**

بر این اساس جدول تجزیه واریانس و مقایسات میانگین برای عملکرد، اجزای عملکرد و صفات مورد مطالعه در آزمایش به ترتیب در جداول ۲ و ۳ محاسبه شدند.

عملکرد

نتایج تجزیه واریانس داده ها نشان داد که در شاخص نیتروژن ۹۰ درصد، مصرف هر نوبت کود سرک به میزان ۱۰۰کیلوگرم (درمجموع ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) و ۱۵۰کیلوگرم (درمجموع ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) در مقایسه با شاهد (در مجموع ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار) باعث کاهش معنی دار عملکرد غده سیب زمینی گردید (جدول۳)، اما در شاخص نیتروژن ۹۵ درصد مصرف هر نوبت کود سرک به میزان ۱۰۰کیلوگرم (درمجموع ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) و

1- Partial regression

۱۵۰کیلوگرم (درمجموع ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) در مقایسه با شـاهد (در مجمـوع ۴۰۰ کیلـوگرم در هکتـار) باعـث تغییـر معنـی داری در عملکرد غده سیب زمینی نشد (جدول۳).

جدول۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد، اجزاء عملکرد و صفات مورد مطالعه

Table2- Table of mean squares for yield, yield components and qualities of studying.

منبع تغییرات SOV	درجه آزادی df	عملکرد Yield	تعداد ساقه دربوته Number of stem	تعداد غده دربوته Number of tuber	پروتئین غده Protein of tuber	وزن مخصوص غده Tuber specific gravity	Size of tuber (%) اندازه غده (درصد)		
							غده های ریز Small tuber	غده های متوسط Medium tuber	غده های درشت Large tuber
تکرار replication	2	22.548	0.042	8.867	0.934	0.002	28.862	0.646	0.431
تیمار Treatment	4	123.962*	0.458ns	0.567ns	2.001*	0.025*	382.176*	2.973*	1.253*
خطا Error	8	15.745	0.367	3.117	1.011	0.002	16.783	0.662	0.211
کل	14	-	-	-	-	-	-	-	-

* : 5% significance levels
ns: non significant

*: معنی دار در سطح ۵ درصد
ns : غیر معنی دار

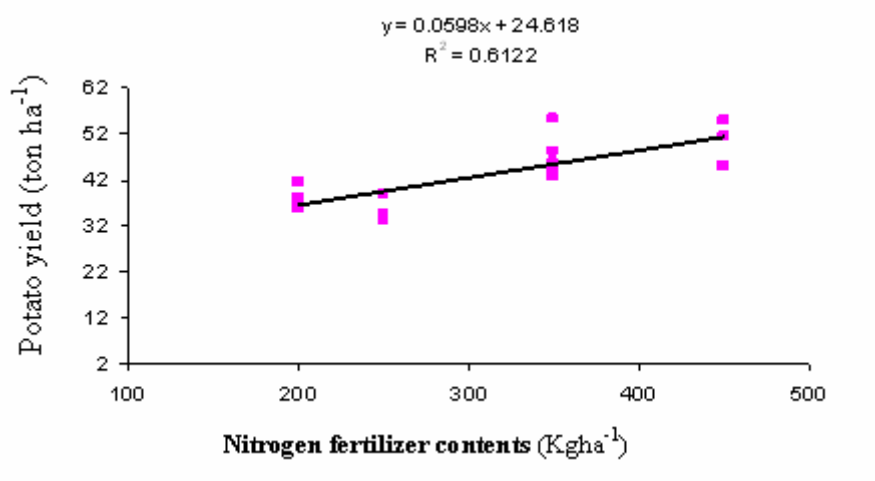
جدول ۳- مقایسه میانگین عملکرد، اجزای عملکرد و صفات مورد مطالعه

Table3- Mean comparison for yield, yield components and qualities of studying

تیمارهای آزمایش Treatment of experiment	عملکرد (ton/ha) Yield (ton/ha)	تعدادساقه دربوته Number of stem	تعداد غده در بوته Number of tuber	پروتئین‌غده (%) Protein of tuber %	وزن‌مخصوص‌غده (g/cm3) Tuber specific gravity (g/cm3)	Size of tuber % اندازه غده (%)		
						غده های ریز Small tuber	غده های متوسط Medium tuber	غده های درشت Large tuber
تیمار شاهد control	50.25 a	5.887 a	11.67 a	10.39 a	1.060 b	62.19 b	5.657 a	2.483 a
شاخص نیتروژن۹۰ وسطح کودی ۱۰۰ 90% nitrogen index & 100 fertilizer level	35.64 c	5.500 a	11.33 a	9.131 ab	1.087 a	84.09 a	3.857 b	1.323 b
شاخص نیتروژن۹۰ وسطح کودی ۱۵۰ 90% nitrogen index & 150 fertilizer level	38.52 bc	4.833 a	12.33 a	8.432 b	1.092 a	81.33 a	4.073 b	1.363 b
شاخص نیتروژن۹۵ وسطح کودی ۱۰۰ 95% nitrogen index & 100 fertilizer level	45.62 ab	5.333 a	11.33 a	10.09 ab	1.055 b	63.79 b	5.100 ab	2.500 a
شاخص نیتروژن۹۵ وسطح کودی ۱۵۰ 95% nitrogen index & 150 fertilizer level	48.54 a	5.167 a	12.00 a	10.05 ab	1.056 b	60.83 b	6.167 a	2.580 a

اعداد هر ستون که دارای یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد اختلاف معنی داری با یکدیگر ندارند.

The numbers in each column that have a same letter, are not had significant different in %5 level based on LSD test.



شکل ۱- رابطه مقادیر مصرف کود نیتروژن با عملکرد غده سیب زمینی
Fig. 1- Relation between nitrogen fertilizer levels and potato yield

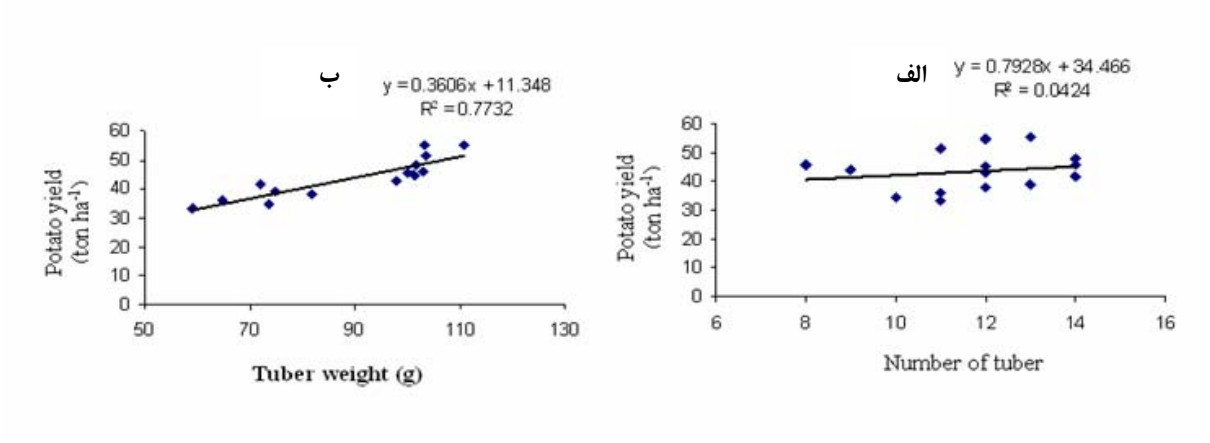
بنابراین بنظر می رسد که در بین دو شاخص نیتروژن بکارگرفته شده، شاخص ۹۵ درصد در مقایسه با شاخص ۹۰ درصد از کارایی بیشتری برخوردار است، اما در شاخص ۹۵ درصد، بین توزیع سطوح کودی ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار (در سه مرتبه) و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار (در دو مرتبه) اختلاف معنی داری وجود نداشت که با توجه به هزینه های بالای توزیع کود در مزرعه، به نظر می رسد توزیع کود سرک در سطح ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار در دو مرتبه مقرون به صرفه تر باشد. همچنین، در این آزمایش در شاخص نیتروژن ۹۵ درصد، بکارگیری کود نیتروژن بیشتر برای شاهد منجر به افزایش عملکرد نشد، به همین جهت به نظر می رسد بکارگیری کود نیتروژن بیشتر برای گیاه سیب زمینی تا حد معینی منجر به افزایش عملکرد شده و ازآن حد به بعد تاثیری در افزایش عملکرد نخواهد داشت (شکل۱ و جدول۳).

بررسی اثرات مستقیم و غیرمستقیم صفات زراعی با عملکرد

به منظور شناسایی اجزای عملکرد و پی بردن به روابط علت و معلولی بین عملکرد بوته و سایر صفات زراعی در سیب زمینی، همبستگی‌های ساده به اثرات مستقیم و غیر مستقیم تفکیک گردید. در این تحقیق بیشترین اثرات مستقیم بر روی عملکرد غده مربوط به صفات وزن مخصوص غده، درصد غده های درشت و درصد غده‌های ریز بود (جدول ۴). در این مطالعه کلاس های مختلف اندازه غده تاثیر مستقیم بالایی بر روی عملکرد غده داشتند، بطوری که صفات درصد غده های درشت و درصد غده های ریز به ترتیب همبستگی های مثبت و معنی دار ($r=۰/۸۰^{**}$) و منفی و معنی داری ($r=-۰/۸۴^{**}$) را نشان دادند. این موضوع به افزایش مقادیر کود سرک نسبت داده شد. بطور کلی عملکرد غده سیب زمینی از حاصلضرب تعداد غده و متوسط وزن غده بدست می آید. در این مطالعه تعداد غده در سطوح مختلف کود نیتروژن و در شاخص های متفاوت نیتروژن، تغییر معنی داری را نشان نداد (جدول ۳). به همین جهت همبستگی آن با عملکرد نیز معنی دار نشد، در حالیکه متوسط وزن غده با عملکرد همبستگی مثبت و معنی داری داشت (شکل ۲). بنابراین افزایش عملکرد تیماری که بیشتر کود دریافت کرده بود به افزایش وزن غده نسبت داده شد و افزایش وزن غده عامل اصلی در افزایش عملکرد تیمار بیشتر کود خورده بود. اسپارو و چاپمن (Sparrow & Chapman, 2003) گزارش کردند که کاربرد کود سرک نیتروژن باعث افزایش عملکرد غده های رقم راست بربانک[1] می شود که این افزایش عملکرد بیشتر ناشی از افزایش اندازه غده است تا تعداد غده. اما در عین حال کاربرد کود سرک باعث افزایش عملکرد غده های بدشکل نیز می شود.

نتایج این تحقیق نشان داد صفات مقدار نیتروژن برگ و قرائت دستگاه SPAD برروی میزان عملکرد غده های سیب زمینی دارای اثرات مستقیم نسبتا پایینی هستند، اما، بین این صفات و عملکرد همبستگی مثبت بالایی وجود دارد و تیمارهای با عملکرد بالاتر دارای قرائت SPAD بیشتری نسبت به سایر تیمارها هستند (جدول ۴). اثر مستقیم میزان نیتروژن برگ و همبستگی مثبت و معنی دار آن با عملکرد دلالت بر این مطلب دارد که مصرف کافی کودهای نیتروژن دار در اوایل فصل رشد و فراهمی به موقع آنها سبب گسترش سطح برگ و افزایش ظرفیت فتوسنتزی گیاه سیب زمینی شده و منجر به تولید فراورده های فتوسنتزی بیشتر درگیاه می گردد که این امر در پر شدن غده‌ها و نهایتاً افزایش عملکرد محصول نقش بسزایی خواهد داشت.

1 - Russet Berbank



شکل ۲- الف) همبستگی تعداد غده و عملکرد و ب) همبستگی وزن غده و عملکرد

Fig. 2- (A) Relation between number of tuber and yield (B) and tuber weight and potato yield

مطالعات مختلف گیانکوئینتو و همکاران (Gianquinto et al., 1997; Gianquinto et al., 2003) نیز در مطالعات خود عدد قرائت ۳۹ کلروفیل متر SPAD را به عنوان عدد بحرانی قرائت SPAD در زراعت سیب زمینی تلقی کردند و با رسیدن قرائت SPAD به زیر این شاخص اقدام به کوددهی می نمودند. آنها دریافتند که بین محتوی نیتروژن برگ و قرائت دستگاه SPAD همبستگی مثبت و معنی داری وجود داشته و بین قرائت SPAD و میزان عملکرد گیاه سیب زمینی یک رابطه خطی وجود دارد و با افزایش قرائت SPAD میزان عملکرد نیز افزایش می یابد.

بر اساس نتایج حاصل از این مطالعه، صفات نیتروژن برگ و نیتروژن غده که اثر مستقیم پایینی بر روی عملکرد غده داشتند، از طریق متغیر وزن غده، اثر غیرمستقیم خوبی را بر روی عملکرد غده نشان دادند (جدول ۴). به نظر می رسد که این امر ناشی از نقش نیتروژن برگ در اختصاص مواد فتوسنتزی بیشتر به غده ها باشد، چرا که فراهمی نیتروژن نقش بسزایی در حجیم شدن غده ها و کاهش درصد غده های ریز دارد. اما در عین حال نیتروژن می تواند از طریق افزایش وزن و اندازه غده، صفت پوکی را نیز در غده ها افزایش دهد.

در این مطالعه پارامتر عملکرد با صفت وزن مخصوص غده، همبستگی منفی و معنی داری را نشان داد (جدول ۴) و تیمارهای با عملکرد بالاتر، وزن مخصوص کمتری داشتند. به نظر می رسد رابطه مستقیم منفی و معنی دار بین عملکرد و وزن مخصوص غده، ناشی از افزایش مقادیر کود سرک بوده و زیادی مقادیر کود نیتروژن قابل دسترس می تواند از طریق افزایش اندازه غده، صفت پوکی را در غده‌ها افزایش داده و بدین طریق وزن مخصوص غده ها را کاهش دهد. در همین ارتباط لورنس و همکاران (Laurence et al., 1985) نیز کاهش وزن مخصوص غده را با افزایش کاربرد کود نیتروژن در زمان کاشت گزارش کردند.

در این آزمایش با افزایش مقادیر کود نیتروژن سرک درصد پروتئین غده نیز افزایش یافت و تیمارهایی که عملکرد بالاتری داشتند از درصد پروتئین بیشتری هم برخوردار بودند (جدول۴). این موضوع به افزایش نیتروژن کل غده نسبت داده شد. افزایش پروتئین غده می تواند یک صفت کیفی مطلوب تلقی شود. با این وجود تحقیقات نشان داده است که با افزایش مقدار کودهای نیتروژن دار، تجمع نیتروژن نیتراتی نیز در غده های سیب زمینی افزایش می یابد (Mosavi & Faezniya, 2001). در این آزمایش نیتروژن نیتراتی غده اندازه گیری نشد، اما بر اساس آنچه در منابع ذکر شده است هر فرد می تواند به ازای هر کیلوگرم وزن خود، روزانه ۵ میلی گرم نیترات از منابع مختلف غذایی و آب مصرف نماید (Mosavi & Faezniya, 2001). چنانچه این مقدار از حد مجاز فراتر رود برای سلامت انسان در طولانی مدت تهدیدآمیز خواهد بود.

بررسی همبستگی صفات مهم زراعی با یکدیگر

نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد بین قرائت‌های SPAD و درصد نیتروژن برگ همبستگی مثبتی وجود دارد و با افزایش قرائت‌های SPAD درصد نیتروژن برگ نیز افزایش می‌یابد (جدول ۵). همچنین در این آزمایش همبستگی مثبتی بین غلظت نیتروژن برگ و غلظت نیتروژن غده وجود داشت و با افزایش غلظت نیتروژن برگ، غلظت نیتروژن غده نیز افزایش یافت (جدول ۵).

جدول ٤-ضرایبهمبستگی بین صفات مختلف در عملکرد سیب زمینی آگریا

Table 4- Coefficients between various characteristics of potato yield

صفات Traits	اثرات مستقیم Direct effects	نیتروژن برگ Leaf nitrogen	نیتروژن‌غده Tuber nitrogen	قرائتSPAD SPAD reading	پروتئین‌غده Tuber protein	وزن مخصوص غده Tuber specific gravity	غده‌های ریز Small tubers	غده‌های متوسط Medium tubers	غده‌های درشت Large tubers	عملکرد کل Total yield
	همبستگی بین صفات مختلف Correlations between various characteristics						اندازه غده (%) Size of tuber %			
نیتروژن برگ Leaf nitrogen	0.190	-	0.787	0.181	0.787	-0.463	-0.681	0.113	0.595	0.70**
نیتروژن‌غده Tuber nitrogen	0.222		-	0.046	0.220	-0.117	-0.140	0.547	0.113	0.62*
قرائتSPAD SPAD reading	0.135			-	0.074	-0.081	0.086	0.071	0.071	0.72**
پروتئین‌غده Tuber protein	0.173				-	-0.091	-0.111	0.088	0.088	0.61*
وزن مخصوص غده Tuber specific gravity	-1.701					-	-1.446	1.224	1.480	-0.75**
غده‌های‌ریز Small tuber	-1.015						-	-0.939	-0.751	-0.84**
غده‌های‌متوسط Medium tuber	0.266							-	0.162	0.74**
غده‌های‌درشت Large tuber	1.033								-	0.80**

**: 1% significance levels

معنی دار در سطح ۱ درصد

به عبارت دیگر با افزایش قرائت های SPAD، میزان درصد نیتروژن برگ و درصد نیتروژن غده نیز افزایش یافت. این نتایج با نتایج محققین دیگر مطابقت دارد. بیندی و همکاران (Bindi et al., 2002) در مطالعات خود بیان نمودند بین قرائت های کلروفیل متر و محتوای نیتروژن گیاه سیب زمینی همبستگی مثبتی وجود دارد. این نتایج نشان می دهد که با استفاده از کلروفیل متر می توان به محتوای کلروفیل و نیتروژن برگ پی برد. مزیت این روش، نیاز کمتر به وقت و هزینه برای تخمین میزان کلروفیل برگ است، چرا که روش های معمول استخراج و اندازه گیری کلروفیل زمان بر و پرهزینه هستند.

صفت مقدار نیتروژن برگ با صفات درصد غده های ریز همبستگی منفی و با صفات درصد غده های متوسط و درشت همبستگی مثبتی را نشان داد (جدول ۵). بررسی ها نشان داده اند که ریزی و درشتی غده های سیب زمینی نقش مهمی در بازارپسندی این محصول ایفا می کند. معمولا غده های با وزن متوسط (۷۵ تا ۲۵۰گرم) بازارپسندی بهتری دارند (Mosavi & Faezniya, 2001; Sparrow & Chapman, 2003). بنابراین فراهمی نیتروژن در زمانی که گیاه به این عنصر نیاز دارد، علاوه بر حصول عملکرد بیشتر، می تواند از طریق افزایش غده های متوسط و درشت منجر به بازارپسندی بهتر محصول گردد. از طرف دیگر صفت نیتروژن برگ با صفت وزن مخصوص غده همبستگی منفی و معنی داری را نشان داد. به عبارت دیگر صفت وزن مخصوص غده با صفات درصد غده های متوسط و درشت همبستگی منفی بالایی داشت (جدول ۵). بنابراین، فراهمی نیتروژن علی رغم افزایش اندازه غده، وزن مخصوص غده را کاهش می دهد. البته به نظر می رسد که با کمی تاخیر در زمان رسیدگی غده ها، این مشکل تا حدی بر طرف خواهد شد (Sparrow & Chapman, 2003). صفات وزن مخصوص غده و پروتئین غده نیز همبستگی منفی و معنی داری را نشان دادند (جدول ۵). بنابراین، به نظر می رسد فراهمی نیتروژن از طریق افزایش مقادیر کود سرک، علی رغم کاهش وزن مخصوص غده، نیتروژن کل غده و به دنبال آن درصد پروتئین غده را افزایش داده و بدین وسیله بتواند کیفیت غده های تولیدی را ارتقاء بخشد.

نتیجه گیری

به نظر می رسد روش توصیف شده در این مطالعه بتواند برای مدیریت نیتروژن تکمیلی در گیاه سیب زمینی سودمند بوده و به تصمیم گیری آسان در خصوص زمان و مقدار بکارگیری نیتروژن تکمیلی در زراعت سیب زمینی کمک کند. علاوه بر این به نظر می رسد کابرد این روش بتواند در کاهش آبشویی نیتروژن و به دنبال آن صرفه جویی در مصرف کودهای نیتروژن دار در کشور موثر باشد. اما با توجه به اینکه دستگاه کلروفیل متر تنها مقدار کلروفیل پهنک برگ را که تنها تخمینی از مقدار نیتروژن برگ است نشان می دهد، و همچنین با توجه به تاثیرپذیری دستگاه کلروفیل متر از عوامل مختلف محیطی، انجام آزمایش های تکمیلی جهت دستیابی به یک منحنی استاندارد برای محاسبه مقدار دقیق نیتروژن مورد نیاز گیاه و حصول توصیه‌های کودی دقیق تر ضروری به نظر می رسد.

جدول ۵- ضرایب همبستگی صفات زراعی سیب زمینی

Table 5- Correlation Coefficients of potato agricultural traits

صفات Traits	نیتروژن غده Tuber nitrogen	نیتروژن برگ Leaf nitrogen	قرائت SPAD SPAD reading	پروتئین غده Tuber protein	وزن مخصوص غده Tuber specific gravity	اندازه غده (درصد) Tuber size (%)		
						غده‌های ریز Small tubers	غده‌های متوسط Medium tubers	غده‌های درشت Large tubers
نیتروژن غده Tuber nitrogen								
نیتروژن برگ Leaf nitrogen	0.78**							
قرائتSPAD SPAD reading	0.55*	0.66**						
پروتئین غده Tuber protein	0.99**	0.78**	0.55*					
وزن مخصوص‌غده Tuber specific gravity	-0.53*	-0.51*	-0.60*	-0.53*				
غده‌های ریز Small tuber	-0.63*	-0.67**	-0.64**	-0.64**	0.85**			
غده‌های‌متوسط Medium tuber	0.51*	0.56*	0.53*	0.52*	-0.72**	-0.93**		
غده‌های درشت Large tuber	0.51*	0.59*	0.53*	0.51*	-0.87**	-0.75**	0.61*	

*: 5% significance levels

**: 1% significance levels

*: معنی دار در سطح ۵ درصد

**: معنی دار در سطح ۱ درصد

منابع

1- Ahmad J.I.S., Reid, F., Alan, N.N., and Hansen, C. 1999. Nitrogen sensing for precision agriculture using chlorophyll maps. ASAE/CSAE-SCGR Annual International Meeting. Sheraton Center. Toronto, ON, Canada, July 18-21.

2- Bindi, M., Hacour, A., Vandermeiren, K., Craigon, J., Ojanpera, K., Sellden, G., hogy, P., Finnan, J., and Fibbi, L. 2002. Chlorophyll concentration of potatos grown under elevated carbon dioxide and/or ozone concentrations. European Journal of Agronomy 17: 319-335.

3- FAO. 2007. FAO statistical databases. Available online at http://www. Fao.org

4- Gianquinto, G., Sambo, P., and Bona, S. 1997. The use of SPAD-502 chlorophyll meter for dynamically optimizing the Nitrogen supply in potato crop. International Symposium on Timing of Field Production in Vegetable Crops.University of Podova, Legnaro, Italy.

5- Gianquinto, G., Sambo, P., and Pimpini, F. 2003. The use of SPAD-502 chlorophyllmeter for dynamically optimising the nitrogen supply in potato crop: firstresults Acta Horticulturae 627: 225-230.
6- Jokela, W.E. 1992. Nitrogen fertilizer and dairy manure effects on corn yield and siol nitrate. Journal of Soil Science 56: 148-154.
7- Laurence, R.C.N., Armour, J.D., Shepherd, R.K., Loader, L.R., and Dwyer, MJ. 1985. Nitrogen fertilizer requirements of irrigated potatos on the Atherton Tableland. North Queensland. Australian Journal of Experimental Agriculture 25: 954-958.
8- Mosavi Fazl, H., and Faezniya, F. 2001. The effect of water and nitrogen levels on the yield and quality of potato. The 11th National Congress about Irrigation and Drianage of Iran. 273-295. (In Persian)
9- Murdock, L., Jones, S., Bowley, P., Needham, J.J., and Howe, P. 1997. Using a chlorophyll meter to make nitrogen recommendations on wheat. Co Operative Extension Service. University of Kentucky-College of Agriculture.
10- Oberle, S.L., and Keeney, D.R. 1990. Soil type, precipitation, and fertilizer N effects on corn yields. Journal of Production Agriculture 3: 522–527.
11- Osaki, M., Sagara, K., and Tanaka, A. 1992.Effect of nitrogen application on growth of various organs of potato plant. Japanese Journal of Siol Science and Plant Nutrition 63: 46-52.
12- Rezaee, A., and Soltani, A. 1996. Potato Farming. Mashhad, Jahad Daneshgahi Publication, Iran. (In Persian)
13- Roberts, S., Weaver, W.H., and Phelps, J.P. 1982. Effect of time of fertilization on nitrogen and yield of Russet Burbunk potatoes under center pivot irrigation. Potato Journal 59: 77-86.
14- Snapp, S., Smucker, D., and Vitosh, M. 2002. Nitrogen Management for Michigan Potatoes. Crop and Soil Sciences Dept.
15- Sparrow, L.A., and Chapman, S.R. 2003. Effects of nitrogen fertilizer on potato *(Solanum tuberosum* L. *cv. Russet burbank)* in Tasmania.1.Yield and quality. Australian Journal of Experimental Agriculture 43: 631-641.
16- Westerman, D.T., and Kleinkopf, G.E. 1985. Nitrogen requirements of potatoes. Agronomy Journal 77: 616-621.
17- Yazdandoost Hamedani, M. 2003. A study of the effect of nitrogen rates on yield, yield components and nitrate accumulation in potato varieties. Iranian J. Agric. Sci. 34(4): 977-985 (In Persian with English Summary)
18- Zebarth, B.J., Rees, H., Trembly, N., Fournier, P., and Leblan, B. 2003. Mapping patial variation in potato nitrogen status using the N sensor. Proceedings of the XXVI International Horticultural Congress, Toronto. Canada 11-17.
19- Zeinali, H., Hezarjaribi, E., and Ahmadi, M.R. 2002. Evaluation of genetic correlation of seed oil with some important agronomic traits in soybean through path analysis. Iranian. J. Agric. Sci. 33(4): 699-705. (In Persian with English Summary)