نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۱، شماره ۴ ، زمستان ۱۳۹۲، ص. ۵۸۲-۵۷۳

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 11, No.4, Winter. 2014, p. 573-582

بررسی تاثیر کود سرک نیتروژن با استفاده از کلروفیل‌متر بر عملکرد، اجزاء عملکرد و شاخص‌های رشد سیب زمینی

محمدجواد ارشدی[۱*]- حمیدرضا خزاعی[۲]- محمد کافی[۳]

تاریخ دریافت:۱۳۹۰/۵/۱۵
تاریخ پذیرش:۱۳۹۱/۲/۲۷

چکیده

نیتروژن به عنوان یک عنصر غذایی ضروری در بافت‌های گیاهی نقش حیاتی ایفا می‌کند و در بین عناصر ضروری برای رشد و نمو گیاه سیب زمینی (*Solanum tuberosum* L.)، نیتروژن نقش مهمتری در افزایش سطح برگ، سرعت رشد بخش‌های هوایی و عملکرد غده دارد. بنابراین برای تعیین زمان و مقدار کود نیتروژن تکمیلی در مراحل مختلف رشد گیاه سیب زمینی، بکارگیری یک روش قابل اعتماد برای ارزیابی نیتروژن قابل جذب خاک در طول فصل رشد مورد نیاز می‌باشد. بدین منظور جهت استفاده از کلروفیل متر برای تشخیص زمان نیاز گیاه سیب زمینی به کود نیتروژن و مدیریت مصرف آن و نیز صرفه جویی در مصرف کودهای نیتروژن دار در زراعت سیب زمینی رقم آگریا، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به اجرا در آمد که آن کود نیتروژن سرک در دو سطح ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار در دو شاخص نیتروژن ۹۰ و ۹۵ درصد، با یکدیگر مقایسه شدند. نتایج نشان داد شاخص نیتروژن ۹۵ درصد در مقابل شاخص 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. شاخص‌های نیتروژن و سطوح کود نیتروژن تاثیر معنی داری بر روی تعداد ساقه اصلی و تعداد غده در بوته نداشتند. افزایش مقادیر کود سرک درصد غده‌های درشت و متوسط را افزایش و درصد غده‌های ریز را کاهش داد. افزایش مقادیر کود سرک سبب افزایش وزن خشک بوته و شاخص‌های رشد سرعت رشد محصول (CGR) و شاخص سطح برگ (LAI) و کاهش شاخص رشد سرعت جذب خالص (NAR) شد و بر روی شاخص سرعت رشد نسبی (RGR) تغییر چندانی نشان نداد. در مجموع به نظر می‌رسد مدیریت مصرف کود نیتروژن به کمک دستگاه کلروفیل متر سبب تولید غده‌های مطلوب و با کیفیت می‌گردد.

واژه‌های کلیدی : کود نیتروژن، عملکرد و اجزای عملکرد سیب زمینی، کلروفیل متر، شاخص‌های رشد، شاخص نیتروژن

مقدمه

سیب زمینی از محصولات غده ای است که نقش مهمی در تغذیه مردم جهان دارد و در بسیاری از کشورهای اروپایی، جانشین نان گندم شده است (۳). مصرف این محصول در دنیا روز به روز در حال افزایش بوده و با توجه به روند رو به رشد جمعیت و گرانی سایر منابع غذایی، نیاز به تولید بیشتر این محصول اجتناب ناپذیر است. بنابراین با توجه به اهمیت گیاه سیب زمینی، هرگونه اقدامی در جهت افزایش عملکرد این گیاه امری مفید و ضروری خواهد بود. در همین راستا، شناخت و بررسی آنالیزهای رشد، در تجزیه و تحلیل عوامل موثر بر عملکرد و اجزای عملکرد سیب زمینی از اهمیت زیادی برخوردار است. بطور کلی تجزیه کمی رشد، یکی از راههای شناخت عوامل موثر بر عملکرد محسوب می‌شود و این موضوع به خصوص در مطالعه اثر عوامل محیطی بر عملکرد محصولات مختلف، مورد توجه محققین قرار گرفته است. در محصول سیب زمینی، از آنجا که منبع اصلی کربوهیدرات‌های غده، فتوسنتز برگ می‌باشد، بنابراین تجمع کربوهیدرات ها در غده خود تابعی از سطح برگ گیاه است. استفاده از کود نیتروژن با قابلیت رهاسازی آهسته، رشد اندام‌های هوایی سیب زمینی را بطور مطلوبی تحریک نموده و موجب افزایش LAI می‌شود و از آنجا که شاخص سطح برگ ارتباط تنگاتنگی با سطح برگ داشته و سطح برگ نیز بر روی تولید ماده خشک گیاه اثر می‌گذارد، بنابراین افزایش LAI می‌تواند نهایتا منجر به افزایش عملکرد غده در گیاه سیب زمینی گردد.

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی دکتری و استادان گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: Javad_arshadi24@yahoo.com)

با توجه به آنچه گفته شد به نظر می‌رسد یکی از راههای دستیابی به عملکرد مطلوب در سیب زمینی، مدیریت نیتروژن در طول فصل رشد است و برای مدیریت کود نیتروژن، ارزیابی وضعیت نیتروژن محصول در طول فصل رشد امری ضروری است. یکی از ابزارهایی که انجام تحقیقات علمی به کمک آن آسان بوده و اخیرا مورد توجه متخصصین و دانشمندان علوم گیاهی قرار گرفته، دستگاه کلروفیل متر دستی (SPAD) است که قادر است وضعیت نیتروژن برگ را با تخمین مقدار کلروفیل برگ ارزیابی کند. با این حال ارزیابی صحیح نیتروژن در طول فصل رشد، نیازمند وجود یک حد آستانه برای تعیین زمان نیاز محصول به نیتروژن است که کمتر از آن، محصول نیازمند کود نیتروژن تلقی شده و بتوان اقدام به کوددهی نیتروژن در حد نیاز محصول نمود. تحقیقات نشان داده اند که می‌توان از قرائت‌های SPAD به منظور تعیین حد آستانه نیاز محصول به نیتروژن استفاده کرد و از این طریق به عملکرد و کیفیت مطلوب محصول دست یافت (۱۰، ۱۱ و ۱۸).

زبارت و همکاران (۲۳) آزمایشی را برای بهینه کردن مدیریت نیتروژن در مزرعه سیب زمینی با خصوصیات متغیر خاک انجام دادند. آنها تیمارهای کودی مختلف نیتروژن را در یک مزرعه با مقیاس آزمایشی در دو سال برای بررسی تغییرات وضعیت نیتروژن بکار گرفتند و میزان نیتروژن 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 داده‌های دو دستگاه و میزان نیتروژن گیاه و عملکرد کل غده همبستگی مثبت خوبی وجود دارد.

جیندانگ و همکاران (۱۵) در یک آزمایش سه ساله از سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۴ در دانشگاه مینسوتای آمریکا، وضعیت نیتروژن کانوپی‌های سیب زمینی را با سه روش نمونه برداری از دمبرگ، قرائت گیری دستگاه SPAD و بررسی تصاویر ماهواره‌ای کوئیک برد[1] درشش میزان نیتروژن از ۳۴ تا ۲۷۰ کیلوگرم در هکتار مورد بررسی قرار دادند. آنها دریافتند که روش نمونه برداری از دمبرگ و بررسی غلظت نیتروژن نیتراتی دمبرگ، در تمام مراحل رشدی بهتر از روش قرائت گیری دستگاه SPAD وضعیت نیتروژن کانوپی ها را مشخص می‌سازد، اما این روش یک روش تخریبی است. همچنین آنها دریافتند بکارگیری تصاویر ماهواره ای کوئیک برد برای دقیق بودن نیازمند داده هایی با پیکسل‌های بالا است و این امر هزینه زیادی را می‌طلبد.

هدف از این تحقیق، استفاده از کلروفیل متر به منظور تشخیص زمان نیاز گیاه سیب زمینی به کود نیتروژن و بررسی آنالیزهای رشد در این محصول برای دستیابی به عملکرد مطلوب غده‌های سیب زمینی بود.

مواد و روش ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار به اجرا در آمد و در آن از سیب زمینی رقم آگریا استفاده شد. فواصل روی ردیف ۲۵ سانتیمتر و فواصل بین ردیف ۷۵ سانتیمتر و تراکم بوته ۵۳۳۰۰ بوته در هکتار در نظر گرفته شد. طول ردیف ها نیز ۶ متر بود و در هر کرت نیز ۵ ردیف لحاظ شد که دو ردیف کناری به عنوان حاشیه بودند. در هر بلوک یک کرت شاهد در نظر گرفته شد که مقدار نیتروژن آن همیشه در حد مطلوب بود، بدین ترتیب که مقدار کل نیتروژن مصرفی آن ۳۰ درصد بیشتر از مقدار پیشنهاد شده توسط آزمایشگاه خاک بود. مقدار کود پیشنهاد شده توسط آزمایشگاه خاک ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود پایه و ۳۰۰ گیلوگرم 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 تاریخ‌های ۳۲،۷و۶۱ روز پس از کاشت و به ترتیب به میزان ۱۵۰،۱۰۰و۱۵۰کیلوگرم در هکتار اعمال گردید. از این کرت جهت مقایسه قرائت‌های دستگاه کلروفیل متر با سایر تیمارها استفاده می‌شد.

بر اساس نتایج آزمایشگاه خاک مقدار ۱۱۵ کیلوگرم در هکتار اکسید پتاسیم (K_2O) و ۹۶ کیلوگرم در هکتار اکسید فسفر (P_2O_5) 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 pH خاک حدود ۸/۶ تعیین شد و بر اساس توصیه آزمایشگاه، جهت 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 در هکتار اعمال شد. زمان مصرف کود اوره سرک بوسیله دستگاه کلروفیل متر (مدل Minolta-502) تعیین شد. بدین ترتیب که هر هفته از هر کرت ۱۰ تا ۱۵ بوته بطور تصادفی انتخاب و با استفاده از دستگاه کلروفیل متر تخمینی از کلروفیل آنها برآورد و نتایج با کرت شاهد مقایسه می‌شد. از نسبت قرائت کرت مورد نظر به قرائت کرت شاهد شاخص نیتروژن تعیین گردید (۱۱، ۱۷ و ۲۰):

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

در این آزمایش دو سطح شاخص نیتروژن به میزان ۹۰ و ۹۵ درصد مورد استفاده قرار گرفت. در هر یک از دو تیمار چنانچه شاخص نیتروژن به کمتر از۹۰ یا ۹۵ درصد می‌رسید اقدام به کوددهی سرک در دو سطح ۱۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار و ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار می‌شد. قرائت گیری از سه ردیف مرکزی هر کرت انجام شده و برای قرائت گیری با دستگاه کلروفیل متر، از برگچه نوک در اولین

1- Quick Bird

برگ کاملا توسعه یافته از قسمت بالای ساقه استفاده می‌شد (۹، ۱۱، ۱۵ و ۱۷) و به ازای هر گیاه فقط یک قرائت گیری انجام می‌گردید. اندازه گیری ها نیز در یک نقطه مرکزی روی برگچه بین رگبرگ اصلی و حاشیه برگ انجام می‌شدند. در این آزمایش قرائت گیری توسط کلروفیل متر تا اواخر مرحله پر شدن غده ادامه یافت.

به منظور تعیین سطح برگ و وزن خشک بوته، در هر ماه یک نوبت از بوته هایی که برای این منظور اختصاص داده شده بودند نمونه برداری انجام شد و پس از انتقال به آزمایشگاه نسبت به جدا کردن برگ ها از بقیه اندام‌های گیاه اقدام گردید. سپس برای تعیین سطح برگ از دستگاه اندازه گیری سطح برگ استفاده شد و برای تعیین وزن خشک، نمونه‌های اندام‌های هوایی درون آون با دمای ۷۵ درجه سانتیگراد و به مدت ۷۲ ساعت قرار داده شده و سپس توزین شدند.

کلیه عملیات زراعی مانند وجین، خاک دهی و سمپاشی مطابق با نیاز مزرعه بطور یکسان در تمام کرت ها انجام شدند. در انتهای فصل رشد، ردیف‌های میانی هر کرت آزمایشی، برای ارزیابی عملکرد و اجزاء عملکرد برداشت شدند.

به منظور محاسبه شاخص‌های رشد سرعت رشد محصول (CGR)، سرعت جذب خالص (NAR)، سرعت رشد نسبی (RGR) و شاخص سطح برگ (LAI) از معادلات زیر استفاده شد (۱۲):

$$1) CGR = \frac{w_2 - w_1}{GA(t_2 - t_1)} \quad , \quad 2) LAI = \frac{LA}{GA} \quad ,$$

$$3) RGR = \frac{Lnw_2 - Lnw_1}{t_2 - t_1} \quad , \quad 4) NAR = \frac{CGR}{LAI}$$

در این معادلات علائم w_1، w_2، t_1، t_2، LA و GA به ترتیب وزن خشک گیاه در نمونه گیری اول (برحسب گرم) ، وزن خشک گیاه در نمونه گیری دوم (برحسب گرم) ، زمان نمونه گیری اول (برحسب روز)، زمان نمونه گیری دوم (برحسب روز)، مساحت برگ‌های گیاه (برحسب متر مربع) و مساحت زمین اشغال شده توسط گیاه در هر مرتبه نمونه گیری (برحسب متر مربع) هستند.

تجزیه و تحلیل داده ها و رسم گراف‌های مربوطه با استفاده از نرم افزارهای Excel و M-Stat-C انجام پذیرفت.

نتایج و بحث

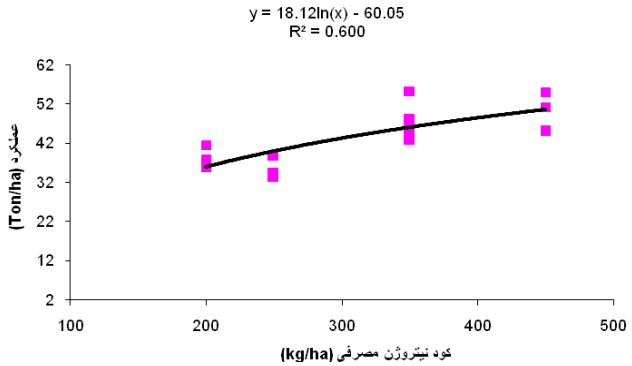
زمان و مقدار کاربرد کود سرک نیتروژن بر اساس شاخص‌های نیتروژن و مقادیر مختلف کود سرک در جدول ۱ آورده شده است.

عملکرد

نتایج تجزیه واریانس داده ها نشان داد که در شاخص نیتروژن ۹۰ درصد، مصرف هر نوبت کود سرک به میزان ۱۰۰کیلوگرم (در مجموع ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) و ۱۵۰کیلوگرم (در مجموع 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 (در مجموع ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) و ۱۵۰کیلوگرم (در مجموع ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) در مقایسه با شاهد (در مجموع ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار) باعث تغییر معنی داری در عملکرد غده سیب زمینی نشد (جدول۳). بنابراین به نظر می‌رسد 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 ندارد که با توجه به هزینه‌های بالای توزیع کود در مزرعه، به نظر می‌رسد توزیع کود سرک در سطح ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار در دو مرتبه مقرون به صرفه تر باشد.

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

کود سرک (کیلوگرم در هکتار)	شاخص نیتروژن	
	۹۰	۹۵
۱۰۰	۱۰۰ (۷۵)	۱۰۰ (۴۷)
	۱۰۰ (۹۶)	۱۰۰ (۶۸)
		۱۰۰ (۹۶)
جمع	۲۰۰	۳۰۰
۱۵۰	۱۵۰ (۷۵)	۱۵۰ (۵۴)
		۱۵۰ (۶۸)
جمع	۱۵۰	۳۰۰



شکل ۱- رابطه مقادیرکود نیتروژن مصرفی با عملکرد غده سیب زمینی

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 می‌رسد بکارگیری کود نیتروژن بیشتر برای گیاه سیب زمینی تا حد معینی منجر به افزایش عملکرد شده و از آن حد به بعد تاثیری در افزایش عملکرد نخواهد داشت (شکل ۱ و جدول ۳).

اندازه غده

اثر نیتروژن بر درصد غده‌های ریز در سطح ۵ درصد معنی دارشد. بیشترین درصد غده‌های ریز در شاخص ۹۰ درصد و سطح کودی ۱۰۰ کیلوگرم در هر نوبت (در مجموع ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد و کمترین درصد غده‌های ریز در شاخص ۹۵ درصد و سطح کودی ۱۵۰کیلوگرم درهر نوبت (در مجموع ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) مشاهده گردید (جدول ۳).

اثر نیتروژن بر درصد غده‌های متوسط در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد. بیشترین درصد غده‌های متوسط در شاخص ۹۵ درصد و سطح کودی ۱۵۰ کیلوگرم در هر نوبت (در مجموع ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد و کمترین درصد غده‌های متوسط در شاخص ۹۰ درصد و سطح کودی ۱۰۰کیلوگرم درهر نوبت (در مجموع ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) مشاهده گردید (جدول ۳).

اثر نیتروژن بر درصد غده‌های درشت در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد. بیشترین درصد غده‌های درشت در شاخص ۹۵ درصد و سطح کودی ۱۵۰ کیلوگرم در هر نوبت (در مجموع ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد و کمترین درصد غده‌های درشت در شاخص ۹۰ درصد و سطح کودی ۱۰۰کیلوگرم در هر نوبت (در مجموع ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) مشاهده گردید (جدول ۳).

در این آزمایش با افزایش مقادیر کود نیتروژن سرک، درصد غده‌های متوسط و درشت افزایش یافت. شجاعی و جواهری (۴) در مطالعات خود بر روی اثرات مصرف کود روی (Zn) بر عملکرد و اجزای عملکرد سیب زمینی بیان نمودند که اگر شرایط محیطی اجازه بدهد، رقم آگریا توانایی درشت تر کردن غده‌های خود و در نتیجه افزایش عملکرد را دارد. اسپارو و چاپمن (۲۱) گزارش کردند کاربرد کود سرک نیتروژن باعث افزایش عملکرد غده رقم راست بربانک می‌شود که این افزایش عملکرد بیشتر ناشی از اندازه غده بود تا تعداد غده. اما از طرف دیگر کاربرد کود سرک باعث افزایش عملکرد غده‌های بدشکل نیز می‌شود. بررسی ها نشان داده اند که ریزی و درشتی غده‌های سیب زمینی نقش مهمی در بازارپسندی این محصول ایفا می‌کند. معمولا غده‌های با وزن متوسط (۷۵ تا ۲۵۰گرم) بازارپسندی بهتری دارند. بنابراین فراهمی نیتروژن در زمانی که گیاه به این عنصر نیاز دارد، علاوه بر حصول عملکرد بیشتر، می‌تواند از طریق افزایش غده‌های متوسط و درشت منجر به بازارپسندی بهتر محصول گردد.

تعداد ساقه اصلی در بوته

در شاخص نیتروژن ۹۰ درصد مصرف هر نوبت کود سرک به میزان ۱۰۰کیلوگرم (در مجموع ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) و ۱۵۰کیلوگرم (در مجموع ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) در مقایسه با شاهد (در مجموع ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار) باعث تغییر معنی داری در تعداد ساقه اصلی در بوته سیب زمینی نگردید (جدول ۳). همچنین در شاخص نیتروژن ۹۵ درصد مصرف هر نوبت کود سرک به میزان ۱۰۰کیلوگرم (در مجموع ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) و ۱۵۰کیلوگرم (در مجموع ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) در مقایسه با شاهد (در مجموع ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار) باعث تغییر معنی داری در تعداد ساقه اصلی در بوته سیب زمینی نشد (جدول ۳).

در این آزمایش مشاهده شد که سطوح مختلف کود سرک نیتروژن و شاخص‌های نیتروژن تاثیر معنی داری بر روی تعداد ساقه

اصلی در بوته ندارند، این موضوع به کیفی بودن صفت تعداد ساقه در هر بوته نسبت داده شد (صفات کیفی تحت تاثیرمحیط قرار نمی‌گیرند). آلن (۸) در مطالعات خود بر روی عملکرد سیب زمینی، گزارش کرد تعداد ساقه اصلی در هر بوته به اندازه و سن فیزیولوژیک غده و خصوصیات فیزیولوژیکی رقم (تعداد چشم در غده بذری) بستگی دارد. لماگا و کیسر (۱۶) بیان کردند که افزایش تعداد ساقه در هر رقم، باعث تولید تعداد غده بیشتر در آن می‌شود. اما این صفت یک صفت کیفی است و جدا کردن اثر محیط از اثر ژنوتیپ در مورد آن مشکل است.

تعداد غده در بوته

در شاخص نیتروژن ۹۰ درصد مصرف هر نوبت کود سرک به میزان ۱۰۰کیلوگرم (در مجموع ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) و ۱۵۰کیلوگرم (در مجموع ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) در مقایسه با شاهد (در مجموع ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار) باعث تغییر معنی داری در تعداد غده در بوته سیب زمینی نگردید (جدول ۳). همچنین در شاخص نیتروژن ۹۵ درصد مصرف هر نوبت کود سرک به میزان ۱۰۰کیلوگرم (در مجموع ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) و ۱۵۰کیلوگرم (در مجموع ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) در مقایسه با شاهد (در مجموع ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار) باعث تغییر معنی داری در تعداد غده در بوته سیب زمینی نشد (جدول ۳).

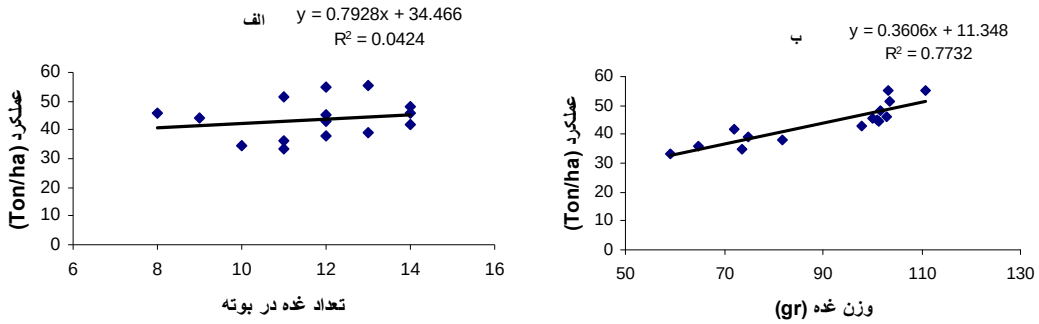
در این آزمایش مشاهده شد که سطوح کود سرک نیتروژن و شاخص‌های نیتروژن تاثیر معنی داری بر روی تعداد غده در بوته ندارند، این موضوع به کیفی بودن صفت تعداد غده در هر بوته نسبت داده شد. هاورکورت و همکاران (۱۳) نشان دادند که بین تعداد استولون‌های گیاه سیب زمینی و تعداد غده در بوته همبستگی مثبتی وجود دارد. آلن (۸) گزارش کرد که تعداد غده در هر بوته سیب زمینی با تعداد ساقه هوایی همبستگی مثبتی دارد و با افزایش تعداد ساقه در هر بوته تعداد غده تشکیل شده نیز افزایش می‌یابد.

بطور کلی عملکرد غده سیب زمینی حاصل تعداد غده و متوسط وزن غده است. در این مطالعه تعداد غده در سطوح مختلف کود نیتروژن و در شاخص‌های متفاوت نیتروژن، تغییر معنی داری نداشت. در نتیجه همبستگی تعداد غده با عملکرد معنی دار نشد. در حالیکه متوسط وزن غده با عملکرد همبستگی مثبت و معنی داری داشت (شکل ۲). از آنجایی که انتظار می‌رود بین اجزاء عملکرد یک همبستگی منفی وجود داشته باشد و در این مطالعه با افزایش سطوح کود نیتروژن و شاخص‌های نیتروژن، متوسط وزن غده افزایش یافت و تعداد غده در بوته کاهش نیافت، 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. یزدان دوست (۷) گزارش کرد همبستگی عملکرد غده با تعداد غده در بوته منفی و با متوسط وزن غده مثبت و معنی دار است.

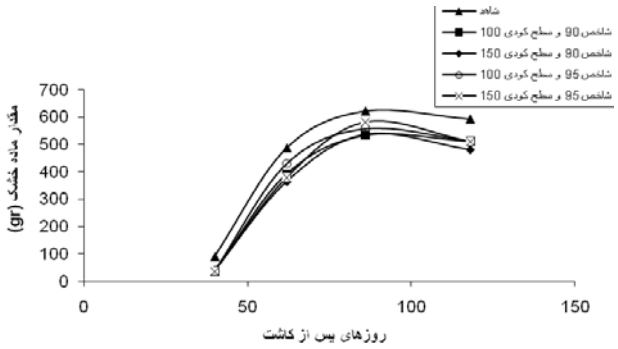
الگوی تجمع ماده خشک

بطور کلی روند تجمع ماده خشک در بین تیمارهای مختلف در این تحقیق، مشابه یکدیگر و بصورت سیگموئیدی بود (شکل ۳). در هر پنج تیمار الگوی تجمع ماده خشک به گونه ای بود که کمی قبل از رسیدگی فیزیولوژیک، از وزن خشک تمام تیمارها کاسته شد که می‌توان این موضوع را به زرد شدن و ریزش برگ ها و تشدید رقابت در اواخر فصل رشد نسبت داد. در تمامی چهار مرتبه نمونه گیری، بیشترین وزن خشک اندام هوایی در تیمار شاهد مشاهده شد و کمترین وزن خشک اندام هوایی در سه نمونه گیری اول در تیمار شاخص ۹۰ درصد و سطح کودی ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد و در نمونه گیری آخر در تیمار شاخص ۹۰ درصد و سطح کودی ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار مشاهده گردید (جدول ۲ و شکل ۴).

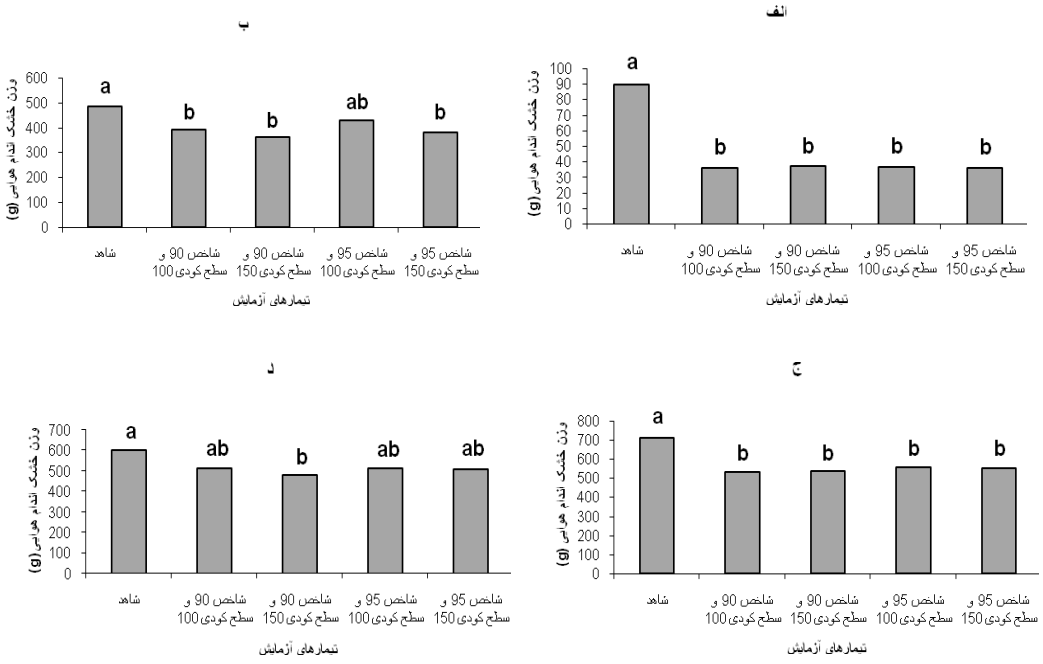
مقایسه الگوی تجمع ماده خشک در بین تیمارهای مختلف نشان داد مصرف کود نیتروژن بیشتر در ابتدای فصل رشد برای تیمار شاهد باعث افزایش چشمگیر وزن خشک اندام هوایی گردید و این روند تقریبا تا انتهای فصل رشد نیز ادامه داشت.



شکل ۲- رابطه وزن غده و تعداد غده در بوته با عملکرد. الف و ب به ترتیب همبستگی بین تعداد غده در بوته با عملکرد و وزن غده با عملکرد می‌باشند.



شکل۳- روند تغییرات وزن خشک بوته در تیمارهای مختلف



شکل٤- اثر کود نیتروژن بر وزن خشک بوته. الف ، ب ، ج و د به ترتیب اثر کود نیتروژن بر اولین، دومین، سومین و چهارمین نمونه گیری هستند که به ترتیب در زمان‌های ٤١، ٦٢، ٨٦ و ١١٨ روز پس از کاشت اندازه گیری شدند. (میانگین‌های دارای حرف مشترک تفاوت معنی داری در سطح ۱ درصد ندارند).

با این وجود مصرف کود نیتروژن در طول فصل رشد برای سایر تیمارها باعث شد تا در انتهای فصل رشد تفاوت معنی داری بین وزن خشک اندام هوایی تیمار شاهد و سایر تیمارها مشاهده نشود و فقط وزن خشک تیمار شاخص ۹۰ و سطح کودی ۱۵۰ که در بین تیمارها کمترین کود را دریافت کرده بود در انتهای فصل رشد با شاهد معنی دار شد. بطور کلی نتایج این آزمایش نشان داد که سیب زمینی گیاهی است که به خوبی به مصرف کود نیتروژن پاسخ مثبت نشان می‌دهد و با مصرف کود نیتروژن، سطح برگ، رشد اندام هوایی و عملکرد آن افزایش می‌یابد. هراواتی (۱۴) بیان نمود که وزن خشک اندام هوایی سیب زمینی با کاربرد ۲۰ تن کود مرغی در هکتار و ۱۵۰ کیلوگرم کود فسفات افزایش معنی داری داشت. وس و همکاران (۲۲) بیان نمودند که فراهمی کم نیتروژن، از طریق کاهش اندازه برگ، منجر به کاهش ظرفیت فتوسنتزی گیاه سیب زمینی شده و این امر می‌تواند در کاهش رشد اندام هوایی گیاه موثر باشد.

شاخص سطح برگ (LAI)

اثر نیتروژن بر شاخص سطح برگ معنی دار شد و بیشترین شاخص سطح برگ در تیمار شاخص ۹۵ و سطح کودی ۱۰۰ و کمترین شاخص سطح برگ در تیمار شاخص ۹۰ و سطح کودی ۱۵۰ مشاهده شد و بین تیمارهای شاهد، شاخص ۹۵ و سطح کودی ۱۰۰ و شاخص ۹۵ و سطح کودی ۱۵۰ و همچنین بین تیمارهای شاهد، شاخص ۹۰ و سطح کودی ۱۰۰ ، شاخص ۹۰ و سطح کودی ۱۵۰ و شاخص ۹۵ و سطح کودی ۱۵۰ اختلاف معنی داری مشاهده نشد (جدول ۳). در این آزمایش، مصرف کود نیتروژن بیشتر در ابتدای فصل رشد برای تیمار شاهد باعث افزایش چشمگیر شاخص سطح برگ تیمار شاهد گردید (شکل۵ – الف). همچنین مصرف کود نیتروژن در مراحل رشد رویشی اولیه و غده بندی باعث افزایش معنی دار شاخص سطح برگ برای تیمارهای شاخص ۹۵ و سطح کودی ۱۰۰ و شاخص ۹۵ و سطح کودی ۱۵۰ در دومین و سومین نمونه گیری شد. در این آزمایش بیشترین شاخص سطح برگ در نمونه گیری سوم و در تاریخ ۸۶ روز پس از کاشت مشاهده شد و در نمونه گیری چهارم یک روند کاهشی را نشان داد. کوچکی و بنایان اول (۵) بیان نمودند که حداکثر شاخص سطح برگ گیاه سیب زمینی حدودا ۴ است که با مصرف کودهای نیتروژن ممکن است افزایش یابد. للگانی (۶) گزارش کرد که از بین تیمارهای صفر تا ۶۰ تن کود دامی در هکتار، مصرف ۶۰ تن کود دامی در هکتار باعث وقوع زودتر حداکثر سطح برگ و افزایش دوام سطح برگ در گیاه سیب زمینی شد.

وس و همکاران (۲۲) اظهار داشتند که فراهمی نیتروژن در افزایش اندازه و تعداد برگ‌های سیب زمینی موثر است و فراهمی اندک نیتروژن بدین معنی است که گیاه نمی تواند به پتانسیل تولید برگ خود دست پیدا کند.

بطورکلی گزارشات علمی نشان داده اند که با اضافه کردن کودهای دامی و شیمیایی به خاک، میزان عناصر غذایی از جمله نیتروژن در خاک افزایش یافته که این امر در رشد اندام‌های هوایی و سطح برگ گیاه موثر است.

سرعت رشد محصول (CGR)

اثر سطوح کود نیتروژن و شاخص‌های نیتروژن بر حداکثر سرعت رشد محصول معنی دار شد و بیشترین سرعت رشد محصول در تیمار شاهد و کمترین سرعت رشد محصول در تیمار شاخص ۹۰ درصد و سطح کودی ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار مشاهده گردید (جدول ۳). در این آزمایش مشاهده شد که در مرحله غده دهی و با افزایش سطح برگ، میزان تولید ماده خشک در واحد سطح افزایش یافت و به تبع آن سرعت رشد گیاه نیز روندی افزایشی نشان داد. اما در مراحل بعدی، به دلیل تغییر الگوی توزیع مواد فتوسنتزی و انتقال آنها به اندام‌های زیرزمینی جهت حجیم شدن غده ها و همچنین ایجاد رقابت و تا حدی پیری و ریزش برگ ها، سرعت رشد گیاه روندی کاهشی به خود گرفت (شکل ۵ – ب).

همان طور که اشاره شد با افزایش مقادیر کود سرک نیتروژن، شاخص سطح برگ نیز افزایش یافت و با توجه به اینکه بین سطح فتوسنتزکننده و CGR رابطه مستقیمی وجود دارد (۱۹) بنابراین به نظر می‌رسد که یکی از پیش شرطهای لازم برای دستیابی به عملکرد بالا در محصول سیب زمینی، تامین شرایط مطلوب جهت فراهمی کافی و به موقع نیتروژن باشد تا بدین طریق تولید مواد فتوسنتزی در بالاترین حد کارایی خود صورت پذیرد.

سرعت جذب خالص (NAR)

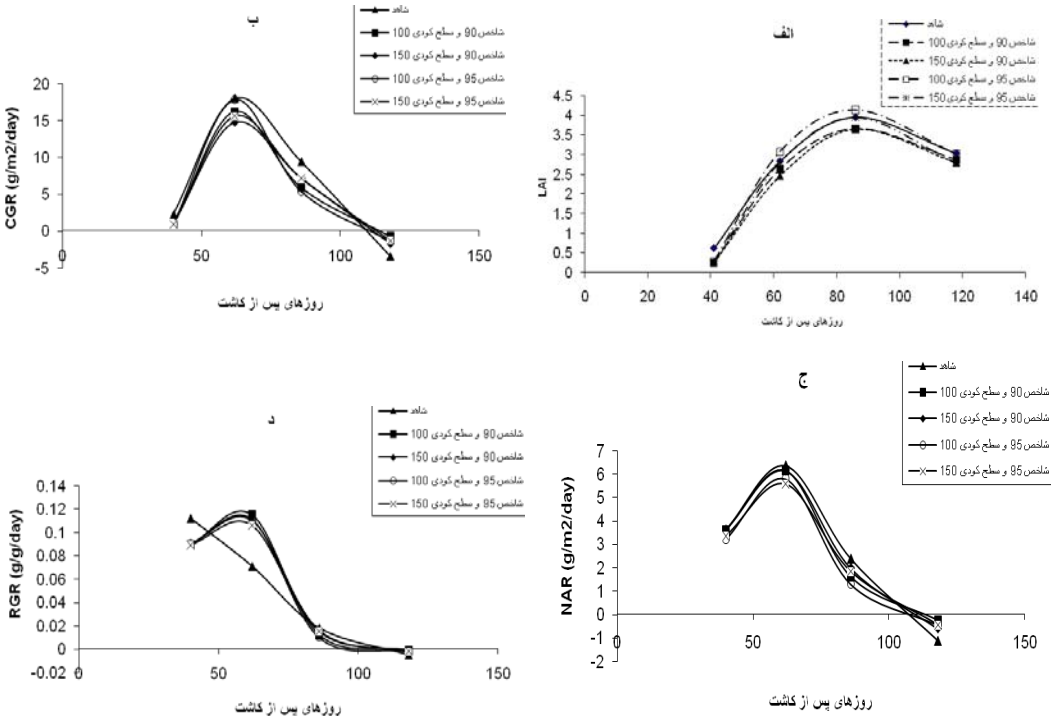
سرعت جذب خالص در واقع معیاری از کارایی فتوسنتز برگ ها در جامعه گیاهی بوده و از حاصلضرب سرعت رشد محصول در شاخص سطح برگ بدست می‌آید و گویای این واقعیت است که در زمان رسیدن تجمع ماده خشک به حداکثر که سرعت رشد محصول صفر می‌گردد، سرعت جذب خالص نیز صفر شده و از آن پس منفی می‌گردد (شکل ۵ – ج). در این آزمایش اثر سطوح کود نیتروژن و شاخص‌های نیتروژن بر حداکثر سرعت جذب خالص معنی دار شد و بیشترین سرعت جذب خالص در ابتدای فصل رشد و در تیمار شاهد و کمترین سرعت جذب خالص در تیمار شاخص ۹۵ درصد و سطح کودی ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار مشاهده گردید (جدول ۳). بالا بودن حداکثر سرعت جذب خالص برای تیمار شاهد به فراهمی بیشتر کود نیتروژن در ابتدای فصل رشد برای این تیمار نسبت داده شد. البته اختلاف حداکثر NAR بین تیمار شاهد و تیمارهای شاخص ۹۰ درصد و سطح کودی ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و شاخص ۹۰ درصد و سطح کودی ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار که کود کمتری دریافت کرده بودند معنی دار نشد که به نظر می‌رسد دلیل این امر عدم سایه اندازی برگ‌ها بر روی هم در این تیمارها و فراهمی نور بیشتر برای آنها باشد. به عبارت دیگر تیمارهای شاخص ۹۵ درصد و سطح کودی ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و شاخص ۹۵ درصد و سطح کودی ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار که از سطح برگ بیشتری در ابتدای فصل رشد برخوردار بودند، NAR کمتری در ابتدای فصل رشد داشتند. چرا که بالا بودن سطح برگ می‌تواند منجر به سایه اندازی برگ ها بر روی یکدیگر شده و به دنبال آن NAR کاهش یابد. در مقابل، در یک گونه خاص، گیاهان با برگ‌های کوچکتر، بیشتر در معرض نور مستقیم خورشید قرار داشته و از NAR بیشتری برخوردارند. این نتیجه گیری با مطالعات حسین پور و همکاران (۲) بر روی گندم هم آهنگ است.

شایان ذکر است که برتری حداکثر NAR در تیمارهای شاخص ۹۰ درصد و سطح کودی ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و شاخص ۹۰ درصد

و سطح کودی ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار، احتمالا به دلیل پایین بودن LAI ی آنها در ابتدای فصل رشد بوده و به همین جهت این برتری از نظر تولید ماده خشک فاقد اهمیت می‌باشد. به عبارت دیگر سرعت جذب خالص بالا نمی تواند دلیلی بر عملکرد بیشتر باشد، بلکه فقط معیاری از بالا بودن بازده فتوسنتز است.

سرعت رشد نسبی (RGR)

اثر سطوح کود نیتروژن و شاخص‌های نیتروژن بر حداکثر سرعت رشد نسبی معنی دار شد و بیشترین سرعت رشد نسبی در تیمار شاهد مشاهده شد، اما بین حداکثر RGR سایر تیمارها اختلاف معنی داری مشاهده نشد (جدول ۳). روند RGR در این مطالعه از ابتدا تا انتهای فصل رشد یک روند کاهشی بود (شکل۵ – د).



شکل۵- روند تغییرات شاخص سطح برگ (الف)، سرعت رشد محصول (ب)، سرعت جذب خالص (ج) و سرعت رشد نسبی (د) در تیمارهای مختلف

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد، اجزای عملکرد و حداکثر شاخص‌های رشد

منبع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد	تعدادساقه اصلی در بوته	تعدادغده دربوته	اندازه-غده (درصد)			وزن خشک بوته	CGR	RGR	NAR	LAI
					غده‌های ریز	غده‌های متوسط	غده‌های درشت					
تکرار	۲	۲۲/۵۴۸	۰/۰۴۲	۸/۸۶۷	۲۸/۸۶۲	۰/۶۴۶	۰/۴۳۱	۱۳۷۸۹/۸۸	۰/۴۲۱	۰/۱۲۹	۰/۱۰۲	۰/۰۱۰
تیمار	۴	۱۲۳/۹۶۲*	۰/۴۵۸ns	۰/۵۶۷ns	۳۸۲/۱۷۶*	۲/۹۷۳*	۱/۲۵۳*	۱۷۱۲۰/۰۱*	۵/۸۸۹*	۷۶/۱۲۵*	۰/۳۰۳*	۰/۱۳۳*
خطا	۸	۱۵/۷۴۵	۰/۳۶۷	۳/۱۱۷	۱۶/۷۸۳	۰/۶۶۲	۰/۲۱۱	۱۶۴۱/۲۳	۱/۱۲۰	۰/۳۹۸	۰/۰۲۵	۰/۰۱۶
کل	۱۴	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

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

جدول ۳- مقایسات میانگین عملکرد، اجزای عملکرد و حداکثر شاخص‌های رشد

تیمارهای آزمایش	عملکرد (Ton/ha)	تعدادساقه اصلی‌در بوته	تعداد غده‌در بوته	اندازه غده (درصد)			CGR ($g/m^2/d$)	RGR (g/g/d)	NAR ($g/m^2/d$)	LAI
				غده‌های ریز	غده‌های متوسط	غده‌های درشت				
تیمار شاهد	۵۰/۵۲a	۵/۸۸۷a	۱۱/۶۷a	۶۲/۱۹b	۵/۶۲۷a	۲/۴۸۳a	۱۸/۰۱a	۰/۱۱۲b	۶/۳۶۰a	۳/۹۴ab
شاخص نیتروژن۹۰ وسطح کودی ۱۰۰	۳۵/۶۴c	۵/۵۰۰a	۱۱/۳۳a	۸۴/۰۹a	۳/۸۵۷b	۱/۳۲۳b	۱۶/۱۷ab	۰/۰۸۹b	۶/۱۴۰a	۳/۶۵b
شاخص نیتروژن۹۰ وسطح کودی ۱۵۰	۳۸/۵۲bc	۴/۸۳۳a	۱۲/۳۳a	۸۱/۳۳a	۴/۰۷۳b	۱/۳۶۳b	۱۴/۷۸b	۰/۰۹۰b	۶/۱۳۰a	۳/۶۴b
شاخص نیتروژن۹۵ وسطح کودی ۱۰۰	۴۵/۶۲ab	۵/۳۳۳a	۱۱/۳۳a	۶۳/۷۹b	۵/۱۰۰ab	۲/۵۰۰a	۱۷/۷۹a	۰/۰۹۰b	۵/۷۹۰b	۴/۱۳a
شاخص نیتروژن۹۵ وسطح کودی ۱۵۰	۴۸/ ۵۴a	۵/۱۶۷a	۱۲/۰۰a	۶۰/۸۳b	۶/۱۶۷a	۲/۵۸۰a	۱۶/۵۸ab	۰/۰۸۹b	۵/۵۶۰b	۳/۹۴ab

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

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 و در اواخر فصل رشد به دلیل ریزش برگ ها منفی می‌شود. در همین ارتباط پورهادیان و خواجه پور (۱) نتایج مشابهی را بر روی گلرنگ بدست آوردند.

بطور کلی شیب خط منحنی سرعت رشد نسبی بیانگر سرعت رشد ماده خشک در تیمارها است و بالا بودن این شاخص نشان دهنده سرعت استقرار بهتر گیاه در ابتدای فصل رشد می‌باشد. بنابراین به نظر می‌رسد که فراهمی نیتروژن بیشتر برای تیمار شاهد در ابتدای فصل رشد باعث شده است تا RGR این تیمار از شیب تندتری برخوردار بوده و استقرار مطلوب تری در ابتدای فصل رشد داشته باشد.

منابع

۱- پورهادیان، ح. و م. ر. خواجه پور، ۱۳۸۶. تاثیر فواصل ردیف کاشت و تراکم بوته بر شاخص‌های رشد و عملکرد گلرنگ، توده محلی اصفهان "کوسه" در کشت تابستانه. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۱ (۴۲): ۱۷ – ۳۱.

۲- حسین پور، ط.، ع. ا. سیادت، ر. مامقانی، و م. رفیعی. ۱۳۸۲. بررسی برخی خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک موثر بر عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های گندم تحت شرایط کم آبیاری. مجله علوم زراعی ایران. ۵ (۱): ۲۳ – ۳۶.

۳- رضایی، ع. و ا. سلطانی. ۱۳۷۵. زراعت سیب زمینی . انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

۴- شجاعی نوفرست، ک. و س. جواهری. ۱۳۸۲ . بررسی اثرات زمان، میزان و روش مصرف کود روی بر عملکرد و اجزاء عملکرد و مقدار جذب روی در دو رقم سیب زمینی. مجله پژوهش‌های زراعی ایران. ۱ (۲): ۱۹۱ – ۱۹۸.

۵- کوچکی، ع. و م. بنایان اول. ۱۳۷۳. فیزیولوژی عملکرد گیاهان زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

۶- للگانی دزکی، ب. ۱۳۸۴. اثر کود دامی و عمق کاشت بر خصوصیات کمی وکیفی سیب زمینی. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد.

۷- یزدان دوست همدانی، م. ۱۳۸۲. مطالعه تاثیر مصرف نیتروژن بر عملکرد، اجزاء عملکرد و تجمع نیترات در ارقام سیب زمینی. مجله علوم کشاورزی ایران. ۳۴ (۴) : ۹۷۷ – ۹۸۵.

8- Allen, E. J. 1972. The effect of row width on the yield of three potato varieties. Journal of Agriculture Science Cambridge, 79: 315-321.

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

10- Gianquinto, G., P. Sambo, and S. Bona. 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.
11- Gianquinto, G., P. Sambo, and F. Pimpini. 2003. The use of SPAD-502 chlorophyllmeter for dynamically optimising the nitrogen supply in potato crop: firstresults. Acta Horticulturae, 627: 225–230.
12- Gardner, F. P., R. B. Pearce, and R. L. Mitchell. 1988. Physiology of Crop Plants. Blackwell Scientific Publications, Oxford, U. K.
13- Haverkort, A. J., De Wart, M. V. and K. B. A. Bodlaender. 1990. Inter-relationships of the number of initial sprouts, stems, stolons and tubers per potato plant. Potato Research, 33: 269-274.
14- Herawati, T. 2003. Effect of P fertilization and organic matter on Growth and yeild of potato. *(Solanum tuberosum* L*)*. Symposium on small scale vegetable production and horticultural. Economics in developing countris, URL.
15- Jindong, W., J. Carl, and E. Marvin. 2006. Comparsion of petiole nitrate concentrations, SPAD chlorophyll readings, and QuickBird satellite imagery in detecing nitrogen status of potato canopies. Field Crops Research, 101: 96-103.
16- Lemaga, B. and K. Caesar. 1990. Relationships between numbers of main stems and yield components of potato as influenced by different dsylengths. Potato Research. 33: 257-267.
17- Murdock, L., S. Jones, P. Bowley, J. Needham and P. Howe. 1997. Using a chlorophyll meter to make nitrogen recommendations on wheat. Co operative Extension Service. University of Kentucky-College of Agriculture.
18- Peng, S., F. E. Garacia, R. C. Laza, A. L. Sanico, R. M. Viperas, and K. G. Assman. 1996. Increased N- use efficiency using a chlorophyll meter on high- yielding irrigated rice. Field Crops Research, 47: 243-257.
19- Sidlauskas, G. and S. Bernotas. 2003. Some factors affecting seed yield of spring oilseed rape (*Brassica napus* L.). Agron. Res. 1(2): 229-243.
20- Snapp, S., D. Smucker, and M. Vitosh. 2002. Nitrogen management for Michigan Potatoes. Crop and Soil Sciences Dept.
21- Sparrow, L. A. and S. R. Chapman. 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.
22- Vos, J., and P. E. L. Vam der Putten. 1998. efect of nitrogen supply on leaf growth, Leaf nitrogen economy and photosynthetic capacity in Potato. Field crops research, 59: 63–72.
23- Zebarth, B. J., H. Rees, N. Trembly, P. Fournier, and B. Leblan. 2003. Mapping patial variation in potato Nitrogen status using the N sensor. Proceedings of the XXVI International Horticultural Congress, Toronto. Canada, 11-17.