

عملکرد و کیفیت غده‌های خوراکی و بذری سیب‌زمینی در واکنش به سطوح مختلف فسفر و زمان‌بندی نیتروژن

امیرمحمد جمشیدی^۱، علی احمدی^{۲*} و بابک درویشی^۳

۱ و ۲. دانشجوی کارشناسی ارشد و استاد، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

۳. استادیار، مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال کرج

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۴/۲۳ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۳/۷/۲۴)

چکیده

به منظور تعیین توزیع زمانی مناسب کاربرد کود نیتروژن و مقدار مطلوب کود فسفره برای دستیابی به عملکرد و کیفیت مطلوب در غده‌های خوراکی و بذری سیب‌زمینی، آزمایشی در سال ۱۳۹۱ در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران انجام گرفت. آزمایش به صورت کرت‌های خردشده نواری و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد که در آن اثر دو عامل مقدار کود فسفره دی‌آمونیم فسفات (چهار سطح صفر، ۱۷۵، ۳۵۰ و ۵۲۵ کیلوگرم در هکتار) و سه زمان مصرف کود نیتروژن اوره شامل N1 (۱۵ درصد زمان کاشت، عدم استفاده در مرحله غده‌زایی و ۸۵ درصد طی سه نوبت در مرحله حجیم شدن غده‌ها)، N2 (۳۵ درصد زمان کاشت، عدم استفاده در مرحله غده‌زایی و ۶۵ درصد طی یک نوبت در مرحله حجیم شدن غده‌ها) و N3 (۳۵ درصد زمان کاشت، ۳۰ درصد در مرحله غده‌زایی و ۳۵ درصد در مرحله حجیم شدن غده‌ها) بر سیب‌زمینی مطالعه شد. نتایج نشان داد که روش سوم زمان‌بندی کوددهی نیتروژن علاوه بر کاهش چشمگیر درصد نترات غده، عملکرد غده را نیز به طور مؤثری افزایش داده است. اگرچه سطوح مختلف کود فسفره تأثیر معنی‌داری بر عملکرد غده‌های تولیدی نداشت، افزایش کود فسفره تا سطح سوم (۳۵۰ کیلوگرم در هکتار) موجب افزایش تعداد غده‌ها شد و کاربرد بیش از این مقدار به طور معنی‌داری تعداد غده‌های تولیدی را کاهش داد. همچنین سطح چهارم کود فسفره (۵۲۵ کیلوگرم در هکتار) وزن مخصوص غده‌ها را نسبت به سایر سطوح به طور معنی‌داری افزایش داد. بنابراین افزایش کود فسفره تا حدی نقش مؤثری در تحریک فرایند غده‌زایی بوته سیب‌زمینی داشت.

واژه‌های کلیدی: حجیم شدن غده، درصد نترات، غده‌زایی، عملکرد، فسفر.

مقدمه

تأثیر اساسی بر عملکرد، وزن مخصوص و سایر شاخص‌های کیفی غده می‌گذارد (Lang et al., 1999). ناآگاهی از کاربرد صحیح کودهای شیمیایی، به مصرف بیش از اندازه و نادرست این کودها در کشاورزی ایران منجر شده که علاوه بر تحمیل هزینه‌های سنگین، آلودگی زیست‌محیطی را نیز در پی داشته است. کمبود نیتروژن به کاهش رشد و عملکرد محصول

سیب‌زمینی یکی از محصولات غذایی پرمصرف در تغذیه انسان است که عملکرد آن بیشتر از بسیاری از محصولات زراعی دیگر است. این محصول با وجود عملکرد زیاد در واحد سطح بسیار نهاده‌بر است؛ بنابراین درک نیاز غذایی گیاه و هماهنگ کردن مواد غذایی در دسترس با نیاز غذایی گیاه در هر یک از مراحل رشد

دیگر، کاربرد ۶۰ کیلوگرم فسفر خالص در هکتار تعداد غده‌های بازارپسند را افزایش می‌دهد (Zelalam *et al.*, 2009). در بررسی تأثیر فسفر بر عملکرد و اندازه غده مشاهده شد که کاربرد فسفر نسبت به شاهد (عدم استفاده) سبب کاهش معنی‌دار تعداد غده‌های بزرگ شد و غده‌های بیشتری با اندازه کوچک‌تر تولید شد (Rosen & Bierman, 2008). همچنین نشان داده شده است که در پی افزایش مقدار فسفر برگی، توزیع ماده خشک از غده‌ها به اندام رویشی تغییر جهت پیدا می‌کند و این امر به کاهش اندازه غده‌ها منجر می‌شود (Westermann & Klinkop, 1985). در مطالعه‌ای گزارش شد که فعالیت آنزیم‌های سنتزکننده نشاسته تحت تأثیر عناصر غذایی معدنی در گیاهان قرار دارد. نتایج تحقیقی نشان داد که فعالیت آنزیم کلیدی ای‌دی‌پی‌گلوکز پیروفسفریلاز در حضور عنصر پتاسیم تا دوبرابر افزایش می‌یابد، درحالی که توسط فسفات غیرآلی بازداشته می‌شود (Struik *et al.*, 1991).

در بیشتر مزارع سیب‌زمینی کشور، مصرف کودهای شیمیایی بر پایه نیاز واقعی گیاه نیست و کشاورزان اغلب برای دستیابی به عملکرد هرچه بیشتر، مقادیر زیادی کود شیمیایی، به‌ویژه کود نیتروژن مصرف می‌کنند که نه تنها ممکن است طبق قانون بازده نزولی نهاده‌ها به بهره‌وری بیشتر منجر نشود، بلکه تبعات نامطلوب زیست‌محیطی و بهداشتی نیز دارد. از این رو هدف تحقیق حاضر تعیین توزیع زمانی مناسب کاربرد کود نیتروژن و مقدار مطلوب کود فسفره برای حصول عملکرد و کیفیت مطلوب در غده‌های بذری و خوراکی سیب‌زمینی با توجه به مقادیر این عناصر در خاک بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۱ در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران واقع در کرج انجام گرفت. این منطقه از نظر دسته‌بندی آب‌وهوایی براساس طبقه‌بندی دومارتن پیشرفته جزء مناطق نیمه‌خشک و سرد محسوب می‌شود. زمین مورد کشت که در سال قبل آیش بود، با گاوآهن برگردان‌دار شخم زده شد و سپس از سه نقطه از خاک محل آزمایش نمونه‌برداری شده و مقادیر نیتروژن، فسفر و پتاسیم تعیین شد (جدول ۱).

سیب‌زمینی منجر می‌شود و مصرف زیاد آن نیز رشد رویشی اندام‌های هوایی را تحریک می‌کند و تشکیل غده‌ها و دوره پر شدن آنها را به تأخیر می‌اندازد. چنین وضعیتی وزن مخصوص غده‌ها را نیز کاهش می‌دهد (Khazaei & Arshadi, 2008). در پژوهشی گزارش شده است که فراهم بودن مقادیر زیاد نیتروژن در زمان غده‌دهی یا قبل از آن، دوره رشد رویشی را افزایش و عملکرد را از طریق به تعویق انداختن توسعه و رشد غده کاهش می‌دهد. مصرف دیرهنگام مقادیر بیش از حد نیتروژن در طی فصل رشد نیز رسیدگی غده‌ها را به تأخیر می‌اندازد، عملکرد را کاهش می‌دهد و بر کیفیت و قابلیت انبارداری غده‌ها تأثیر منفی دارد (Atkinson *et al.*, 2003). با هماهنگی بین زمان مصرف کودهای نیتروژن و زمان نیاز گیاه به نیتروژن، می‌توان ضمن دستیابی به عملکرد زیاد، محصولی با درصد نیترات کم تولید کرد. مقدار فراتر از حد مجاز نیترات در مواد خوراکی مصرفی، در درازمدت برای سلامت انسان تهدیدآمیز خواهد بود. مصرف بیش از حد کودهای نیتروژن در سیب‌زمینی سبب تجمع نیترات در غده‌ها می‌شود. نیترات تجمع‌یافته در سبزیجات به نیتريت و نیتروزاسیدها تبدیل و در صورت ترکیب این مواد با آمین‌های نوع اول و دوم، نیتروزآمین‌ها تولید می‌شود که مخاطرات بهداشتی آنها به اثبات رسیده است (Thorup, 2001). در پژوهشی به‌منظور بررسی تأثیر زمان کاربرد نیتروژن بر تجمع نیترات در غده سیب‌زمینی، گزارش شد که زمان کاربرد نیتروژن تأثیر معنی‌داری بر غلظت نیترات غده داشت (Tanideh *et al.*, 2009).

مقدار مصرف کودهای فسفره برای رسیدن گیاهان به حداکثر رشد متفاوت است و به عواملی از قبیل سطح فسفر خاک، خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک و وارثه گیاه بستگی دارد (Behbood *et al.*, 2012). گزارش شده است که فسفر در رشد اولیه گیاه سیب‌زمینی، تعداد غده و توزیع اندازه غده مؤثر است (Rosen & Bierman, 2008). بنابراین درک صحیح مقدار کود فسفره مورد نیاز برای تولید سیب‌زمینی بسیار ضروری است. در یک بررسی نشان داده شد که با کاربرد فسفر، فرایند غده‌بندی افزایش پیدا می‌کند (Sanderson *et al.*, 2003). همچنین براساس گزارشی

اعمال شد، ۳۵ درصد از کود نیتروژن در زمان کاشت، ۳۰ درصد در مرحله غده‌زایی و ۳۵ درصد باقی‌مانده نیز در مرحله حجیم شدن غده‌ها استفاده شد.

سایر مراقبت‌های زراعی برای کلیه تیمارها یکسان بود. کنترل علف‌های هرز به هر دو صورت دستی و شیمیایی و با استفاده از علف‌کش سنکور (متری‌بوزین) و آبیاری نیز به‌صورت بارانی انجام گرفت. برای تعیین عملکرد غده در انتهای فصل رشد (توسعه کامل و ایجاد ضخامت کافی پوست سیب‌زمینی)، پس از حذف دو ردیف کناری، ابتدا یک متر مربع از وسط هر کرت و سپس کل کرت برداشت شد و پس از توزین، عملکرد غده در یک متر مربع و در کل کرت تعیین شد. غده‌ها شمارش شده و قطر عرضی آنها با استفاده از دستگاه کولیس اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری درصد وزن خشک غده، از هر کرت پنج غده (حدود یک کیلوگرم) به‌طور تصادفی انتخاب و توزین شد؛ سپس این غده‌ها به‌مدت ۷۲ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آون خشک و دوباره وزن شدند. از تناسب وزن تر و وزن خشک غده‌ها، درصد ماده خشک غده‌ها تعیین شد (Darabi, 2007).

به‌منظور تعیین وزن مخصوص غده‌ها، پنج غده از هر واحد آزمایشی به‌طور تصادفی انتخاب و شست‌وشو شدند. سپس وزن مخصوص غده‌ها از طریق توزیع غده‌ها در هوا و آب با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد (Tekalign & Hammes, 2004):

$$(1) \quad \text{وزن غده در هوا} = \frac{\text{وزن غده در آب} - \text{وزن غده در هوا}}{\text{وزن مخصوص غده}}$$

برای تعیین مقدار نیترات غده‌ها از هر کرت پنج غده به‌طور تصادفی انتخاب و شسته شدند. غده‌ها در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد خشک شده و سپس پودر شدند. از هر نمونه پودر شده ۰/۲ گرم توزین و به آن ۲۰ میلی‌لیتر محلول سولفات پتاسیم افزوده شد و سپس عصاره‌گیری صورت گرفت. عصاره حاوی نیترات از ستون دارای فلز کادمیوم عبور داده شد. در چنین شرایطی نیترات به نیتريت احیا می‌شود، نیتريت جمع‌آوری می‌شود و در حضور سولفانیل‌امید رنگ ارغوانی تولید می‌کند. مقدار

جدول ۱. مشخصات خاک محل آزمایش قبل از کاشت

ردیف	نیتروژن کل		پتاسیم (K)
	(%) (N)	قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	
۱	۰/۰۷۳	۱/۳	۱۵۲
۲	۰/۰۷۰	۱/۲	۱۳۱
۳	۰/۰۷۲	۱/۵	۱۲۷

در مرحله بعد براساس نتایج آزمایش خاک مقدار لازم کود پتاسه (سولفات پتاس) به خاک اضافه شده و زمین سیکلوتیلر زده شد و برای کشت آماده شد. اندازه کرت‌ها ۳×۳ متر در نظر گرفته شد و غده‌های بذری از رقم سانتی روی ردیف‌هایی به فاصله ۷۵ سانتی‌متر، فاصله روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر و عمق کاشت ۱۵ سانتی‌متر کشت شدند.

آزمایش به‌صورت طرح کرت‌های خردشده نواری^۱ و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد، که در آن اثر دو عامل مقدار کود فسفره (دی‌آمونیم فسفات) و زمان مصرف کود نیتروژن (اوره) مطالعه شد. طرز قرار گرفتن سطوح هر کدام از عامل‌ها طوری بود که بلوک از یک جهت برای سطوح عامل N و در جهت عمود بر آن برای سطوح عامل P به نوارهایی تقسیم شد. عامل مقدار کود فسفره شامل چهار سطح صفر (شاهد)، ۱۷۵، ۳۵۰ و ۵۲۵ کیلوگرم کود دی‌آمونیم فسفات در هکتار بود. مقدار کود نیتروژن (اوره) مورد استفاده ثابت بود و ۴۰۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار استفاده شد. عامل زمان مصرف کود نیتروژن نیز به سه روش انجام گرفت. بدین صورت که در روش اول (N₁) ۱۵ درصد از کل کود نیتروژن در زمان کاشت، صفر درصد (عدم استفاده) در مرحله غده‌زایی و باقی‌مانده کود نیز طی سه نوبت در مرحله حجیم شدن غده‌ها (به مقدار مساوی و به فاصله هر دو هفته یک‌بار) استفاده شد (Lang et al., 1999). در روش دوم (N₂) ۳۵ درصد از کود نیتروژن در زمان کاشت، صفر درصد (عدم استفاده) در مرحله غده‌زایی و بقیه کود نیز در یک نوبت در زمان حجیم شدن غده‌ها اعمال شد (روش به‌کارگرفته‌شده توسط بسیاری از سیب‌زمینی‌کاران ایران). در نهایت در روش سوم (N₃) که با هدف کاهش مقدار نیتروژن در دسترس در مراحل آخر رشد غده

نتایج و بحث

تجزیه واریانس صفات کمی و کیفی مورد بررسی در سطوح مختلف مقادیر کود فسفره و زمان بندی مصرف کود نیتروژن در جدول ۲ نشان داده شده است. سطوح مختلف کود فسفره بر وزن مخصوص غده و تعداد غده تأثیر معنی داری داشت، در حالی که تأثیر زمان بندی مصرف کود نیتروژن بر عملکرد غده، درصد نیترات غده و درصد وزن خشک غده در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار بود. اثر متقابل بین سطوح مختلف مقادیر کود فسفره و زمان بندی مصرف کود نیتروژن در هیچ کدام از صفات بررسی شده معنی دار نبود.

جذب این محلول در طول موج ۵۴۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد. همزمان استانداردهای حاوی نیترات به همین ترتیب کاهش یافت و میزان جذب آنها قرائت شد. سپس با مقایسه میزان جذب قرائت شده نمونه و استانداردها، غلظت نیترات توسط منحنی مشخص شد (Methods of soil analysis, 1996; Benton & Jones, 2001).

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم افزار SAS ver 9.2 و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد. نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel ترسیم شدند.

جدول ۲. میانگین مربعات صفات کمی و کیفی سیب زمینی در سطوح مختلف زمان بندی کود نیتروژن و مقادیر کود فسفره

میانگین مربعات			درجه آزادی		منابع تغییرات	
درصد کود فسفره	میانگین	تعداد غده در مترمربع	وزن مخصوص غده	درصد وزن خشک غده	عملکرد غده	منابع تغییرات
۰/۰۰۰۲ ^{NS}	۱۸/۴۴ ^{**}	۵۸۷/۵۲*	۰/۰۰۰۰۱۲ ^{NS}	۴۲۴۳/۴۰ ^{NS}	۶۲/۵۷*	۲ بلوک
۰/۰۰۰۱ ^{NS}	۵/۲۳ ^{NS}	۹۴۵/۶۴ ^{**}	۰/۰۰۰۰۲۸ ^{**}	۸۲۷/۰۴ ^{NS}	۸/۷۹ ^{NS}	۳ مقدار کود فسفره
۰/۰۰۰۲	۷/۰۸	۲۹۳/۷۷	۰/۰۰۰۰۰۸	۳۴۱۷/۸۰	۱۸/۶۴	۶ تکرار × مقدار کود فسفره
۰/۰۰۰۳۶ ^{**}	۱۶/۸۶ ^{NS}	۴۷۶/۱۹ ^{NS}	۰/۰۰۰۰۰۸ ^{NS}	۱۴۸۲۸/۸۰ ^{**}	۱۴۵/۸۱*	۲ زمان بندی کود نیتروژن
۰/۰۰۰۷	۳۲/۵۱	۵۳۰/۶۱	۰/۰۰۰۰۶۳	۳۳۰۰/۹۰	۲۰/۳۷	۴ تکرار × زمان بندی کود نیتروژن
۰/۰۰۰۲ ^{NS}	۶/۱۲ ^{NS}	۱۷۰/۶۵ ^{NS}	۰/۰۰۰۰۰۴ ^{NS}	۲۵۷۷/۴۱ ^{NS}	۹/۹۱ ^{NS}	۶ زمان بندی کود نیتروژن × مقدار کود فسفره
۰/۰۰۰۳۳	۴/۷۶	۱۲۶/۹۸	۰/۰۰۰۰۰۹	۳۷۵۳/۶۱	۱۶	۱۲ تکرار × مقدار کود فسفره × زمان بندی کود نیتروژن
۱۵/۳	۴/۳۲	۱۳/۶۲	۰/۲۸	۲۵/۲۰	۱۰/۳۱	- ضریب تغییرات (%)

**، * و NS به ترتیب معنی داری در سطح ۱ درصد، ۵ درصد و عدم معنی داری.

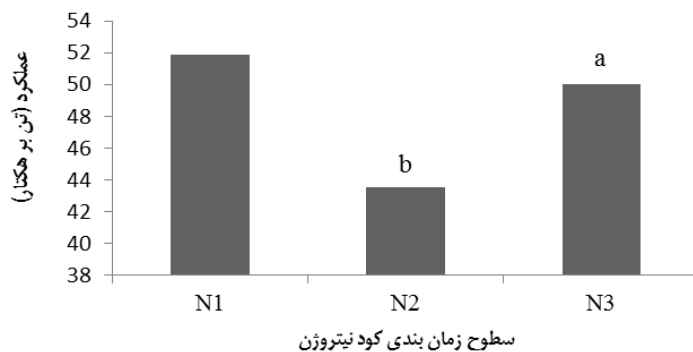
آزمایش قبل از کاشت محصول، pH خاک حدود ۸/۵ و مقدار فسفر در هر سه نقطه تقریباً مساوی و میانگین غلظت فسفر خاک در محل آزمایش حدود ۱/۳ میلی گرم بر کیلوگرم بود که کمتر از حد مطلوب و لازم برای کشت سیب زمینی بود. بنابراین دیده می شود که با وجود کم بودن غلظت فسفر خاک، کاربرد کود فسفره نتوانست عملکرد بوته های سیب زمینی را به طور معنی داری تحت تأثیر قرار دهد. گزارش شده است که مناسب ترین pH برای جذب فسفر خاک حدود ۶/۵ است. فسفر در pH کمتر از ۶/۵ با آهن و آلومینیوم و در pH بیشتر، با کلسیم ترکیب و غیرفعال می شود (Covarrubias et al., 2005). در حالی که در آزمایش مجدد خاک مزرعه که در زمان برداشت محصول انجام گرفت، میانگین غلظت

تأثیر سطوح مختلف کود فسفره بر عملکرد غده بوته های سیب زمینی معنی دار نشد (جدول ۲). به بیان دیگر افزایش کود فسفره تا سطح ۵۲۵ کیلوگرم دی آمونیوم فسفات در هکتار نیز سبب افزایش عملکرد غده نشده است. دلیل چنین مشاهده ای ممکن است عوامل متعددی از جمله اسیدیته خاک یا رسوب فسفر در خاک باشد که در نهایت به عدم جذب فسفر توسط گیاه منجر شده است. همان طور که گزارش شده است، مقدار زیادی از فسفر موجود در کودهای شیمیایی بعد از ورود به خاک نامحلول شده و در خاک های آهکی به ترکیبات نامحلول کلسیم دار و منیزیم دار تبدیل و از دسترس گیاه خارج می شود (Wagar et al., 2004). بر اساس آزمایش خاک انجام گرفته از سه نقطه محل

خاک نیز جلوگیری خواهد شد. به‌رحال این موضوع نیز به بررسی بیشتر نیاز دارد.

روش‌های اول و سوم زمان‌بندی کوددهی نیتروژن، حداکثر عملکرد غده را ایجاد کردند و از این نظر با روش دوم تفاوت معنی‌داری داشتند (شکل ۱). یک دلیل احتمالی چنین مشاهده‌ای را می‌توان بهبود بهره‌وری نیتروژن در نتیجه بهبود بازده جذب و کاهش آبشویی نیترات در طول رشد گیاه در این دو روش کوددهی دانست. همان‌طور که محققان کاربرد تقریباً یک‌سوم تا نصف کود نیتروژن در زمان کاشت، همراه با کاربرد باقی‌مانده کود به‌صورت مکمل‌های دوره‌ای را برای حصول حداکثر عملکرد پیشنهاد کرده است (Iritani, 1978).

فسفر از نمونه‌برداری‌های مختلف در حدود ۱۶/۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. کاربرد کود فسفره غلظت فسفر خاک را به‌طور چشمگیری افزایش داد، اما این فسفر برای گیاه جذب‌نشده بود. همچنین ممکن است فسفر داده‌شده به خاک در زمان کاشت، در زمان نیاز گیاه به آن به مقدار لازم آزاد نشده و در اختیار گیاه قرار نگرفته باشد. بنابراین به‌نظر می‌رسد بنابر باور عمومی کشاورزان سیب‌زمینی‌کار کاربرد کود فسفره در مزرعه بهتر است با فاصله دست‌کم چند ماه قبل از کاشت محصول صورت گیرد تا طی این مدت فسفر موجود در خاک به‌حالت محلول و قابل جذب درآید که در این صورت علاوه بر افزایش بازده جذب فسفر و افزایش عملکرد محصول، از اتلاف سرمایه و آلودگی منابع آب و



شکل ۱. مقایسه میانگین عملکرد غده سیب‌زمینی در سطوح زمان‌بندی کود نیتروژن

N1: روش اول کوددهی نیتروژن (۸۵٪-۰٪-۱۵٪)، N2: روش دوم کوددهی نیتروژن (۶۵٪-۰٪-۳۵٪)، N3: روش سوم کوددهی نیتروژن (۳۵٪-۳۰٪-۳۵٪). حروف مشترک، نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد براساس آزمون دانکن است.

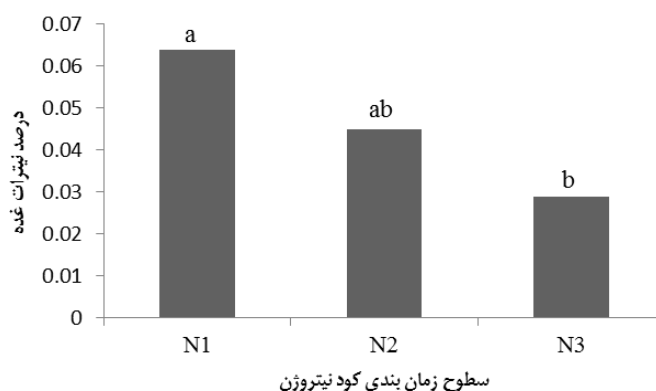
را تحت تأثیر قرار نداد، اما عملکرد غده‌های بازارپسند به تناسب افزایش کاربرد نیتروژن در زمان کاشت کاهش یافت (Errebhi et al., 1988). از این رو براساس نتایج به‌دست‌آمده، کاربرد نیتروژن به‌صورت تقسیطی به‌طوری که براساس نیازهای رشدی بوته سیب‌زمینی باشد، مناسب‌ترین روش برای حصول عملکرد و کیفیت مطلوب غده‌ها است.

روش‌های اول و دوم کاربرد کود نیتروژن عملکرد زیادی داشتند، اما روش اول کاربرد کود نیتروژن، مقدار نیترات غده را به‌طور معنی‌داری افزایش داد، درحالی که مقدار نیترات غده در روش سوم به‌طور معنی‌داری کمتر بود (شکل ۲). امروزه در کشورهای توسعه‌یافته تلاش در جهت کاهش نیترات محصولات کشاورزی به‌ویژه

بنابراین یک روش مدیریتی برای افزایش بازده نیتروژن مصرفی، تقسیط نیتروژن در طی فصل رشد است. این نتایج با گزارش Lauer (1984) مطابقت دارد که دریافت کاربرد دیر هنگام نیتروژن از طریق تحریک رشد شاخ‌وبرگ موجب کاهش عملکرد غده می‌شود. همچنان‌که گزارش شده است که مصرف دیر هنگام مقادیر بیش از حد نیتروژن در طی فصل رشد، رسیدگی غده‌ها را به تأخیر می‌اندازد، عملکرد را کاهش می‌دهد و بر کیفیت غده‌ها تأثیر منفی دارد (Atkinson et al., 2003). همچنین در مطالعه‌ای به‌منظور بررسی آثار تقسیط نیتروژن بر عملکرد سیب‌زمینی نشان داده شده است که افزایش کاربرد نیتروژن در زمان کاشت و کاهش مصرف آن طی دوره رشد محصول، عملکرد کل

از نظر خطرهای فراوان آن برای سلامت انسان از اهمیت زیادی برخوردار است.

سیزیجات از اهداف کشاورزان است. به دلیل قابلیت تبدیل نیترات به نیتريت، تجمع آن در غده سیبزمینی



شکل ۲. مقایسه میانگین درصد نیترات غده سیبزمینی در سطوح مختلف زمان بندی کود نیتروژن

N1: روش اول کوددهی نیتروژن (۸۵٪-۰٪/۱۵)، N2: روش دوم کوددهی نیتروژن (۶۵٪-۰٪/۳۵)، N3: روش سوم کوددهی نیتروژن (۳۵٪-۳۰٪/۳۵). حروف مشترک، نشان دهنده عدم تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد براساس آزمون دانکن است.

کمی، کیفیت غده را نیز از طریق کاهش نیترات آن بهبود ببخشد. در عین حال گزارش شده است که علاوه بر مقدار مصرف کود نیتروژن، عوامل دیگری همچون تاریخ برداشت، رقم و شرایط آب و هوایی در طول دوره رشد نیز در مقدار تجمع نیترات در غده مؤثرند (Lerna & Mauromicale, 2006). به طور کلی نیترات در تمام گیاهان وجود دارد، ولی آنچه مهم است کاهش دادن مقدار نیترات است. البته کمتر شدن نیترات از یک حد بحرانی سبب کاهش عملکرد می شود.

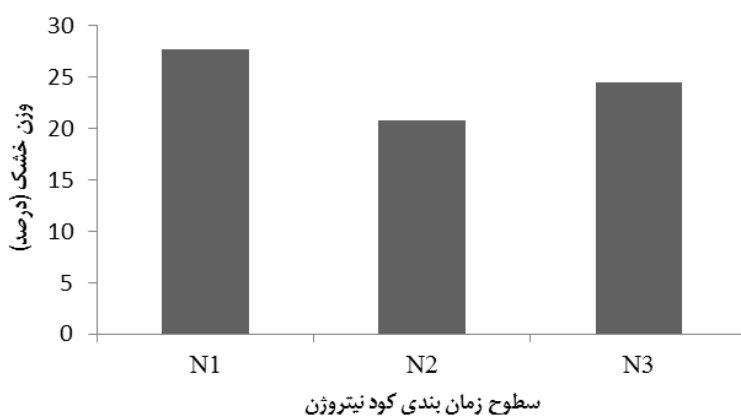
درصد ماده خشک برای تعیین قابلیت انبارداری غده های سیبزمینی از اهمیت بسزایی برخوردار است. به طوری که افزایش درصد وزن خشک، موجب بهبود کیفیت غده ها برای انبارداری می شود. زیاد بودن ماده خشک از حیث جذب روغن کمتر و بازده بیشتر فراورده نیز حائز اهمیت است.

نتایج این پژوهش نشان داد که تأثیر روش کاربرد کود نیتروژن بر درصد وزن خشک غده ها معنی دار است، ولی سطوح مختلف فسفر تأثیر معنی داری بر این صفت نداشت. اعمال روش های اول و سوم زمان بندی کوددهی نیتروژن، درصد وزن خشک غده بالاتری را نسبت به روش دوم ایجاد کرد، به هر حال روش دوم با روش سوم در یک گروه آماری قرار گرفتند (شکل ۳). روش سوم کوددهی علاوه بر افزایش درصد وزن خشک غده ها،

این نتایج نشان می دهد تقسیط نیتروژن در طول فصل رشد به طوری که سهم بیشتری از نیتروژن مصرفی به اواخر فصل رشد اختصاص یابد (روش نخست کوددهی نیتروژن) موجب افزایش درصد نیترات غده ها می شود. در مقابل زمانی که نیتروژن در طول فصل رشد در هر کدام از مراحل رشد به مقدار تقریباً مساوی در اختیار گیاه قرار گیرد، به طور مؤثری سبب کاهش مقدار نیترات غده ها خواهد شد. تجمع نیترات در گیاه زمانی بیشتر است که گیاه قادر به تبدیل آن نباشد و این مسئله، اغلب با کمبود رطوبت، نیتروژن زیاد در خاک و زمان برداشت ارتباط دارد. افزایش نیترات غده در روش اول ممکن است به دلیل نبود فرصت کافی برای تبدیل نیترات جذب شده توسط غده به پروتئین ها باشد. گزارش شده است هنگامی که گیاه در شرایط غیرعادی از جمله مصرف بیش از حد کود نیتروژن رشد کند، تولید پروتئین کاهش پیدا می کند و نیتروژن به شکل غیرپروتئینی (نیترات) در گیاه تجمع می یابد (Doring et al., 2005). استفاده بیش از حد و ناهماهنگی بین کاربرد کود نیتروژن و نیاز گیاه نه تنها آثار نامطلوب بر رشد، فرایند غده زایی و کیفیت غده های سیبزمینی (افزایش تجمع نیترات) دارد، بلکه موجب آلودگی آب های زیرزمینی نیز خواهد شد. بنابراین کاربرد روش سوم کوددهی نیتروژن می تواند علاوه بر افزایش عملکرد

است در نتیجه تقسیط نیتروژن به‌طور مساوی (روش سوم کوددهی نیتروژن)، رشد رویشی و غده‌زایی گیاه بهبود یافته و موجب انباشت بیشتر ماده خشک شده باشد. همچنین با توجه به اینکه تیمارهای اول و سوم کود نیتروژن دارای حداکثر عملکرد غده بودند و تفاوت معنی‌داری نیز با هم نداشتند، می‌توان نتیجه گرفت که تیمار سوم کود نیتروژن با درصد زیاد وزن خشک، کمترین محتوای نیترات غده و حداکثر عملکرد، مناسب‌ترین روش کوددهی نیتروژن است و در نهایت کاربرد این روش از طریق افزایش درصد وزن خشک غده‌ها موجب بهبود ماندگاری غده‌ها طی دوران انبارداری خواهد شد.

کمترین حد نیترات غده را نیز ایجاد کرد. روش سوم زمان‌بندی مصرف کود نیتروژن با هدف کاهش مقدار نیتروژن در دسترس در مراحل آخر رشد غده (فاز پرشدن غده‌ها) اعمال شد که از این جهت با دو روش دیگر تفاوت داشت؛ اما در روش‌های اول و دوم بخش زیادی از کود در مراحل نهایی رشد گیاه (مرحله پرشدن غده‌ها) اعمال شد. مقادیر زیاد کود نیتروژن در دسترس، تشکیل مجدد غده را تحریک می‌کند و ممکن است سبب طولانی شدن دوره تشکیل غده و اختلاف در حد بلوغ غده‌ها شود و از این طریق به اختلاف در درصد وزن خشک غده‌ها بینجامد (Krijthe, 1982). بنابراین ممکن



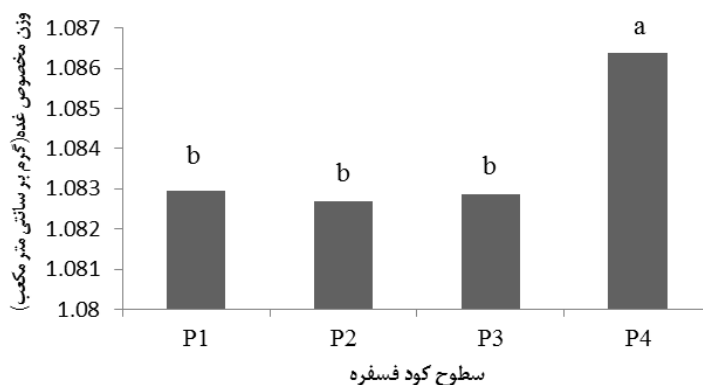
شکل ۳. مقایسه میانگین وزن خشک غده سیب‌زمینی در سطوح زمان‌بندی کود نیتروژن

N1: روش اول کوددهی نیتروژن (۱۵٪-۰٪-۸۵٪)، N2: روش دوم کوددهی نیتروژن (۳۵٪-۰٪-۶۵٪)، N3: روش سوم کوددهی نیتروژن (۳۵٪-۳۰٪-۳۵٪). حروف مشترک، نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد براساس آزمون دانکن است.

کمبود تغذیه فسفر بوتۀ سیب‌زمینی نسبت به سایر سطوح باشد، هرچند ممکن است عواملی ناشناخته غیر از فسفر نیز در افزایش وزن مخصوص در سطح چهارم کود فسفره تأثیر داشته باشد. گزارش شده است در صورتی که گیاه بتواند چرخه زندگی خود را بدون هرگونه تنش (کمبود عناصر غذایی، بیماری، هجوم علف‌های هرز و خشکی) کامل کند، غده‌هایی با وزن مخصوص زیاد تولید خواهد کرد. عوامل مختلفی از قبیل نوع خاک، زمان کاشت، کیفیت غده‌های بذری، تراکم کاشت و رقم بر وزن مخصوص غده تأثیرگذارند (Hegney, 2005). بنابراین افزایش معنی‌دار وزن مخصوص غده‌ها در سطوح بالاتر، ممکن است به دلایل مختلفی باشد که در این تحقیق چندان مشخص نیست و نیاز به بررسی بیشتر دارد.

در صنایع فراوری برای تولید چیپس وزن مخصوص غده‌ها اهمیت فراوانی دارد. افزایش وزن مخصوص غده‌ها سبب بهبود بازده چیپس می‌شود و کاهش آن سبب ایجاد چروکیدگی در سوخاری خواهد شد.

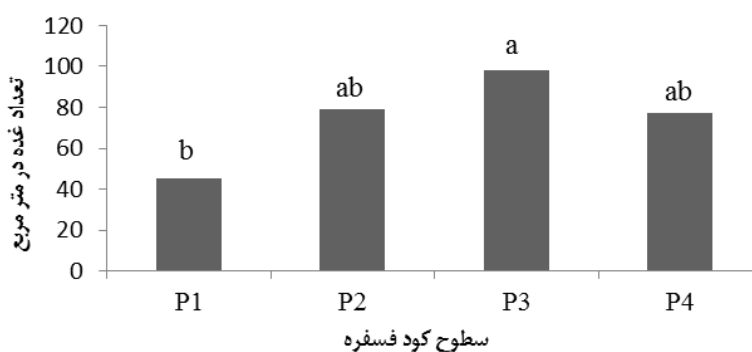
هیچ‌کدام از سطوح فسفر تأثیر معنی‌داری بر عملکرد نداشت، اما سطح چهارم کود فسفره (۵۲۵ کیلوگرم دی‌آمونیم فسفات در هکتار) وزن مخصوص غده‌ها را نسبت به سایر سطوح به‌طور معنی‌داری افزایش داد (شکل ۴). درحالی که زمان‌بندی مصرف کود نیتروژن و اثر متقابل این دو عامل نیز معنی‌دار نبود. بنابراین بوت‌هایی که کود فسفره بیشتری دریافت کرده بودند، غده‌هایی با وزن مخصوص بیشتر تولید کردند. یک دلیل افزایش وزن مخصوص در سطح چهارم کود فسفره ممکن است عدم



شکل ۴. مقایسه میانگین وزن مخصوص غده سیب‌زمینی در سطوح کود فسفره P1، P2، P3 و P4: به ترتیب صفر، ۱۷۵، ۳۵۰ و ۵۲۵ کیلوگرم دی‌آمونیم فسفات بر هکتار. حروف مشترک نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد براساس آزمون دانکن است.

سبب کاهش تعداد غده‌های بزرگ شد و تعداد زیادی غده با اندازه کوچک تولید شد (Rosen & Bierman, 2008). طی پژوهشی گزارش شده است که فرایند غده‌زایی با افزایش غلظت فسفر محلول غذایی از صفر تا ۱۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر به صورت خطی افزایش پیدا کرد درحالی‌که افزایش غلظت فسفر محلول غذایی از ۱۰ تا ۵۵ میکروگرم بر میلی‌لیتر، منتج به افزایش تعداد غده در هر بوته سیب‌زمینی نشد (Tukaki & Mahler, 1990). افزایش فرایند غده‌زایی طی افزایش مقدار فسفر ممکن است به دلیل نقش فسفر در تسهیم آسیمیلات‌ها باشد. همان‌طور که گزارش شده است، با افزایش مقدار فسفر برگی، توزیع ماده خشک از غده‌ها به سمت اندام رویشی تغییر جهت پیدا می‌کند و این امر به کاهش اندازه غده‌ها (افزایش تعداد غده‌ها) منجر می‌شود (Westermann & Kleinkopf, 1985).

نتایج نشان داد که سطوح مختلف کود فسفره تأثیر معنی‌داری بر تعداد غده‌های تولیدی داشت (جدول ۲). اعمال سطح سوم کود فسفره سبب تولید بیشترین تعداد غده شد که با سطح اول تفاوت معنی‌داری داشت، درحالی‌که سطوح دوم و چهارم کود فسفره تفاوت معنی‌داری نداشتند و تعداد غده کمتری تولید کردند و با سطح سوم کود فسفره تفاوت معنی‌داری نداشتند (شکل ۵). افزایش کود فسفره تا سطح سوم (۳۵۰ کیلوگرم دی‌آمونیم فسفات در هکتار) موجب افزایش تعداد غده‌ها و کاربرد بیش از این مقدار به‌طور معنی‌داری سبب کاهش تعداد غده‌ها شد. بنابراین افزایش مقدار کود فسفره، عامل مؤثری در تحریک فرایند غده‌زایی بوته سیب‌زمینی است. در بررسی تأثیر فسفر بر عملکرد و اندازه غده مشاهده شد که کاربرد فسفر نسبت به شاهد (عدم استفاده) به‌طور معنی‌داری



شکل ۵. مقایسه میانگین تعداد غده سیب‌زمینی در سطوح کود فسفره P1، P2، P3 و P4: به ترتیب صفر، ۱۷۵، ۳۵۰ و ۵۲۵ کیلوگرم دی‌آمونیم فسفات بر هکتار. حروف مشترک نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد براساس آزمون دانکن است.

نتیجه‌گیری نهایی

غده‌زایی و ۳۵ درصد در مرحله حجیم شدن غده‌ها)، سبب کاهش محتوای نیترات غده می‌شود و مناسب‌ترین روش برای حصول عملکرد و کیفیت مطلوب غده‌ها است. همچنین نتایج نشان داد که کاربرد کود نیتروژن در مرحله غده‌زایی از طریق تأثیر بازدارندگی بر فرایند غده‌زایی موجب کاهش تعداد و افزایش وزن غده‌ها شد.

نتایج این پژوهش نشان داد که کاربرد سطوح مختلف کود فسفره در زمان کاشت، اگرچه تأثیر معنی‌داری در افزایش عملکرد سیب‌زمینی نداشت، تأثیر زیادی در تحریک فرایند غده‌زایی بوته سیب‌زمینی داشت؛ از این رو در تولید سیب‌زمینی بذری اهمیت کود فسفره بیشتر از هدف تولید تجاری است. نتایج بررسی تأثیر سطوح زمان‌بندی کود نیتروژن بر صفات کمی و کیفی سیب‌زمینی نیز نشان داد که کاربرد کود نیتروژن به‌صورت تقسیمی به‌طوری که براساس نیازهای رشدی بوته سیب‌زمینی باشد (روش سوم زمان‌بندی کود نیتروژن: ۳۵ درصد زمان کاشت، ۳۰ درصد در مرحله

سپاسگزاری

این تحقیق در قالب طرح پژوهشی شماره ۷۱۰۱۰۱۹/۶/۲۲ با استفاده از اعتبارات پژوهشی دانشگاه تهران انجام گرفته است که بدین وسیله نویسندگان مراتب تشکر خود را ابراز می‌دارند.

REFERENCES

1. Adhikari, R. C., Sharma, M. D., Shakya, S. M., Upreti, G. & Rai, G. P. (2001). Effect of fertilizers on tuber size and yield of potatoes in rampur, Chitwan. *Institute of Agriculture and Animal Science*, 21-22, 85-93.
2. Anderson, J. M., Okita, T. W., Kim, W. T., Hnilo, J., Sowokinos, J., Morell, M. & Preiss, J. (1989). ADP-glucose pyrophosphorylase: the regulatory enzyme in starch biosynthesis in potato tuber tissue. *Abstract First International Symposium on the Molecular Biology of the Potato. Ba Harbor. Maine. USA*. P, 39.
3. Atkinson, D., Geary, B., Stark, J., Love, S. & Windes, J. (2003). Potato varietal responses to nitrogen rate and timing. *Western Nutrient Management Conference. Salt Lake City, UT*. 5, 149-155.
4. Behbood, M., Golchin, A. & Besharati, H. (2010). The Effects of Phosphorus and Inoculation with Plant Growth Promoting Rhizobacter (PGPR), *Pseudomonas Fluorescent*, on Yield and Quality of Potato Tuber (Agria Cultivar). *Journal of Water and Soil*, 26(2), 260-271. (In Farsi).
5. Benton, J. & Jones, J. R. (2001). Laboratory guide for conducting soil tests and plant analysis. Covarrubias, R., amírez, J. M., Castillo-Aguilar, S. & Vera-Nunez, J.A. (2005). Phosphorus uptake and use efficiency by potato cultivar Alpha using P. *Agrociencia*, 39, 127-136.
6. Darabi, A. (2007). Effect of planting date and plant density on yield and yield components of some varieties of potatoes in Behbahan. *Seed and Plant Journal*, 23(2), 233-244. (In Farsi).
7. Dede, O. (2003). The nitrate and nitrite level of the tuber of potato fertilized with different doses. Ordu ziraat facultasi, keratinize teknik universities, Turkey. http://www.ziraat.ktu.tr/tarla/ozbay/ozbaueng_z.htm. 2003.
8. Doring, T. F., Brandt, M., Heb, J., Finckh, M. R. & Saucke, H. (2005). Effects of straw much on soil nitrate dynamics, weeds, yield and soil nitrogen in organically grown potatoes. *Science Direct*, 94, 238-249.
9. Errebhi, M., Rosen, C. J., Gupta, S. C. & Birong D. E. (1998). Potato yield response and nitrate leaching as influenced by nitrogen management. *Agronomy Journal*, 90, 10-15.
10. Errebhi, M., Rosen, C. J., Lauer, F. I., Martin M. W. & Bamberg J. B. (1999). Evaluation of tuber-bearing Solanum species for nitrogen use efficiency and biomass partitioning. *American Journal of Potato Research*, 76, 143-151.
11. Hegney, M. (2005). Specific gravity of potatoes. Vegetable Research Officer, Manjirup Horticultural Research Centre. Farmnote - Western Australian Department of Agriculture (Australia), 48/90.
12. Iritani, W. M. (1978). Seed productivity: Stem numbers and tuber set. *Proceedings of Annual Washington State Potato Conference*, 17, 1-4.
13. Khazaei, H. R. & Arshadi, M. J. (2008). Effect of nitrogen topdress fertilizer application by using chlorophyll meter on yield and quality of potato (Agria CV.) in climate conditions of mashhad. *Journal of horticulture science (Agricultural Sciences and Technology)*, 22(2), 49-63. (In Farsi).
14. Krijthe, N. (1982). Observations on the sprouting of seed potatoes. *European Potato Journal*, 5, 316-333.
15. Lang, N.S., Stevens, R.G., Pan, W.L. & Victory, S. (1999). Potato nutrient management for central Washington. EB1871. *Washington State University Cooperative Extension*.
16. Lauer, D. A. (1984). Response of RB potatoes to sprinkler-applied N fertilizer on sandy soils. *Proceedings of Annual Washington State Potato Conference*, pages 39-49.

17. Lerna, A. & Mauromicale, G. (2006). Physiological and growth response to moderate water deficit of off-season potatoes in the Mediterranean environment. *Agricultural Water Management*, 82, 193-209.
18. Maier, N. A., McLaughlin, M. J., Heap, M., Butt, M. & Smart, M. K. (2002). Effect of current season application of calcitic lime and phosphorus fertilization on soil pH, potato growth yield dry matter content and cadmium concentration. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 33, 2145-2165.
19. Rolot, J. L. & Seutin, H. (1999). Soiless production of potato mini-tubers using a hydroponic technique. *Potato Research*, 42, 457-469.
20. Rosen, C. J. & Bierman, P. M. (2008). Potato yield and tuber set as effected by phosphorus fertilization. *American Journal of Potato Research*, 85, 110-120.
21. Sanderson, J. B., Macleod, J. A., Douglas, B., Coffin, R. & Bruulsema, T. (2003). Phosphorus research on potato in PEL. *Acta Horticulturae*, 619, 409-417.
22. Soil Science Society of America. (1996). Methods of soil analysis, part 3, chemical methods. *Published by American Society of Agronomy, Inc. Madison, Wisconsin. USA.*
23. Struik, P. C., Vreugdenhil, D., Haverkort, A. J., Bus, C. B. & Dankert, R. (1991). Possible mechanisms of size heirarchy among tubers on one stem of potato (*Solanum tuberosum* L.) plant. *Potato Research*, 34, 187-203.
24. Tanideh, T., Tafazoli, A., Shirzadi, M. H. & Afsharmanesh, G. (2008). Effects of time and amount of nitrogen on yield and nitrate accumulation in potato (*solanum tuberosum* L.) at jiroft region. *Iranian Journal of Horticultural Science and Technology*, 10, 327-336. (In Farsi).
25. Tekalign, T. & Hammes, P.S. (2004). Response of potato growth under nun-inductive condition to paclobutrazol: shoot growth, chlorophyll content, net Photosynthesis, assimilate partitioning, tuber yield, quality and dormancy. *Plant growth Regulation*, 43, 227-236.
26. Thorup-Krisensen, K. (2001). Root growth and soil nitrogen depletion by onion, lettuce, early cabbage and carrot. *Acta Horticulturae*, 563, 201-206.
27. Tukaki, J. L. & Mahler, R. L. (1990). Evaluation of nutrient solution phosphorus concentration in plant tuber production under greenhouse condition. *Journal of Plant Nutrition*, 13(1), 149-168.
28. Wagar, A., Shahroona, B., Zahir, Z. A. & Arshad, M. (2004). Inoculation with Acc deaminase containing rhizobacteria for improving growth and yield of wheat. *Pakistan Journal of Agriculture Science*, 41, 119-124.
29. Westerman, D.T. & Kleinkopf, G.E. (1985). Nitrogen requirements of potatoes. *Agronomy Journal*, 77, 616-621.
30. Westermann, D.T., Kleinkopf, G.E. & Porter, L.K. (1988). Nitrogenfertilizer efficiencies on potatoes. *American Potato Journal*, 65, 377-386.
31. Zelalem, A., Tekalign, T. & Nigussie, D. (2009). Respose 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, 016-024.