

افزایش انبارمانی و بهبود ویژگی های کیفی سیب زمینی با مدیریت مصرف کودهای نیتروژنه

فرزاد گودرزی *

^۱ استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات فنی و مهندسی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، همدان، ایران

* آدرس پست الکترونیک نویسنده مسئول: (Email: goodarzifarzad@gmail.com)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۵/۹

تاریخ انجام اصلاحات: ۱۳۹۸/۷/۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۷/۱۰

چکیده

طی سال های اخیر، با توسعه روش های تشخیصی آزمایشگاهی، جنبه های مضر مصرف کودهای شیمیایی بیشتر نمایان شده است. مصرف نامتعادل کودهای نیتروژنه از یکسو سبب برهم خوردن توازن تغذیه ای عناصر غذایی خاک و آلودگی منابع آب و خاک گردیده و از سوی دیگر سلامت محصول تولیدشده را تحت تأثیر قرار می دهد. نترات به تنهایی سمی نیست اما پس از احیاء شدن تبدیل به نیتريت شده و در نتیجه واکنش با آمین ها و آمیدها، می تواند تولید ترکیبات خطرناک نظیر نیتروز آمین و نیتروز آمید نماید که از ترکیبات سرطانزا در بدن جانوران به حساب می آیند. حد بحرانی تجمع نترات متناسب با میزان مصرف سرانه ۴۵ کیلوگرمی سیب زمینی کشور، ۱۷۰ میلی گرم نترات در هر کیلوگرم وزن تر سیب زمینی تعیین شده است. تحقیقات مختلف نشان داده که متناسب با درصد مواد آلی موجود در خاک با افزایش مصرف نیتروژن خالص تا ۱۳۰ الی ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار، ویژگی های کیفی و ماندگاری محصول بهبود می یابد. مصرف بیشتر نیتروژن، نتایج معکوسی را به دنبال دارد. کاهش انبارمانی، افزایش تلفات رطوبت، پلاسیدگی و بالا رفتن قند احیاء و کاهش ویتامین ث و دوره خواب از جمله این نتایج است. بر این اساس توصیه می شود که برای نگهداری مناسب غده های سیب زمینی در زمان های کمتر یا مساوی ۳ ماه تا ۱۷۰ کیلوگرم ازت خالص در هکتار و برای نگهداری غده های سیب زمینی در زمان های بیش از ۳ ماه از مقادیر کمتر تا ۱۴۰ کیلوگرم ازت خالص در هکتار استفاده شود. مصرف کود پتاسیمی مطابق با توصیه منطقه ای نیز در بهبود عملکرد کمی و کیفی محصول مؤثر است. مصرف کود نیتروژنه بسته به شرایط خاک و وضعیت آب و هوایی منطقه می تواند در مقادیر کم و دفعات بیشتر به کار گرفته شود.

واژه های کلیدی: سیب زمینی، کود نیتروژنه، کیفیت، انبارمانی

نتایج تحقیقات فراوان نشان می‌دهد که مصرف دقیق و بهینه کودهای شیمیایی علاوه بر افزایش قابل توجه عملکرد محصول سیب‌زمینی، کیفیت، ماندگاری و سلامت محصول تولیدی را نیز تأمین می‌نماید. از سوی دیگر، مصرف بی‌رویه و نامتعادل کودهای شیمیایی به‌ویژه کودهای نیتروژنه با ایجاد آثار نامطلوب بر حاصلخیزی خاک، افت کیفی محصولات تولیدی و تجمع نترات در آن‌ها را در پی دارد (۵ و ۷).

ضرورت و اهمیت

تولید محصول سیب‌زمینی با عملکرد مناسب و کیفیت مطلوب، نیازمند وجود مقدار کافی و متعادلی از عناصر غذایی در خاک زراعی است. در بین عناصر ضروری برای رشد، نیتروژن نقشی تعیین‌کننده دارد. کمبود آن به‌عنوان مهم‌ترین عامل کودی محدودکننده عملکرد سیب‌زمینی شناخته شده است. برای مثال، تولید هر تن سیب‌زمینی موجب جذب و استخراج $4/7$ تا $7/5$ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از خاک توسط اندام‌های هوایی و غده‌ها می‌شود (۱۳، ۱۸ و ۲۰). بنابراین برداشت یک محصول با کیفیت بالا و عملکرد مناسب در زراعت سیب‌زمینی نیازمند وجود مقدار کافی و متعادلی از عناصر غذایی در خاک زراعی است (۱۴، ۱۷ و ۱۹). مهم‌ترین موضوع مورد توجه در این بین، مصرف بیش از اندازه کودهای نیتروژنه است که به تولید و تجمع نترات در بخش‌های خوراکی سیب‌زمینی و یا آب-شویی آن و توسعه آلودگی از طریق نفوذ به منابع آب

کاربرد روش‌های علمی در کشاورزی، اثر چشمگیری بر تولید کمی و کیفی محصولات کشاورزی داشته است. در اواخر قرن نوزدهم، یکصد هکتار زمین مواد غذایی لازم برای مصرف سالانه ۱۲۹ نفر را فراهم می‌کرد. همان مساحت اکنون نیاز حدود ۴۵۰ نفر را برآورده می‌سازد. بی‌شک این افزایش چشمگیر عملکرد، حاصل اثر مجموعه‌ای از عوامل مختلف است که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به: بهبود ویژگی‌های ژنتیکی گیاهان از طریق روش‌های اصلاح نباتات، اعمال روش‌های بهتر مدیریت زراعی، مصرف سموم دفع آفات، علف‌کش‌ها، کنترل بیماری‌های گیاهی و البته کاربرد کودها اشاره کرد. اگر چه این عوامل همگی به هم وابسته‌اند اما نقش برجسته مصرف کودهای معدنی در افزایش چشمگیر عملکرد گیاهان، غیر قابل انکار است (۴ و ۷).

از نیمه دوم قرن بیستم به بعد، اگر چه توسعه مصرف کودهای شیمیایی موجب افزایش عملکرد محصولات کشاورزی گردیده است اما با پیشرفت سایر رشته‌های علوم و توسعه روش‌ها و دستگاه‌های تشخیصی، جنبه‌های ناخوشایند و گاه مضر مصرف کودهای شیمیایی مانند: از بین رفتن تعادل متوازن عناصر ضروری خاک، اختلال در حلالیت و جذب عناصر غذایی، آلودگی رودخانه‌ها و آب‌های زیرزمینی، راه‌یابی عناصر سمی همراه کودها به درون مواد غذایی، کاهش کیفیت و به خطر افتادن سلامت محصولات غذایی تولیدشده به تدریج نمایان شد (۱۵).

سیب‌زمینی کشور، آستانه مجاز نیترات تجمعی در سیب‌زمینی، ۱۷۰ ppm تعیین شده است (۳).

مطالعات زیادی وجود دارد که نشان می‌دهند که دسترسی بیش از حد گیاه به ترکیبات نیتروژن‌دار در مرحله تشکیل غده‌ها، رشد رویشی اندام‌های هوایی را تحریک و شروع مرحله خطی رشد غده‌ها را به تأخیر می‌اندازد. گرچه اندام‌های هوایی گیاه مسئولیت تولید مواد پرورده‌ای را دارند که در هنگام حجیم‌شدن و توسعه غده‌ها در آن‌ها ذخیره می‌شود اما مصرف بیش از حد نیتروژن، تنها افزایش عملکرد وزنی غده‌ها را به دنبال دارد و راندمان تولید ماده خشک محصول کاهش می‌یابد (۱). متناسب با درصد مواد آلی موجود در خاک، غده‌های سیب‌زمینی حاصل از مزارعی که مقادیر بیش از ۱۳۰ الی ۱۸۰ کیلوگرم ازت خالص در هکتار را دریافت کرده‌اند، دارای محتوای رطوبت بالاتر و ماده خشک کمتر و قند احیاء بیشتری خواهند بود. چنین محصولی، انبارمانی کمتری داشته و زودتر جوانه می‌زند. بدیهی است، میزان کود نیتروژنه مورد نیاز با درصد مواد آلی موجود در خاک دارای نسبت معکوس خواهند بود. غده‌های سیب‌زمینی دارای ماده خشک کمتر قابلیت استفاده در صنایع فراوری سیب‌زمینی مانند تولید چیپس و خلال منجمد نیمه‌آماده را ندارند؛ زیرا راندمان تولید کمتری دارند و به‌علت دارا بودن ویتامین ث کمتر و قند احیاء بیشتر، محصول سرخ‌شده آن‌ها رنگ تیره‌تری خواهد داشت (۱، ۸، ۹، ۱۰ و ۱۱).

آشامیدنی منجر می‌گردد. حلالیت اوره حدود ۱۰۷۰ گرم در هر لیتر آب است. کود نیتروژنه در خاک طی فرایند نیتریفیکاسیون تبدیل به نیترات شده که بخش عمده آن توسط گیاه جذب می‌شود. نیترات به‌تنهایی سمی نیست اما پس از احیاء به نیتريت تبدیل شده و در نتیجه واکنش با آمین‌ها و آمیدها، تولید ترکیبات خطرناک نظیر نیتروز-آمین و نیتروزآمید می‌نماید که از ترکیبات سرطان‌زا در بدن انسان به حساب می‌آیند. بر این اساس، حد بحرانی تجمع نیترات در سیب‌زمینی متناسب با میزان مصرف سرانه آن، بین ۱۱۰ تا ۱۹۵ میلی‌گرم نیترات در هر کیلوگرم وزن غده سیب‌زمینی تعیین شده است (۶ و ۱۶).

در بدن انسان، نیتريت حاصل از احیاء نیترات قادر است آهن دوظرفیتی موجود در هموگلوبین را به آهن سه‌ظرفیتی تبدیل و مت‌هموگلوبین تولید کند که در این شرایط هموگلوبین، قابلیت انتقال اکسیژن را از دست می‌دهد و به‌ویژه در نوزادان سبب بروز سندروم کودک کبود می‌شود. علائم کمبود اکسیژن با رسیدن میزان نیترات به حد ۱۰ میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن آغاز و هنگامی که میزان نیترات به ۴۰ میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن برسد، خطر مرگ را به دنبال دارد (۱۰).

سازمان بهداشت جهانی، حد مجاز نیترات در آب آشامیدنی را ۱۰ ppm تعیین کرده است. این میزان در اروپا و ایران به ترتیب به ۲۳ ppm و ۵۰ ppm افزایش داده شده است (۲). هم‌چنین با توجه به سرانه مصرف حدود ۴۵ کیلوگرمی

می‌کند. به این ترتیب که با افزایش مصرف کود نیتروژنه بر شدت تنفس غده‌ها افزوده شده و اتلاف ترکیبات مغذی غده‌ها در دوره انبارمانی بیشتر می‌شود (۱۲ و ۲۰). این مقاله کاربرد متعادل کود نیتروژنه در زراعت سیب‌زمینی با هدف تولید محصول سالم‌تر و قابلیت انبارمانی بهتر را مورد تأکید قرار می‌دهد.

اگرچه افزایش مصرف کودهای نیتروژنه همراه با مصرف مناسب و توصیه‌شده کودهای پتاسیمی، سبب افزایش عملکرد و محتوای برخی ترکیبات مغذی در غده‌ها می‌گردد اما میزان اتلاف رطوبت، کاهش وزن و ترکیبات مغذی طی دوره انبارداری در غده‌های سیب‌زمینی ذخیره‌شده یکسان نیست و متناسب با میزان کود نیتروژنه مصرفی تغییر

دستورالعمل کاربردی:

موجود در خاک به‌علاوه ازت خالص مصرفی از طریق کود نیتروژنه از ۱۴۰ کیلوگرم ازت خالص در هکتار تجاوز نکند (۸).

✓ حدود ۲۵ درصد از کل کود نیتروژنه مورد نظر در مرحله کاشت سیب‌زمینی در مزرعه توزیع شود. از آنجا که ممکن است منبع تأمین نیتروژن از کودهای ازته باشد، توصیه می‌شود در شرایط استفاده از منبع کود اوره، این کود قبل از کاشت به خاک داده شود تا زمان کافی برای تأثیر آنزیم اوره‌آز و تبدیل به فرم آمونیوم و نیترات را داشته باشد تا بتواند در مرحله توسعه جوانه به‌خوبی مورد استفاده گیاه قرار گیرد. در صورت استفاده از سایر منابع کود نیتراته نظیر نیترات آمونیوم، می‌توان در مرحله تقسیط ۲۵ درصدی از چنین کودهایی در حین کاشت نیز بهره برد.

✓ بهتر است مابقی کود نیتروژنه (۷۵ درصد) به شکل تقسیط در ۳ نوبت و به‌صورت ۲۵، ۳۵ و ۱۵ درصد به‌ترتیب در مراحل رشد رویشی (۳۰ روز بعد از

برای نگهداری طولانی‌تر غده‌های سیب‌زمینی، لازم است از مقادیر کمتر کود نیتروژنه استفاده شود تا شدت تنفس و در نتیجه اتلاف ترکیبات غذایی ارزشمند غده در دوره پس از برداشت به کمترین مقدار رسیده و محصول خارج‌شده از انبار دستخوش کمترین افت کمی و کیفی شود. بر این اساس، توصیه می‌شود:

✓ پس از انتخاب زمین برای کاشت سیب‌زمینی، نمونه‌گیری از خاک مزرعه انجام و میزان ازت موجود در خاک تعیین شود.

✓ برای نگهداری بهتر غده‌های سیب‌زمینی در زمان‌های کمتر یا مساوی ۳ ماه (انبارداری کوتاه تا میان‌مدت)، مصرف کود نیتروژنه به مقداری باشد که مجموع آن با ازت خالص موجود در خاک مزرعه از ۱۷۰ کیلوگرم ازت خالص در هر هکتار بیشتر نشود (۸).

✓ هم‌چنین برای نگهداری بهتر غده‌های سیب‌زمینی در زمان‌های بیش از ۳ ماه (انبارداری بلندمدت)، مصرف کود ازت به‌شکلی تنظیم شود که مجموع ازت خالص

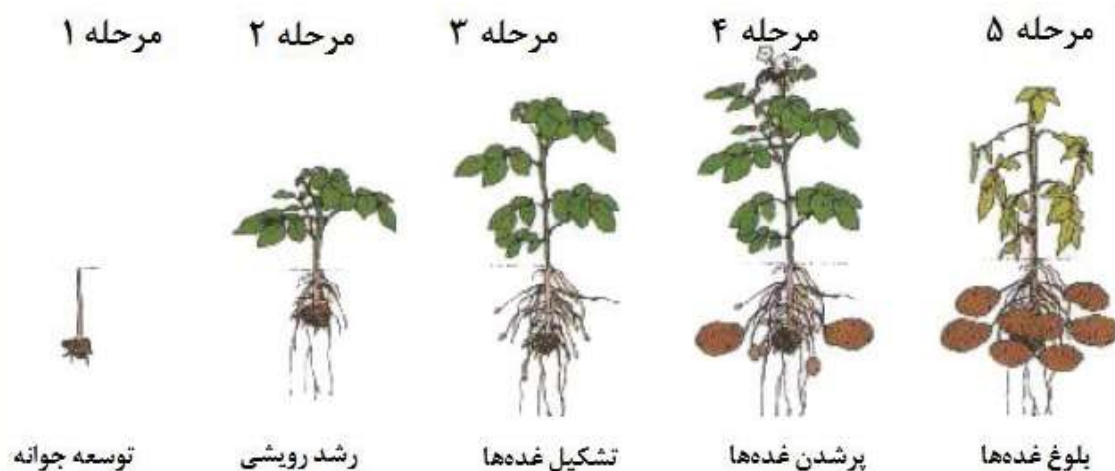
کود نیتروژنه در مرحله زردشدن و زوال اندام هوایی بوته سیبزمینی خودداری کنید (۱). مصرف کود از ته از ۳ الی ۴ هفته پایانی دوره زراعی به بعد، باعث تحریک رشد رویشی گیاه و غده‌زایی مجدد آن می‌شود (جدول ۱). محصول تولیدی از این بوته‌ها به علت رو به انتها بودن دوره رشد و عدم تکمیل فرایند رسیدگی، دوره خواب کوتاه‌تر و در نتیجه ماندگاری کمتری در انبار خواهند داشت (۱ و ۱۸).

توصیه‌های فوق با در نظر گرفتن متوسط ماده آلی خاک در بسیاری از مناطق کشت سیبزمینی کشور (کمتر از ۰/۷ درصد) ارائه شده است. بدیهی است در شرایطی که خصوصیات خاک و مقدار ترکیبات آن متفاوت باشد، تعدیل مقادیر پیشنهادی مصرف کودهای مورد اشاره براساس نتیجه آزمون خاک ضروری است. برای تعدیل و اصلاح مقادیر کود نیتروژنه به "راهنمای تغذیه گیاهی در سیبزمینی" مراجعه شود (۱).

کشت)، تشکیل و پرشدن غده (۵۰ روز بعد از کشت) و اواسط مرحله چهارم رشد سیبزمینی (۸۰ روز بعد از کشت) مصرف شود. در هر حالتی، مصرف کود نیتروژنه نباید تا بعد از مرحله پرشدن غده و در مرحله بلوغ غده‌ها ادامه پیدا کند (شکل ۱). بهتر است برای دو سرک آخر کود نیتروژنه از کود نترات آمونیم استفاده شود زیرا حساسیت سیبزمینی نسبت به فرم نترات در مقایسه با آمونیم در مرحله تشکیل غده و پرشدن آن کمتر است (۱).

✓ افزایش دفعات کوددهی همراه با کاهش سهم کود نیتروژنه در هر نوبت کوددهی، علاوه بر بهبود شرایط تغذیه‌ای گیاه، آب‌شویی کود نیتروژنه را تا حد امکان کاهش می‌دهد.

✓ نیاز سیبزمینی به عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن در اوایل مرحله پرشدن غده‌ها و قبل از گلدهی بیشتر از سایر مراحل است. از مصرف



شکل ۱: مراحل مختلف دوره رشد سیبزمینی

جدول ۱: مصرف کودهای نیتروژنه توصیه شده به تفکیک مراحل پنجگانه رشد سیب زمینی

ردیف	مرحله رشد سیب زمینی	درصد مصرف کود نیتروژنه از کل کود توصیه شده برای یک سال زراعی
۱	قبل از کاشت	۲۵
۲	توسعه جوانه و آغاز رشد رویشی	۲۵
۳	تشکیل غده	۳۵
۴	پرشدن غده	۱۵
۵	بلوغ غده و پیرشدن بوته	۰

نتایج کاربردی:

- ✓ با کاهش مصرف ازت خالص از ۲۲۰ به ۱۴۰ الی ۱۷۰ کیلوگرم ازت خالص در هر هکتار زراعت سیب زمینی، نتایج زیر در محصول تولیدی حاصل می شود:
- ✓ ماده خشک غده های سیب زمینی برداشت شده از ۱۸/۷ به ۲۲ درصد افزایش می یابد.
- ✓ مقدار قند احیاء موجود در غده سیب زمینی برداشت شده از ۲/۸ میلی گرم در کیلوگرم به کمتر از ۰/۶۵ میلی گرم در کیلوگرم وزن تر کاهش می یابد.
- ✓ درصد نشاسته غده های سیب زمینی برداشت شده به ازای هر کیلوگرم وزن تر غده تا ۳ درصد افزایش می یابد.
- ✓ مقدار ویتامین ث غده های سیب زمینی تا ۲۷ درصد افزایش می یابد. افزایش مقدار ویتامین ث باعث کاهش سرعت تیره شدن سیب زمینی پس از پوست گیری می شود (شکل ۲).



شکل ۲: میزان تیرگی سیب زمینی های تغذیه شده با مقادیر مختلف نیتروژن ۶ ساعت پس از پوست گیری (به ترتیب از راست به چپ ۲۲۰، ۱۷۰ و ۱۴۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص)

- ✓ در یک دوره ۵ ماهه انبارداری، درصد افت وزنی توده سیبزمینی تا ۱۰/۳ درصد کاهش می‌یابد.
- ✓ در یک دوره ۵ ماهه انبارداری، درصد غده‌های سیبزمینی جوانه‌زده تا ۱۰ الی ۱۵ درصد کاهش می‌یابد.
- ✓ در یک دوره ۵ ماهه انبارداری، درصد افزایش قند احیاء غده‌های سیبزمینی نسبت به مقدار آن در زمان برداشت از ۲۴۰ درصد به ۳۵ درصد کاهش می‌یابد.

- ✓ میزان نیترات تجمعی غده‌های سیبزمینی به کمتر از ۱۲۰ ppm بر مبنای وزن تر غده کاهش یافته و محصول از نظر باقیمانده نیترات و نیتريت در محدوده سالم و مجاز قرار می‌گیرد.
- ✓ اگر چه عملکرد وزنی تولید محصول، حدود ۱۰ درصد کاهش می‌یابد اما میزان کل ماده خشک برداشت شده (حاصل ضرب ماده خشک × عملکرد) با کاهش قابل ملاحظه‌ای همراه نخواهد بود.

مراجع

- ۱- بصیرت، م. و مطلبی‌فرد، ر. ۱۳۹۵. راهنمای تغذیه گیاهی در سیبزمینی. مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، تهران. ایران.
- ۲- بی‌نام. ۱۳۸۸. آب آشامیدنی — ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی. استاندارد ملی ایران، شماره ۱۰۵۳، ویرایش پنجم. مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران.
- ۳- بی‌نام. ۱۳۹۲. مرز بیشینه باقیمانده نیترات در محصولات کشاورزی. استاندارد ملی ایران، شماره ۱۶۵۹۶، ویرایش اول. مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران.
- ۴- خلدیرین، ب. و اسلام‌زاده، طاهره. ۱۳۸۰. تغذیه معدنی گیاهان عالی (ترجمه). جلد ۱. انتشارات دانشگاه شیراز، شیراز.
- ۵- رضائی، ع. و سلطانی، ا. ۱۳۸۳. زراعت سیبزمینی (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.
- ۶- رومی‌زاده، سلیمان. ۱۳۷۷. توصیه کود ازته بر اساس آزمون خاک. چکیده مقالات پنجمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. کرج.
- ۷- سالاردینی، ع. و مجتهدی، محمد. ۱۳۷۲. اصول تغذیه گیاه (ترجمه). انتشارات دانشگاه تهران، تهران.
- ۸- گودرزی، ف. ۱۳۸۸. اثر مصرف کودهای ازته و پتاسه بر تغییرات کیفی سیبزمینی طی دوره انبارداری. مجله تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، شماره ۴، جلد ۱۰.
- ۹- مغرور، ج. ۱۳۷۷. بررسی اثرات مقادیر مختلف کود ازت بر روی درصد ماده خشک غده در ارقام سیبزمینی. چکیده مقالات پنجمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. کرج.
- 10- Castro, C.A. 1988. Effect of nitrogen and potassium fertilizers on yield & quality of two potato cultivars. Anais-da-UTAD, 1(1):117-123.
- 11- Feng, T., and Rui, F. 2008. Effects of fertilizing nitrogenous and potash fertilizer on yield of potato. Journal of Changjiang University, 13(4):120-127.
- 12- Hong, D., Weihua, L., Mingjuan, Y. and Yushu, Z. 2007. Effect of new potato specific fertilizers on the yield and quality of potato. Chinese Agricultural Science Bulletin. Institute of Soil and Fertilizer, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou Index: 350013.
- 13- Jinhui, X. 2008. Analysis of dry matter accumulation and nitrogen, phosphorus, potassium nutrition characteristics of potato. Journal of Changjiang Vegetables, 20(3):196-205.

- two sites in Switzerland. CAB abstract. 1996-97.
- 16- Santamaria, P. 2006. Review Nitrate in vegetables: toxicity, content, intake and EC regulation. *Journal of Food Science and Agriculture*, 86:10-17– DOI: 10, 1002/jsfa.2351.
- 14- Kolbe, H. and Hipp, J. 1995. Relations between N, P, K concentrations at harvest time and changes in weight loss and chemical composition of potato tubers during long-term storage at 4°C. *Agribiological Research*, 48(1):14-25.
- 15- Reust, W. 1995. Nitrogen fertilization and the quality of three new potato varieties grown at