

تأثیر کاربرد کود نیتروژن و محلول پاشی برگی با عنصر روی بر عملکرد و برخی خصوصیات
رشدی بوته‌های سیب‌زمینیجعفر شیرزاد^۱، محمدرضا جهانسوز^{۲*} و بابک درویشی^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد و استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران،

۳- استادیار، مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱/۲۲ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۶/۹)

چکیده

به منظور بررسی تأثیر کود نیتروژن و محلول پاشی برگی با عنصر روی بر گیاه سیب‌زمینی، آزمایشی در قالب طرح کرت‌های نواری خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار، در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران انجام شد. فاکتور عمودی شامل سه سطح کود نیتروژن اوره ($N_1=0$ ، $N_2=400$ و $N_3=800$ kg ha⁻¹) و فاکتور افقی شامل سه شیوه محلول پاشی برگی با عنصر روی (محلول پاشی برگی با آب (شاهد)، یک نوبت محلول پاشی برگی (پیش از گلدهی)، دو نوبت محلول پاشی برگی (پیش و پس از گلدهی)) و دو رقم سیب‌زمینی (آریندا و میلوا) بود. نتایج نشان داد تأثیر کود نیتروژن و رقم بر بیشتر صفات مورد بررسی معنی‌دار بود. سطح سوم کود نیتروژن، سبب افزایش معنی‌دار شاخص SPAD، عملکرد، درصد ماده خشک غده و تعداد غده شد ولی تأثیری بر چگالی ویژه غده نداشت. یک نوبت محلول پاشی برگی با عنصر روی (پیش از گلدهی)، عملکرد بوته‌های سیب‌زمینی را نسبت به شاهد و نسبت به دو نوبت محلول پاشی برگی با عنصر روی (پیش و پس از گلدهی)، به طور معنی‌داری افزایش داد. شاخص SPAD و عملکرد در رقم آریندا و درصد ماده خشک غده، تعداد غده و چگالی ویژه غده در رقم میلوا بالاتر بود. کود نیتروژن و محلول پاشی برگی با عنصر روی، سبب افزایش معنی‌دار درصد نیتروژن و درصد پروتئین غده نسبت به شاهد شد.

واژه‌های کلیدی: آریندا، چگالی ویژه غده، درصد ماده خشک غده، درصد نیتروژن غده، میلوا.

Effect of nitrogen fertilizer and zinc foliar application on yield and some growth characteristics of potato (*Solanum tuberosum* L.)Jafar Shirzad¹, Mohammad Reza Jahansouz^{1*}, Babak Darvishi²

1. Department of Agronomy and Plant Breeding, Agriculture and Natural Resources Campus, University of Tehran,

2. Seed and Plant Certification and Registration Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj.

(Received: April 11, 2019 - Accepted: August 31, 2019)

ABSTRACT

To study the effect of nitrogen fertilizer and zinc foliar application on potato, an experiment was conducted as strip split plot management in randomized complete block design with three replications during 2017-2018 in the Research Farm of Agriculture and Natural Resources Campus, University of Tehran. Experimental treatments in vertical factor were three levels of nitrogen fertilizers ($N_1=0$, $N_2=400$ kg ha⁻¹ and $N_3=800$ kg ha⁻¹) and in horizontal factor were three levels of zinc foliar application (Control, once foliar application, two times of foliar application) and two potato cultivars (Arinda and Milva). The results showed that effect of nitrogen fertilizer and potato cultivar was significant for the most of studied traits. Third level of nitrogen fertilizer significantly increased SPAD indicator, yield, and tuber dry matter percentage and tuber numbers except tuber specific gravity. Zinc foliar application only affected the yield significantly that increased by pre-flowering zinc foliar application compared to the control and pre-post flowering zinc foliar application. SPAD indicator and yield in Arinda cultivar and tuber dry matter percentage, tuber number and specific gravity in Milva cultivar were higher. Nitrogen fertilizer and zinc foliar application significantly increased tuber nitrogen percentage and tuber protein percentage compared to the control.

Keywords: Arinda, Milva, Tuber dry matter percentage, Tuber nitrogen percentage, Tuber specific gravity.

* Corresponding author E-mail: jahansouz@ut.ac.ir

مقدمه

شده است که افزایش میزان نیتروژن قابل دسترس سیب‌زمینی، موجب کاهش محتوای نشاسته و در نهایت کاهش چگالی ویژه غده‌ها می‌شود (Lin *et al.*, 2005). وجود چنین رابطه‌ای در پژوهش‌های انجام شده توسط سایر پژوهشگران نیز گزارش شده است (Belanger *et al.*, 2002). فراهمی مقادیر بالای نیتروژن در زمان غده‌دهی یا قبل از آن، دوره رشد رویشی را افزایش می‌دهد 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). گزارش شده است که افزایش مقادیر نیتروژن مصرفی، منجر به کاهش تعداد غده‌های با سایز کوچک (کمتر از ۲۵ گرم) و افزایش تعداد غده‌های با سایز متوسط (۲۵ تا ۷۵ گرم) و بزرگ (بیشتر از ۷۵ گرم) می‌شود (Sharma & Arora, 1987). در ایران، معمولاً نیمی از نیتروژن مورد نیاز گیاه در زمان کاشت و نیم دیگر، در زمان خاک‌دهی پای بوته‌ها به کار برده می‌شود؛ بنابراین و با توجه به این‌که گیاه سیب‌زمینی از زمان کاشت تا ظهور گیاهچه‌ها، به اندوخته‌های غده بذری وابسته می‌باشد، کاربرد مقادیر بالای نیتروژن در اوایل فصل رشد، تلفات نیتروژن را افزایش می‌دهد که علت آن، عدم توسعه کافی سیستم ریشه برای جذب و مصرف کارآمد نیتروژن قابل دسترس در این مرحله است (Errebhi *et al.*, 1998). یک روش مدیریتی برای افزایش راندمان مصرف نیتروژن، تقسیط نیتروژن در طول فصل رشد می‌باشد. نشان داده شده است که کاربرد تقسیطی نیتروژن، مطابق نیازهای رشدی گیاه سیب‌زمینی، بهره‌وری مصرف نیتروژن را به‌طور معنی‌داری بهبود می‌بخشد و عملکرد محصول را افزایش می‌دهد (Westermann & Kleinkopf, 1985). عنصر روی دارای نقش کارکردی و ساختاری در واکنش‌های آنزیمی از جمله فتوسنتز است، به‌طوری‌که

سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) پس از گندم، برنج، جو و ذرت، به‌عنوان پنجمین محصول کشاورزی در جهان، نقش مهمی در تأمین غذای مردم جهان دارد (Mousavi, 2011). سطح زیر کشت این محصول در جهان در سال ۲۰۱۷، حدود ۱۹/۳ میلیون هکتار و تولید سالانه آن بیش از ۳۸۸ میلیون تن بوده است (FAO, 2019). در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵، سطح زیرکشت سیب‌زمینی در ایران بیش از ۱۴۶۰۰۰ هکتار و تولید آن پنج میلیون تن با میانگین عملکرد ۳۴/۳ تن در هکتار گزارش شده است (Agricultural Statistics, 2018). سیب‌زمینی به دلیل داشتن عملکرد بالا در واحد سطح، به‌عنوان محصولی نهاده‌بر شناخته می‌شود؛ بنابراین درک نیاز غذایی گیاه و هماهنگ نمودن این نیاز با مواد غذایی در دسترس در مراحل مختلف رشد، تأثیر اساسی بر عملکرد، چگالی ویژه و سایر شاخص‌های کیفی غده سیب‌زمینی می‌گذارد (Lang *et al.*, 1999). نیتروژن مهم‌ترین عنصری است که توسط این گیاه جذب می‌شود و از این‌رو نیاز سیب‌زمینی به نیتروژن، در مقایسه با سایر عناصر غذایی بیشتر است؛ بنابراین مدیریت دقیق مصرف نیتروژن برای دستیابی به عملکرد و کیفیت بالا در سیب‌زمینی امری ضروری می‌باشد. کمبود نیتروژن، سبب کاهش رشد و عملکرد محصول می‌شود و مصرف زیاد آن نیز رشد رویشی اندام‌های هوایی را تحریک می‌کند و تشکیل غده‌ها و دوره پرشدن آن‌ها را به تأخیر می‌اندازد. چنین وضعیتی، چگالی ویژه غده‌ها را نیز کاهش می‌دهد (Khazaie & Arshadi, 2008). گزارش شده است که با افزایش کاربرد کود نیتروژن در زمان کاشت، چگالی ویژه غده کاهش می‌یابد (Laurence *et al.*, 1985). در پژوهشی دیگر نشان داده شده است که در اثر کاربرد مقادیر بالای کود نیتروژن پایه و سرک، چگالی ویژه غده سیب‌زمینی که در زمان رسیدگی غده حدود ۱/۰۷۶ بود، به مقادیری پایین‌تر از این آستانه کاهش یافت و در این میان، اثر کود نیتروژن پایه در کاهش چگالی ویژه غده بیشتر بود (Sparrow & Chapman, 2003). همچنین گزارش

در شرایط محلول پاشی با سولفات روی، یک هفته بعد از گلدهی و کمترین آن در شرایط عدم مصرف روی بوده است (Motalebi fard, 2017). افزایش عملکرد سیب‌زمینی در اثر محلول پاشی برگ با عنصر روی می‌تواند به علت افزایش میزان این عنصر تغذیه‌ای در گیاه، افزایش فتوسنتز و تحریک رشد گیاه باشد. رشد اندام هوایی سیب‌زمینی، تحت تأثیر محلول پاشی کود های ریز مغذی قرار می‌گیرد و این امر موجب افزایش وزن خشک اندام‌های هوایی می‌شود (Mohamadyan & Tahmaseb Poor, 2010). محلول-پاشی برگ بوته‌های سیب‌زمینی با عنصر روی، ضمن بهبود عملکرد، سبب افزایش معنی‌دار میزان نشاسته و پروتئین در غده‌ها شد (Mousavi et al., 2007). میلووا یک رقم نسبتاً زودرس با عملکرد بالا، قابلیت انبارمانی طولانی و نیاز اندک به نیتروژن خاک است (Europlant Group, 2013). این رقم که در سال ۲۰۰۷ میلادی، تحت حمایت قانون به‌نژادگران گیاهی قرار گرفته است (Canadian Food Inspection Agency, 2019). به تازگی و طی چند سال گذشته وارد کشور شده است. بنابراین این پژوهش به منظور بررسی واکنش رقم میلووا به کاربرد کود نیتروژن و محلول پاشی برگ با عنصر روی و مقایسه این واکنش با واکنش رقم قدیمی‌تر آریندا به فاکتورهای یادشده صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۷ - ۱۳۹۶ در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران واقع در کرج، با عرض جغرافیائی ۳۵ درجه و ۴۹ دقیقه شمالی و طول جغرافیائی ۵۱ درجه شرقی و ارتفاع ۱۳۱۲ متر از سطح دریا اجرا شد. این منطقه بر اساس سیستم طبقه‌بندی دوماترن پیشرفته، جزو مناطق نیمه‌خشک و سرد محسوب می‌شود و متوسط بارندگی سالیانه آن حدود ۲۶۰ میلی‌متر می‌باشد. زمین محل آزمایش در سال قبل آیش بود. عملیات آماده سازی و تهیه بستر کاشت شامل شخم پاییزه و دو بار دیسک عمود بر هم و تسطیح زمین (بهار) به

بیش از ۷۰ آنزیم شناسایی شده‌اند که عنصر روی را در ساختار خود، دارا هستند (Alloway, 2008). همچنین حدود ۲۸۰۰ پروتئین شناسایی شده‌اند که برای فعالیت و پایداری خود به روی نیاز دارند (Cakmak & Hoffland, 2012). گزارشات نشان می‌دهند که در ایران، بیش از ۶۰ درصد اراضی زراعی به درجات مختلف کمبود روی مبتلا هستند که باعث کاهش ۵۰ درصدی محصول می‌شود (Malakouti, 2007). دلایل زیادی برای بروز کمبود روی در خاک‌های ایران وجود دارد که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به آهکی بودن خاک‌ها، کمبود مواد آلی، بیکربنات بالای آب آبیاری و عدم توجه به مصرف روی در عمده اراضی زراعی ایران اشاره کرد (Malakouti & Lotfollahi, 2000). این موضوع سبب جذب سطحی عنصر روی توسط سطوح تبادل رس و یا کربنات کلسیم موجود در این نوع خاک‌ها می‌شود (Aydinalp & Marinova, 2005). از سوی دیگر، سیب زمینی گیاهی با عملکرد بالاست که به دلیل برداشت مقادیر زیاد عناصر از محدوده توسعه ریشه، نسبت به کمبود عناصر غذایی از جمله روی حساس است (Panahi-Kordlagharaki et al., 2010). گزارش شده است که کاربرد عنصر روی به صورت محلول پاشی برگ، به دلیل جذب سریعتر، کاربرد آسانتر و رفع سریعتر کمبود این عنصر در بافت‌های گیاهی، نسبت به کاربرد خاکی آن برتری دارد (Mousavi et al., 2007). مصرف سولفات روی، به دلیل تأثیر غیر مستقیم روی در افزایش جذب نیتروژن، غلظت نیتروژن در غده سیب‌زمینی را افزایش می‌دهد. روی از عناصر مهمی است که در متابولیسم نیتروژن در گیاه شرکت می‌کند و کمبود آن باعث اختلال در تولید پروتئین می‌شود. بالا بودن غلظت پروتئین خام، تحت تیمار مصرف روی را می‌توان به تأثیر غیرمستقیم این عنصر در افزایش جذب نیتروژن نسبت داد (Malakouti, 2004). محلول پاشی برگ با عنصر روی، باعث افزایش عملکرد سیب‌زمینی رقم دزیره به میزان ۱۸/۶۹ تا ۲۵ درصد شد (Malakouti, 2004). در یک پژوهش گزارش شد که بیشترین غلظت روی در شاخساره و غده سیب‌زمینی

انجام گرفت (Bahrampour & Akhavan, 2015) و تمام کود فسفر (۱۵۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل در هکتار) و کود پتاس (۲۰۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار) توصیه شده توسط آزمایشگاه، همراه با دیسک بهاره به خاک داده شد.

محض فراهم شدن شرایط رطوبتی خاک انجام شد. پس از آماده سازی زمین، دو نمونه خاک مرکب از عمق صفر تا ۳۰ و ۶۰-۳۰ سانتی متری تهیه شد و به آزمایشگاه خاکشناسی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران ارسال شد. توصیه کودی بر اساس نتایج آزمون خاک و حد بحرانی عناصر غذایی در خاک (جدول ۱)

جدول ۱- میزان و حد بحرانی عناصر در خاک محل انجام آزمایش

Table 1. Amount and critical limits of the elements in test field soil

Parameters	Test Soil	Critical Limit	Recommendation
Organic matter (%)	0.66	1	400 kg.ha ⁻¹ (Urea)
Available P (mg.kg ⁻¹)	3.5	7-10	150 kg.ha ⁻¹ (Triple Super Phosphate)
Available K (mg.kg ⁻¹)	90.5	250-300	200 kg.ha ⁻¹ (Sulphate Potassium)

گرفته شد. در طول دوره رشد و در مواقع لازم، علف‌های هرز به صورت دستی کنترل شدند. همچنین برای مبارزه با آفات و حشرات، از حشره‌کش کونفیدور (ایمیداکلوپراید ۳۵٪) با غلظت یک در هزار استفاده شد.

در مرحله پس از گلدهی (یک هفته پس از نوبت دوم محلول پاشی برگ با عنصر روی)، سه بوته از هر کرت به طور تصادفی انتخاب شدند و میزان کلروفیل در برگچه انتهایی از بالاترین برگ کاملاً توسعه یافته هر بوته، توسط دستگاه کلروفیل متر مدل پلاس-۲۵۰۲ خوانده شد. سپس میانگین وزن تر اندام هوایی سه بوته در هر کرت، اندازه‌گیری شد. برای محاسبه شاخص‌های رشد سیب‌زمینی، در مرحله رسیدن به پوشش کامل مزرعه، یک متر از دو ردیف میانی از هر کرت نمونه برداری شد و با استفاده از دستگاه سطح برگ سنج^۳، سطح برگ اندازه‌گیری و تعیین شد. نمونه‌های مربوط به هر کرت، در آونی در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۷۲ ساعت خشک شدند و سپس وزن آن‌ها اندازه‌گیری شد و وزن خشک اندام هوایی در هر کرت آزمایشی مشخص شد.

برداشت نهایی در زمان خشک شدن ۵۰ در صد اندام‌های هوایی، با حذف قسمتهای هوایی گیاه ۱۰ روز قبل از برداشت انجام گرفت. جهت تعیین عملکرد غده، در انتهای فصل رشد و پس از حذف دو ردیف

آزمایش در قالب طرح کرت های نواری خردشده (Strip split plot design) بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. فاکتور عمودی شامل سه میزان کود نیتروژن اوره (N₂=400 kg ha⁻¹, N₁=0) و فاکتور افقی شامل سه شیوه محلول پاشی برگ با عنصر روی (محلول پاشی برگ با آب (شاهد)، یک نوبت محلول پاشی برگ (پیش از گلدهی)، دو نوبت محلول پاشی برگ (پیش و پس از گلدهی)) و دو رقم سیب‌زمینی (آریندا و میلوا) بود. ۳۰ در صد کود نیتروژن در مرحله کاشت، ۳۰ در صد در مرحله خاک‌دهی اول و ۳۰ درصد در مرحله خاک‌دهی دوم به کار برده شد. محلول پاشی برگ با عنصر روی با غلظت سه در هزار سولفات روی انجام گرفت (Movahedi Dehnavi & Modares Sanavi, 2006; Mousavi *et al.*, 2007). برای جذب بهتر، محلول پاشی در ساعات خنک بعد از ظهر انجام شد. غده‌ها قبل از کاشت، با قارچ‌کش رورال تی اس^۱ ضد عفونی شدند و سپس روی ردیف‌هایی به فاصله ۷۵ سانتی‌متر، با فاصله بوته ۲۰ سانتی‌متر و در عمق ۱۵ سانتی‌متر کاشته شدند. هر کرت آزمایشی شامل چهار ردیف به طول پنج متر بود. آبیاری به صورت قطره‌ای و در فواصل زمانی معین در طول فصل رشد انجام گرفت. به منظور جلوگیری از نفوذ کود به کرت‌های کناری، فاصله بین کرت‌ها ۱/۵ متر در نظر

3. Leaf Area Meter

1. Rovral TS
2. SPAD-502 Plus

درصد نیتروژن اندازه‌گیری شده در ضریب ۶/۲۵ ضرب شد (Salo-vaananen & Koivistoinen, 1996) عملکرد پروتئین غده نیز با استفاده از رابطه ۲ تعیین شد:

(۲) درصد پروتئین × وزن خشک غده = عملکرد پروتئین غده
برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم افزار SAS ver 9.2 و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد و نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel ترسیم شدند.

نتایج و بحث

شاخص SPAD

نتایج به دست آمده از جدول تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) نشان داد که شاخص SPAD (عدد خوانده شده توسط دستگاه کلروفیل‌متر)، به‌عنوان شاخصی از مقدار کلروفیل برگ، به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر کود نیتروژن، رقم سیب‌زمینی و اثر متقابل رقم در محلول‌پاشی برگی با عنصر روی قرار گرفت.

کناری، دو ردیف میانی از هر کرت برداشت شدند و پس از اندازه‌گیری وزن، عملکرد غده در واحد سطح تعیین شد. جهت تعیین تعداد غده‌ها، غده‌های برداشت شده از دو ردیف میانی هر کرت شمارش شدند. برای تعیین درصد ماده خشک غده، غده‌های یک بوته از هر کرت، به‌طور تصادفی انتخاب شد و وزن آن مشخص شد؛ سپس این غده‌ها در آون به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند و دوباره وزن آن‌ها اندازه‌گیری شد. از تناسب وزن تر و وزن خشک غده‌ها، درصد ماده خشک غده‌ها تعیین شد (Darabi, 2007).

چگالی ویژه غده‌ها از طریق اندازه‌گیری وزن غده‌ها در هوا و آب، با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد (Tekalign & Hammes, 2004):

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

درصد نیتروژن غده در تیمارهای آزمایشی مربوط به رقم میلو، به‌روش کج‌لدال اندازه‌گیری و تعیین شد (AOAC, 2000). برای محاسبه درصد پروتئین غده،

جدول ۲- خلاصه تجزیه واریانس برخی صفات مورد مطالعه تحت تأثیر فاکتورهای آزمایش

Table 2. Summary of variance analysis of the effects of experimental factors on some studied traits.

S.O.V	df	SPAD	Yield	Tuber Dry Matter	Tuber Number	Tuber Specific Gravity (gcm ⁻³)	Leaf Area
Block	2	14.43 ^{ns}	5449417.1 ^{**}	73.70 ^{ns}	358.35 ^{ns}	0.0023 [*]	40814.4 ^{ns}
N	2	54.79 [*]	20899881.1 ^{**}	1415.16 ^{**}	7754.01 ^{**}	0.0009 ^{ns}	1704591.9 ^{**}
E(a)	4	7.05	237726.8	19.46	263.43	0.0004	361408.6
Zn	2	0.24 ^{ns}	934175.4 [*]	21.21 ^{ns}	5.35 ^{ns}	0.0008 ^{ns}	32281.4 ^{ns}
E(b)	4	11.65	42479.6	46.16	347.51	0.0003	61889.3
N×Zn	4	3.63 ^{ns}	285997.6 ^{ns}	13.31 ^{ns}	82.35 ^{ns}	0.0002 ^{ns}	197819.3 ^{ns}
E(c)	8	5.94	378241.4	7.43	117.10	0.0005	136446.1
Var	1	42.77 [*]	17527504.1 ^{**}	1042.27 ^{**}	19342.29 ^{**}	0.0066 ^{**}	341611.5 [*]
N×Var	2	0.57 ^{ns}	423751.3 ^{ns}	8.99 ^{ns}	72.46 ^{ns}	0.0003 ^{ns}	10402.3 ^{ns}
Zn×Var	2	47.33 [*]	78851.3 ^{ns}	22.65 ^{ns}	300.35 ^{ns}	0.0007 ^{ns}	1253.8 ^{ns}
N×Zn×Var	4	10.62 ^{ns}	205840.3 ^{ns}	8.37 ^{ns}	405.01 ^{ns}	0.0005 ^{ns}	518188.7 ^{**}
Error	18	11.88	257477.3	26.29	216.44	0.0005	88884.6
CV%	-	8.35	7.53	15.79	14.35	2.00	20.01

*، **، ns: به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد، یک درصد و بدون اختلاف معنی‌دار.

*, **, ns: Significantly different at 5 and 1% probability levels and non-significant, respectively.

شده است. نتایج تحقیق انجام شده توسط باقری و همکاران نیز نشان داد که با افزایش مصرف نیتروژن در خاک، میزان کلروفیل برگ بوته سیب‌زمینی به‌طور معنی‌دار افزایش می‌یابد (Bagheri et al., 2014). نیتروژن به‌عنوان مهم‌ترین عنصر غذایی پرمصرف، در ساختمان مولکول کلروفیل نقش اساسی دارد و از این

مقایسه میانگین شاخص SPAD تحت تأثیر سطوح مختلف کود نیتروژن (جدول ۳) نشان داد که سطح سوم کاربرد کود نیتروژن (۸۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار)، سبب افزایش معنی‌دار محتوای کلروفیل برگ بوته‌های سیب‌زمینی نسبت به دو سطح دیگر کاربرد کود نیتروژن (شاهد و ۴۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار)

رو، کمبود آن منجر به کاهش تولید و کاهش پایداری کلروفیل برگ و بروز زردی در برگ گیاه می‌شود (Hassegawa *et al.*, 2008). تأثیر مثبت مصرف نیتروژن بر محتوای کلروفیل برگ (Khazaie & Arshadi, 2008) و وجود رابطه خطی مثبت و معنی‌دار بین میزان نیتروژن مصرفی در خاک با غلظت کلروفیل و نیتروژن برگ، در پژوهش‌های متعددی (Bindi *et al.*, 2002) گزارش شده است.

در هر ستون، میانگین‌های دارای حرف مشترک، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند. Means with the same letters in the same column are not significantly different.

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه تحت تأثیر کود نیتروژن و رقم

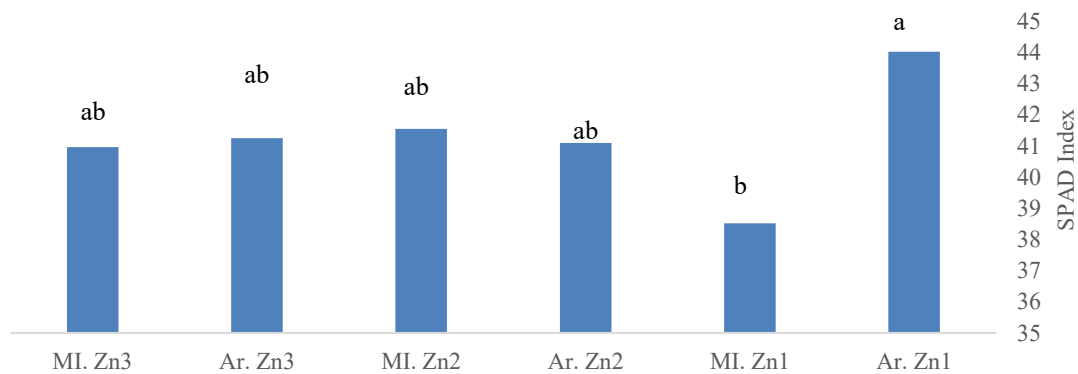
Table 3. Mean comparison of the effects of nitrogen fertilizer and cultivars on studied traits

Treatment	SPAD	Yield (gr)	Tuber Dry Matter (%)	Tuber Number	Tuber Specific Gravity (gr cm ⁻³)	
N (Nitrogen Fertilization)	N ₁	39.33 ^b	5517.8 ^c	23.71 ^c	79.16 ^b	-
	N ₂	41.68 ^{ab}	7110.6 ^b	32.24 ^b	109.33 ^a	-
	N ₃	42.76 ^a	7571.4 ^a	41.43 ^a	118.94 ^a	-
Zn (Zn Foliar Application)	Zn ₁	-	6585.00 ^b	-	-	-
	Zn ₂	-	6995.56 ^a	-	-	-
	Zn ₃	-	6619.17 ^b	-	-	-
Var (Variety)	Arinda	42.13 ^a	7303.0 ^a	28.06 ^b	83.55 ^b	1.11 ^b
	Milva	40.34 ^b	6163.5 ^b	36.85 ^a	121.4 ^a	1.14 ^a

در هر ستون، میانگین‌های دارای حرف مشترک، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند. Means with the same letters in the same column are not significantly different.

بر اساس شکل ۱، در شرایط محلول پاشی برگ با آب (شاهد)، شاخص SPAD در رقم آریندا به‌طور معنی‌داری بیشتر از رقم میلوا بود. محلول پاشی برگ با عنصر روی، اگرچه سبب کاهش شاخص SPAD در رقم آریندا و افزایش آن در رقم میلوا شد، اما این تغییرات معنی‌دار نبود.

با توجه به این‌که اثر متقابل رقم در محلول پاشی برگ برای صفت شاخص SPAD معنی‌دار شد (جدول ۲)، از مقایسه میانگین شاخص SPAD در سطوح فاکتور اصلی رقم صرف نظر شد و مقایسه میانگین صفت مذکور در سطوح اثر متقابل معنی‌دار در قالب شکل (۱) انجام شد.



شکل ۱- مقایسه میانگین شاخص SPAD در سطوح اثر متقابل رقم x محلول پاشی برگ با عنصر روی. Zn₁: عدم محلول پاشی برگ روی، Zn₂: محلول پاشی برگ روی (گلدهی)، Zn₃: محلول پاشی برگ روی (پیش و پس از گلدهی)، MI: رقم میلوا، Ar: رقم آریندا.

Figure 1. Mean comparison of SPAD in cultivar x zinc foliar application interaction. Zn₁: no foliar application, Zn₂: foliar application (flowering), Zn₃: foliar application (pre and post flowering), MI: Milva cultivar, Ar: Arinda cultivar.

عملکرد

نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) نشان داد که عملکرد بوته در واحد سطح، به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر کود نیتروژن، محلول‌پاشی برگی با عنصر روی و رقم سیب‌زمینی قرار گرفت. مقایسه میانگین عملکرد تحت تأثیر سطوح مختلف کود نیتروژن (جدول ۳) نشان داد که در این مورد نیز همانند شاخص SPAD، سطح سوم کاربرد کود نیتروژن (۸۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار)، عملکرد بوته‌های سیب‌زمینی را نسبت به دو تیمار دیگر (شاهد و ۴۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار) به‌طور معنی‌داری افزایش داد. این در شرایطی است که عدم استفاده از کود نیتروژن (شاهد)، کمترین میزان عملکرد را تولید نمود.

مقایسه میانگین عملکرد در سطوح مختلف محلول‌پاشی برگی با عنصر روی (جدول ۳) نشان داد که سطح دوم محلول‌پاشی برگی با عنصر روی (یک نوبت محلول‌پاشی برگی)، سبب افزایش معنی‌دار عملکرد بوته‌های سیب‌زمینی نسبت به دو سطح دیگر این فاکتور (محلول‌پاشی برگی با آب و دو نوبت محلول‌پاشی برگی) شد. بنابراین به‌نظر می‌رسد که یک نوبت محلول‌پاشی برگی با عنصر روی در مرحله پیش از گلدهی، نیاز گیاه سیب‌زمینی به این عنصر ریزمغذی را تأمین می‌کند و تکرار محلول‌پاشی برگی در مرحله پس از گلدهی، تأثیری در افزایش عملکرد بوته‌های سیب‌زمینی نداشته است. گزارش شده است که سیب‌زمینی، گیاهی پرتوقع است که نسبت به کمبود عناصر غذایی از جمله روی حساس می‌باشد (Panahi-Kordlagharaki *et al.*, 2010). از این رو، کاربرد سولفات روی به عنوان منبعی از عنصر روی، عملکرد غده سیب‌زمینی را بهبود می‌بخشد و کاربرد برگی این عنصر ریزمغذی، به‌دلیل جذب سریع‌تر، کاربرد آسان‌تر و رفع سریع‌تر کمبود عنصر در بافت‌های گیاه، از کاربرد خاکی آن بهتر است (Mousavi *et al.*, 2007).

مقایسه میانگین عملکرد بوته‌های ارقام مختلف سیب‌زمینی (جدول ۳) نشان داد که عملکرد رقم آریندا، به‌طور معنی‌داری بیشتر از رقم میلوا بود. میلوا یک رقم نسبتاً زودرس (Medium Early) است

(Europlant Group, 2013) که طول دوره رشد آن نسبت به رقم آریندا بیشتر می‌باشد؛ بنابراین با توجه به وقوع زودهنگام گرمای تابستان و کوتاه‌تر بودن طول دوره رشد سیب‌زمینی در اقلیم کرج (محل اجرای پژوهش)، به‌نظر می‌رسد رقم زودرس‌تر آریندا در این اقلیم، بهتر از رقم میلوا عمل کرده و عملکرد بالاتری داشته است.

درصد ماده خشک غده

در صد ماده خشک غده، به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر سطوح مختلف کود نیتروژن و رقم سیب‌زمینی قرار گرفت (جدول ۲). مقایسه میانگین درصد ماده خشک غده تحت تأثیر سطوح مختلف کود نیتروژن (جدول ۳) نشان داد که سطح سوم کاربرد کود نیتروژن (۸۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار)، سبب افزایش معنی‌دار درصد ماده خشک غده نسبت به دو سطح دیگر این فاکتور (شاهد و ۴۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار) شد. گزارش شده است که افزایش نیتروژن خالص تا ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار، سبب افزایش درصد ماده خشک غده در رقم آگریا شد (Saeidi *et al.*, 2009).

درصد ماده خشک رقم میلوا، به‌طور معنی‌داری بالاتر از رقم آریندا بود (جدول ۳) و بالاتر بودن درصد ماده خشک رقم میلوا نسبت به رقم آریندا قبلاً نیز گزارش شده است (Europlant Group, 2013).

محلول‌پاشی برگی با عنصر روی، تأثیری بر درصد ماده خشک غده نداشت. در یک پژوهش گزارش شد که افزایش غلظت محلول‌پاشی برگی سولفات روی تا ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر (دو در هزار)، سبب افزایش درصد ماده خشک غده سیب‌زمینی شد (Javanmardi & Rasuli, 2017).

تعداد غده

نتایج به دست آمده از جدول تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) نشان داد که کود نیتروژن و رقم سیب‌زمینی، تأثیر معنی‌داری بر تعداد غده تولید شده در واحد سطح داشتند. بر اساس جدول (۳)، کاربرد کود نیتروژن سبب افزایش معنی‌دار تعداد غده تولید شده در واحد سطح نسبت به شاهد (عدم استفاده از کود نیتروژن) شد؛ البته دو سطح مختلف کاربرد کود نیتروژن (N_2 و N_3)، تأثیر متفاوتی بر تعداد غده تولید

معنی دار چگالی ویژه غده در گیاه سیب زمینی شده است (Westermann *et al.*, 1994). در گزارش دیگری عنوان شده است که با افزایش کاربرد کود نیتروژن، چگالی ویژه غده سیب زمینی کاهش می یابد (Zebarth *et al.*, 2004).

سطح برگ

سطح برگ به طور معنی داری تحت تأثیر کود نیتروژن، رقم سیب زمینی و اثر متقابل کود نیتروژن × محلول پاشی برگ با عنصر روی × رقم قرار گرفت (جدول ۲). با توجه به معنی دار شدن اثر متقابل برای صفت سطح برگ، از مقایسه میانگین سطح برگ در سطوح مختلف اثرات اصلی صرف نظر شد و میانگین سطح برگ در سطوح مختلف اثر متقابل معنی دار به صورت شکل ۲ مقایسه شد.

مقایسه میانگین سطح برگ در سطوح اثر متقابل کود نیتروژن × محلول پاشی برگ با عنصر روی × رقم نشان داد در سطح سوم کاربرد کود نیتروژن، سطح برگ مربوط رقم میلو با دو نوبت با سولفات روی محلول پاشی برگ شده بود (N3Zn3MI)، به طور معنی داری از سطح برگ سایر تیمارهای سطح سوم کود نیتروژنه بالاتر بود. این در حالی است که در سطح دوم کاربرد کود نیتروژن، رقم آریندا که دو نوبت محلول پاشی برگ شده بود، سطح برگ بالاتری داشت (N2Zn3AR). در شرایط عدم کاربرد کود نیتروژن نیز تفاوت معنی داری بین سطوح محلول پاشی برگ و رقم از نظر سطح برگ وجود نداشت. در یک تحقیق مشاهده شد که ارتفاع بوته، تعداد شاخ و برگ و سطح برگ سیب زمینی شیرین با محلول پاشی برگ با عنصر روی بهبود پیدا کرد که در نهایت به افزایش عملکرد گیاه منجر شد (Abd El-Baky *et al.*, 2010). در پژوهش دیگری نیز گزارش شد که محلول پاشی برگ با عنصر روی، سبب افزایش معنی دار شاخص سطح برگ در گیاه سیب زمینی می شود (Skandari, 2015).

درصد نیتروژن و درصد پروتئین غده

بر اساس نتایج ارائه شده در جدول ۴، درصد نیتروژن و درصد پروتئین غده در رقم میلو، به طور معنی داری تحت تأثیر سطوح مختلف کود نیتروژن و محلول پاشی

شده ندا شدند. گزارش شده است که افزایش نیتروژن خالص تا ۵۵۰ کیلوگرم در هکتار، سبب افزایش معنی دار تعداد غده تولید شده در هر بوته شده است (Ahmed *et al.*, 2009).

تعداد غده تولید شده توسط رقم میلو، به طور معنی داری بیشتر از رقم آریندا بود (جدول ۳). همچنان که پیش از این نیز اشاره شد، گرمای زودهنگام تابستانه در منطقه کرج، سبب کوتاه تر شدن طول دوره رشد سیب زمینی در این منطقه شد و در نتیجه رقم دیررس تر (میلو)، فرصت دستیابی به بیشینه مقدار عملکرد خود را نداشته است. آغازش تعداد غده های بیشتر در رقم میلو که فرصت پر شدن را نداشته اند نیز مؤید همین موضوع است.

نتایج این پژوهش نشان داد که محلول پاشی برگ با عنصر روی با غلظت سه در هزار، تأثیری بر تعداد غده تولید شده در واحد سطح نداشت. گزارش شده است که محلول پاشی برگ سولفات روی با غلظت ۳۰۰ میلی گرم در لیتر (سه در هزار)، تعداد غده در هر بوته سیب زمینی را به طور معنی داری افزایش داده است (Singh *et al.*, 2018).

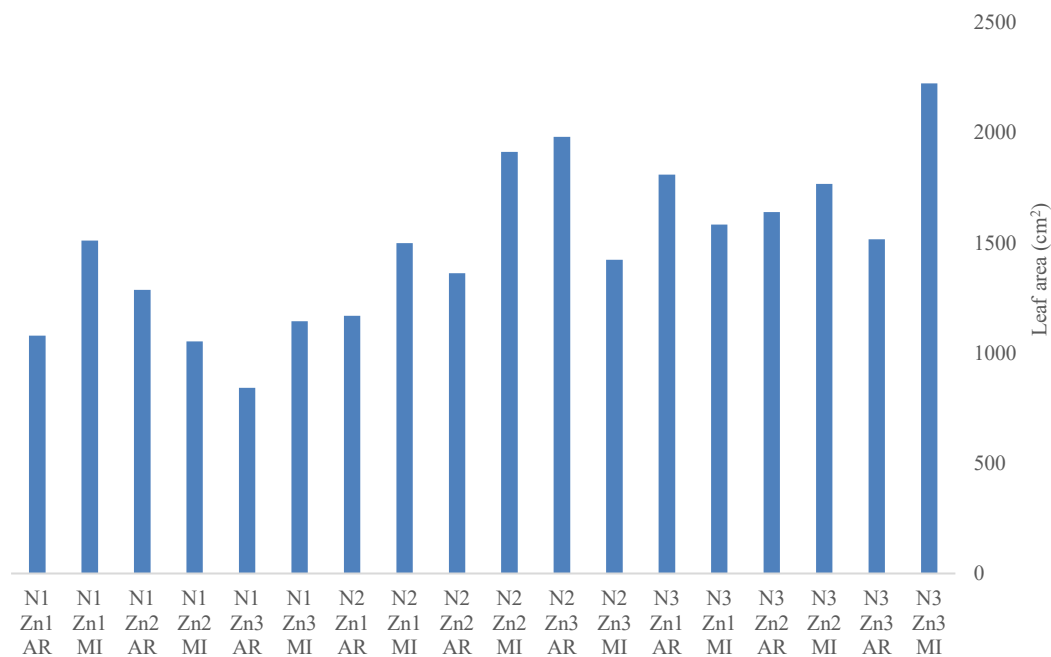
چگالی ویژه غده

چگالی ویژه غده، به طور معنی داری تحت تأثیر رقم سیب زمینی قرار گرفت (جدول ۲). نتایج جدول ۳ نشان داد که چگالی ویژه غده در رقم میلو، به طور معنی داری بیشتر از رقم آریندا بود. همان گونه که پیش از این نیز اشاره شد، در صد ماده خشک غده در رقم میلو، به طور معنی داری بیشتر از رقم آریندا بود؛ بنابراین به دلیل بالاتر بودن درصد ماده خشک غده در رقم میلو، چگالی ویژه غده در این رقم نسبت به رقم آریندا بیشتر بوده است. وجود همبستگی مثبت و معنی دار بین درصد ماده خشک و چگالی ویژه غده در پژوهش های دیگر نیز گزارش شده است (Simmonds, 1977).

دو فاکتور دیگر مورد مطالعه (کود نیتروژن و محلول پاشی برگ با عنصر روی)، تأثیری بر چگالی ویژه غده ندا شدند (جدول ۲). گزارش شده است که افزایش کاربرد نیتروژن تا ۱۱۲ کیلوگرم در هکتار، سبب افزایش و مقادیر بالاتر از این مقدار، سبب کاهش

تأثیر بر درصد نیتروژن و پروتئین غده، تفاوتی وجود نداشت (شکل A-۳). گزارش شده است که افزایش مصرف کود نیتروژن از ۱۰۰ به ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار، سبب افزایش معنی‌دار محتوای پروتئین غده سیب‌زمینی از ۷/۵ به ۸/۴ درصد ماده خشک غده شده است (Bartova et al., 2009).

برگی با عنصر روی قرار گرفتند. مقایسه میانگین درصد نیتروژن و درصد پروتئین غده در سطوح مختلف کود نیتروژن و محلول‌پاشی برگ با عنصر روی در شکل ۳ نشان داده شده است. مصرف کود نیتروژن، سبب افزایش معنی‌دار درصد نیتروژن و پروتئین غده نسبت به شاهد شد؛ این در حالی است که بین سطوح مختلف مصرف کود نیتروژن از نظر



شکل ۲- مقایسه میانگین سطح برگ در سطوح اثر متقابل کود نیتروژن × محلول‌پاشی برگ با عنصر روی × رقم. Zn₁: عدم محلول‌پاشی برگ روی، Zn₂: محلول‌پاشی برگ روی (گلدهی)، Zn₃: محلول‌پاشی برگ روی (پیش و پس از گلدهی)، N₁: عدم مصرف کود نیتروژن، N₂: ۴۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار، N₃: ۸۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار، MI: رقم میلوا، AR: رقم آریندا. Figure 2. Mean comparison of leaf area in nitrogen fertilizer×zinc foliar application×cultivar interaction Zn₁: no foliar application, Zn₂: foliar application (flowering), Zn₃: foliar application (pre and post flowering), N₁: no N application, N₂: 400 kg Urea ha⁻¹, N₃: 800 kg Urea ha⁻¹, MI: Milva cultivar, AR: Arinda cultivar.

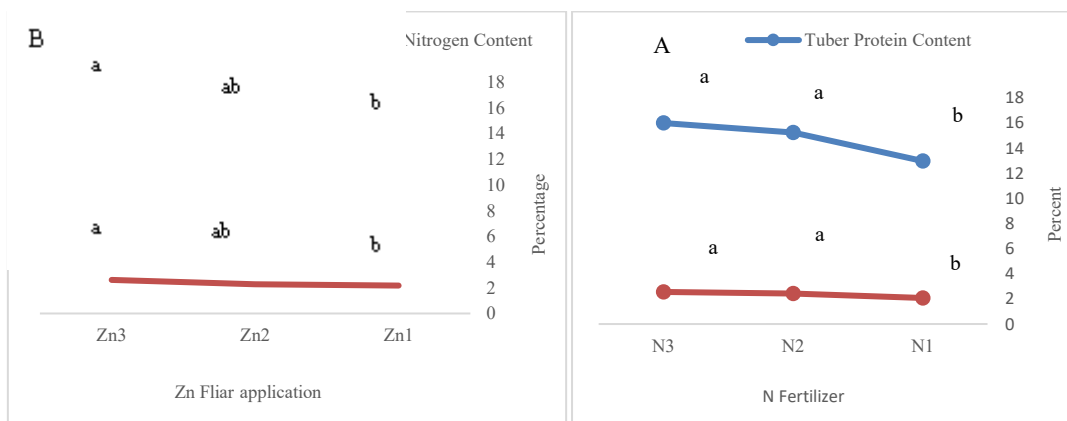
جدول ۴- خلاصه تجزیه واریانس درصد نیتروژن و پروتئین غده تحت تأثیر کود نیتروژن و محلول‌پاشی برگ با عنصر روی. Table 4. Summary of variance analysis of the effects of nitrogen fertilizer and zinc foliar application on tuber nitrogen and tuber protein percentage

S.O.V	df	Tuber Nitrogen Content (%)	Tuber Protein Content (%)
Block	2	0.0950 ^{ns}	3.7121 ^{ns}
N	2	0.5677 [*]	22.1787 [*]
E(a)	4	0.0381	1.4887
Zn	2	0.4658 [*]	18.1980 [*]
E(b)	4	0.1005	3.9290
N × Zn	4	0.1150 ^{ns}	4.4945 ^{ns}
Error	18	0.2049	8.0060
CV%	-	18.21	18.21

*، **، ns: به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد، یک درصد و بدون اختلاف معنی‌دار. *، **، ns: Significantly different at 5 and 1% of probability levels and non-significant, respectively.

در شرایط محلول پاشی برگ‌گی روی، به دلیل تأثیر غیرمستقیم روی در افزایش جذب نیتروژن می‌باشد. روی از عناصر مهمی است که در متابولیسم نیتروژن در گیاه شرکت می‌کند و کمبود آن باعث اختلال در تولید پروتئین می‌شود (Suge *et al.*, 1986). کمبود روی در گیاهان، منجر به تجمع فندهای احیا شده، کاهش ساکارز و نشاسته، افزایش اسیدهای آلی، کاهش اکسین و به هم خوردن ساخت پروتئین می‌شود (Jahirrodin & Cresser, 1993).

محلول پاشی برگ‌گی با عنصر روی، سبب افزایش درصد نیتروژن و پروتئین غده شد؛ به طوری که بیشترین درصد نیتروژن و پروتئین غده، در سطح سوم محلول پاشی برگ‌گی با عنصر روی (پیش و پس از گلدهی) مشاهده شد (شکل B-۳). روی یک عنصر ضروری برای بسیاری از سیستم‌های آنزیمی گیاه از جمله جذب و متابولیسم نیتروژن است (Alloway, 2009). گزارش شده است که افزایش غلظت نیتروژن



شکل ۳- مقایسه میانگین درصد نیتروژن و پروتئین غده در سطوح کود نیتروژن و محلول پاشی برگ‌گی با عنصر روی. Zn₁: عدم محلول پاشی برگ‌گی روی، Zn₂: محلول پاشی برگ‌گی روی (گلدهی)، Zn₃: محلول پاشی برگ‌گی روی (پیش و پس از گلدهی)، N₁: عدم مصرف کود نیتروژن، N₂: ۴۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار، N₃: ۸۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار.

Figure 3. Mean comparison of tuber nitrogen and tuber protein percent in the levels of nitrogen fertilizer (A) and zinc foliar application (B). Zn₁: no foliar application, Zn₂: foliar application (flowering), Zn₃: foliar application (pre and post flowering), N₁: no N application, N₂: 400 kg Urea ha⁻¹, N₃: 800 kg Urea ha⁻¹.

است. بنابراین با توجه به افزایش معنی‌دار عملکرد در سطح دوم محلول پاشی برگ‌گی با عنصر روی، توصیه نهایی، کاربرد ۸۰۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار، به همراه یک نوبت محلول پاشی برگ‌گی با عنصر روی با غلظت سه در هزار در مرحله پیش از گلدهی است. اگرچه رقم میلوا در شرایط پژوهش حاضر نتوانست به عملکرد بالاتری نسبت به رقم آریندا برسد، اما به دلیل بالاتر بودن درصد ماده خشک غده و بیشتر بودن چگالی ویژه و تعداد غده در این رقم نسبت به رقم آریندا، به نظر می‌رسد رقم میلوا بتواند یکی از ارقام موفق در مناطق با طول دوره رشد بلندتر باشد.

نتیجه‌گیری کلی

در شرایط پژوهش حاضر که میزان ماده آلی خاک ۰/۶۶ درصد بوده است (جدول ۱)، کاربرد ۸۰۰ کیلوگرم کود اوره (معادل ۳۶۸ کیلوگرم نیتروژن خالص) در هکتار، سبب افزایش معنی‌دار میزان عملکرد، درصد ماده خشک غده و محتوای کلروفیل برگ بوته‌های سیب-زمینی نسبت به شاهد و تیمار ۴۰۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار شده است. این در حالی است که درصد نیتروژن غده در این سطح کودی، تفاوت معنی‌داری با سطح دیگر (۴۰۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار) نداشته

REFERENCES

1. Abd El-Baky, M. M. H., Ahmed, A. A., El-Nemr, M. A. & Zaki, M. F. (2010). Effect of potassium fertilizer and foliar zinc application on yield and quality of sweet potato. *Research Journal of Agriculture and Biology Science*, 6, 386-394.
2. Agricultural Statistics. (2018). Deputy Ministeration of Economic Affairs of the Ministry of Jihad-e-Agriculture. Retrieved Feb 20, 2019, <http://www.maj.ir/>.
3. Ahmed, A., Abd El-Baky, M., Ghoname, A., Riad, G. & El-Abd, S. (2009). Potato tuber quality as affected by nitrogen form and rate. *Middle Eastern and Russian Journal of Plant Science and Biotechnology*, 3, 47-52.
4. Alloway, B. J. (2008). *Zinc in Soils and Crop Nutrition*. (2nd ed.). IZA and IFA Press.
5. Alloway, B. J. (2009). Soil factors associated with zinc deficiency in crops and humans. *Environmental Geochemistry and Health*, 31, 537-548.
6. AOAC: Association on Official Analytical Chemists. (2000). *Official methods of analysis*. (14th ed.). Washington DC, USA.
7. Atkinson, D., Geary, B., Stark, J., Love, S. & Windes, J. (2003). Potato varietal responses to nitrogen rate and timing. *Western Nutrient Management Conference*, 5, 149-155.
8. Aydnalp, C. & Marinova, S. (2005). Distribution and firms of heavy metals in some agricultural soils. *Polish Journal of Environmental Studies*, 12, 629-633.
9. Bagheri, H., Gharineh, M. H., Bakhshandeh, A., Tae, J., Mennatkesh, A. & Andarzian, B. (2014). Effect of drought stress and nitrogen on yield and some qualitative and physiologic traits of potato in Chaharmahalobakhtiari climate. *Crop Physiology Journal*, 6, 5-22.
10. Bahrapour, T. & Akhavan, K. (2015). The sampling of soil, water and plant and proper fertilizer recommendations. *Technical Manual*, Number 51.
11. Bartova, V., Barta, J., Divis, J., Svajners, J. & Peterka, J. (2009). Crude protein content in tubers of starch processing potato cultivars in dependence on different agro-ecological conditions. *Central European Agriculture Journal*, 10, 57-66.
12. Belanger, G., Walsh, J. R., Richards, J. E. & Milburn, P. H. (2002). Nitrogen fertilization and irrigation affects tuber characteristics of two potato cultivars. *American Journal of Potato Research*, 79, 269-279.
13. Bindi, M., Hacour, A., Vandermeiren, K., Craigon, J., Ojanpera, K., Sellden, G., Hogy, P., Finnan, J. & Fibbi, L. (2002). Chlorophyll concentration of potatoes grown under elevated carbon dioxide and ozone concentrations. *Agronomy Journal*, 17, 319-335.
14. Cakmak, I. & Hoffland, L. (2012). Zinc for the improvement of crop production and human health. *Plant and Soil*, 361, 1-2.
15. Canadian Food Inspection Agency. (2019). *Milva*. Retrieved Feb 20, 2019, from <http://www.inspection.gc.ca/eng/1297964599443/1297965645317>.
16. 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, 233-244. (In Persian).
17. 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.
18. Europlant Group. (2013). *Milva; varieties, competence & service*. Retrieved Feb 20, 2019, from <https://www.europlant.biz>
19. Food and Agricultural Organization. (2019). *FAOSTAT database for agriculture*. Retrieved Feb 20, 2019, from <http://faostat3.fao.org/faostatgateway/go/to/download/Q/QC>.
20. Hassegawa, R. H., Fonseca, H., Fancelli, A. L., Da Silva, V. N., Schammass, E. A., Reis, T. A. & Correa, B. (2008). Influence of macro and micro nutrient fertilization on fungal contamination and fumonisin production in corn grains. *Food Control*, 19, 36-43.
21. Jahirrodin, M. & Cresser, M. S. (1993a). Study of the effect of rhizosphere on the availability of N, P, Zn, Cu, Fe and Mn in soil. *Journal of the Indian Society of soil Science*, 41, 486-490.
22. Javanmardi, G. & Rasuli, F. (2017). Potato yield and tuber quality as affected by gibberellic acid and zinc sulphate. *Iran Agricultural Research*, 36, 7-12.
23. Khazaie, H. R. & Arshadi, M. J. (2008). Effect of nitrogen topdress fertilizer application on yield and quality of potato (Agria cv.) in Mashhad climate conditions. *Journal of Horticulture Science*, 22, 49-63. (In Persian).
24. Lang, N. S., Stevens, R. G., Pan, W. L. & Victory, S. (1999). Potato nutrient management for central Washington. *Washington State University Cooperative Extension*, EB1871.

25. Laurence, R. C. N., Armour, J. D., Shepherd, R. K., Loader, L. R. & Dwyer, M. J. (1985). Nitrogen fertilizer requirements of irrigated potatoes on the Atherton Tableland. *North Queensland. Australian Journal of Experimental Agriculture*, 25, 954-958.
26. Lin, S., Sattelmacher, B., Kutzmutz, E., Muhling, K. H. & Dittert, K. (2005). Influence of nitrogen nutrition on tuber quality of potato with special reference to the pathway of nitrate transport into tubers. *Journal of Plant Nutrition*, 27, 341-350.
27. Malakouti, M. J. & Lotfollahi, M. A. (2000). *The role of zinc on the improvement of the quality and yield of agricultural crops and the enhancement of people health*. (1st ed.). Agricultural Education Publisher. (In Persian).
28. Malakouti, M. J. (2004). *Fertility of dry land soils: Problems and Solutions*. (2nd ed.). Tarbiat Modarres University Press. (In Persian).
29. Malakouti, M. J. (2007). Zinc is a neglected element in the life cycle of plants. *Middle Eastern and Russian Journal of Plant Science and Biotechnology*, 1, 1-12.
30. Mohamadyan, M. & Tahmaseb Poor, B. (2010). In: *Proceedings of 5th National Congress on New Concepts in Agriculture*, 16-17 Feb., Khoorasgan Azad University, Khoorasgan, Iran, pp. 1-10. (In Persian).
31. Motalebi fard, R. (2017). Zinc and phosphorus effect on yield, nutrient absorption and zinc crop efficiency in potato. *Journal of water and soil*, 31, 886-899. (In Persian).
32. Movahedi Dehnavi, M. & Modares Sanavi, A. M. (2006). Effect of foliar application of Zn and Mn on yield and yield components of safflower cultivars of winter drought in Isfahan. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 13, 1-11. (In Persian).
33. Mousavi, S. R., Galavi, M. & Ahmadvand, G. (2007). Effect of zinc and manganese foliar application on yield, quality and enrichment on potato (*Solanum tuberosum* L.). *Asian Journal of Plant Science*, 6, 1256-1260. (In Persian).
34. Mousavi, M. (2011). *Weed management. Principles and methods*. Marz-e- danesh Press. (In Persian).
35. Panahi-Kordlagharaki, K., Mortazavibak, A., Pashnam, R. & Salehi, M. (2010). Response of two potato cultivar to zinc, manganese, manure and different irrigation regimes. In: *Proceedings of 5th National Congress on New Concepts in Agriculture*, 16-17 Feb., Khoorasgan Azad University, Khoorasgan, Iran, pp. 11-14. (In Persian).
36. Saeidi, M., Tobeh, A., Raei, Y., Roohi, A., Jamaati-e-Somarin, S. & Hassanzadeh, M. (2009). Evaluation of tuber size and nitrogen fertilizer on nitrogen uptake and nitrate accumulation in potato tuber. *Research Journal of Environmental Science*, 3, 278-284.
37. Salo-vaananen, P. P. & Koivistoinen, P. E. (1996). Determination of protein in foods: comparison of net protein and crude protein (N×6.25) values. *Food Chemistry*, 57, 27-31.
38. Sharma, U. C. & Arora, B. R. (1987). Effect of nitrogen, phosphorus and potassium application on yield of potato tubers (*Solanum tuberosum* L.). *The Journal of Agricultural Science*, 108, 321-329.
39. Simmonds, N. W. (1977). Relations between specific gravity, dry matter content and starch content of potatoes. *Potato Research*, 20, 137-140.
40. Singh, M., Kumar, A., Tripathi, S. K., Kumar, S. & Singh, A. K. (2018). Effect of foliar application of zinc and manganese on growth parameters and yield of potato (*Solanum tuberosum* L.). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7, 1390-1394.
41. Skandari, H. (2015). Evaluation of growth and tuber yield of potato (*Solanum tuberosum* L.) as affected by manure and zinc foliar application. *Research in Field Crops*, 3, 70-82. (In Persian).
42. Sparrow, L. A. & Chapman, K. S. R. (2003). Effects of nitrogen fertiliser on potato (*Solanum tuberosum* L., cv. Russet Burbank) in Tasmania. 1. Yield and quality. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 43, 631 – 641.
43. Suge, H., Takahashi, H., Arita, S. & Takaki, H. (1986). Gibberellin relationships in zinc- deficient. *Plant and Cell Physiology*, 27, 1005 -1012.
44. Tekalign, T. & Hammes, P. S. (2004). Response of potato growth under non-inductive condition to paclobutrazol: shoot growth, chlorophyll content, net Photosynthesis, assimilate partitioning, tuber yield, quality and dormancy. *Plant growth Regulation*, 43, 227-236.
45. Westermann, D. T. & Kleinkopf, G. E. (1985). Nitrogen requirements of potatoes. *Agronomy Journal*, 77, 616-621.
46. Westermann, D. T., Tindall, T. A., James, D. W. & Hurst R. L. (1994). Nitrogen and potassium fertilization of potatoes: yield and specific gravity. *American Potato Journal*, 71, 417-431.
47. Zebarth, B. J., Leclerc, Y., Moreau, G. & Botha, E. 2004. Rate and timing of nitrogen fertilization of Russet Burbank potato: Yield and processing quality. *Canadian Journal of Plant Science*, 84, 855-863.