مطالعه تأثیر محلول پاشی کودهای نانوذرات آهن ، منیزیم و تاریخ کاشت بر رشد و عملکرد سیب زمینی رقم سانته

امیر خدادادی کروکی[۱]، محمدرضا یاورزاده[۲*]، محمدمهدی اکبریان[۳]، علی‌اکبر عسکری[٤]

۱- دانش‌آموخته دکتری، گروه کشاورزی، واحد بم، دانشگاه آزاد اسلامی، بم، ایران.

۲ ، ۳ و ٤- استادیار، گروه کشاورزی، واحد بم، دانشگاه آزاد اسلامی، بم، ایران.

* ایمیل نویسنده مسئول: Dr.yavarzadeh@iaubam.ac.ir

(تاریخ دریافت: ۱٤۰۱/۰۱/۱۸- تاریخ پذیرش: ۱٤۰۱/۰۳/۳۰)

چکیده

با توجه به روند جمعیت رو به رشد جهان، تأمین نیازهای غذایی و دارویی از فرآورده‌های گیاهی بسیار حائز اهمیت است. توجه به اثرهای تاریخ کشت و منطقه کشت مناسب به منظور تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان جهت دستیابی به محصولات زراعی با عملکرد بالا و کیفیت مطلوب دارای اهمیت زیادی می‌باشد. از مهم‌ترین عوامل مؤثر در رشد و عملکرد سیب‌زمینی تغذیه و تعیین تاریخ کاشت مناسب با توجه به منطقه جغرافیایی می‌باشد این پژوهش به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزارع تحقیقاتی جهاد کشاورزی واقع در شهرستان‌های اسلام‌آباد و زهکلوت استان کرمان انجام شد. فاکتور اصلی تیمار کودی در مراحل گلدهی و پرشدن غده‌ها و فاکتور فرعی شامل دو تاریخ کشت (۵ و ۲۵ مهرماه) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر تیمار منطقه، تاریخ کشت و محلولپاشی بر غلظت کلروفیل a و کاروتنوئیدهای برگ معنی‌دار شد. در حالی که بر غلظت کلروفیل b معنی‌دار نگردید. تمام اثر دوجانبه بجز منطقه در تاریخ کاشت در کلروفیل a معنی‌دار ولی بر اثر سه جانبه بی‌معنی بود. بالاترین میزان جذب سدیم درتیمار شاهد، بیشترین pH غده، آهن و کلروفیلa در سیب زمینی محلول پاشی شده با تیمار ۲ درصد آهن همراه با کاربرد ۱ درصد منیزیوم بدست آمد که با تیمار محلول پاشی ۲ درصد آهن همراه با کاربرد ۲ درصد منیزیوم اختلاف معنی داری نداشت، همچنین بیشترین میزان کارتنوئید در سیب زمینی که با تیمار محلول پاشی ۱ درصد آهن همراه با کاربرد ۱ درصد منیزیوم محلول پاشی شده بود دیده شد.

واژه‌های کلیدی: ریز مغذی، سیب زمینی، تاریخ کشت

مقدمه

سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L) اقتصادی‌ترین گونه زراعی در بین ۸۵ جنس متعلق به تیره گوجه‌فرنگی (Solanaceae) است (Derosa, 2010). سطح زیر کشت جهانی این محصول در سال ۲۰۲۰ حدود ۲۰/۳ میلیون هکتار و تولید سالانه آن نزدیک به ۳۵۹/۰۷ میلیون تن بوده است (FAOSTAT, 2020). این محصول علاوه بر تأمین انرژی و کیفیت خوب پروتئین، به عنوان منبع ویتامین ث و مواد معدنی نیز مطرح می‌باشد(Derosa, 2010). افزایش عملکرد سیب زمینی به‌عنوان یک

محصول با ارزش از لحاظ غذایی ضروری می‌باشد. بهبود تولید و افزایش ارزش غذایی سیب زمینی در درجه‌ی اول از طریق بهبود شرایط خاک حاصل می‌شود. حاصلخیزی خاک به منظور تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان جهت دستیابی به محصولات زراعی با عملکرد بالا و کیفیت مطلوب دارای اهمیت زیادی می‌باشد (Rezaei & Malakouti, 2001). استفاده از فناوری نانو در کلیه عرصه ها از جمله کشاورزی در حال گسترش می باشد. کاربرد نانو کودهابه عنوان جایگزین کودهای مرسوم، عناصر غذایی به تدریج و به صورت کنترل شده در خاک آزاد می شود (Nadri & daneshe shahraki, 2013).

تاریخ کاشت سیب زمینی نیز از اهمیت ویژه‌ای برای بهبود تولید برخودار است. در تعیین تاریخ کشت مناسب سیب‌زمینی بایستی دقت دو چندان شود چرا که این گیاه بایستی موقعی کشت شود که قبل از فراهم شدن طول روز مناسب در مرحله گلدهی، رشد رویشی حداکثر را کسب کرده باشد و گیاه با حداکثر توان رویشی وارد مرحله زایشی شود، که نهایتاً این امر سبب افزایش عملکرد و بهبود کیفیت غده خواهد شد (Ahmad *et al.*, 2000). استفاده از فناوری نانو در کلیه عرصه ها از جمله کشاورزی در حال گسترش می باشد. کاربرد نانو کودهابه عنوان جایگزین کودهای مرسوم، عناصر غذایی به تدریج و به صورت کنترل شده در خاک آزاد می شود (Chinnamuthu & Boopathi, 2014) هستند. کودهایی که به صورت محلول پاشی بر اندام هوایی به کار می‌روند، عموماً به منظور فراهم نمودن سریع عناصر غذایی برای گیاه مورد استفاده قرار می-گیرند. نانو کودها در این شرایط به دلیل برخورداری از راندمان بالاتر جذب عناصر نسبت به کودهای مرسوم، مؤثرتر هستند. محلول پاشی آهن و منیزیم روی شاخ و برگ گیاهان از طریق تأثیر بر کلروفیل و فتوسنتز گیاه منجر به افزایش عملکرد می‌شود. از طرف دیگر (Barghi *et al.*, 2016) گزارش کردند که هر گونه تأخیر در کاشت سیب‌زمینی به خصوص در نواحی با فصل رشد محدود موجب کاهش فصل رشد و برخورد گیاه با حرارت‌های نامناسب در اواخر دوره رشد خواهد شد، که متعاقباً باعث کاهش قابل توجه صفات رشد و عملکرد خواهد شد. هدف از پژوهش حاضر بررسی تأثیر تاریخ کاشت و محلول پاشی بر رشد و عملکرد سیب زمینی می‌باشد (Barghi *et al.*, 2016).

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار به صورت آزمایش مزرعه‌ای در مراکز تحقیقاتی واقع در شهرستان‌های اسلام‌آباد و زهکلوت استان کرمان در سال ۱۳۹۷ انجام شد (جدول ۱).

.

جدول ۱. مشخصات جغرافیایی مزارع تحقیقاتی

منطقه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا (متر)	میانگین دما (سانتی‌گراد)	میزان بارندگی (میلی-متر)
اسلام آباد	۵۱"۱٤"۲۷	٥٦"۳٥"٥٦	۲۰٥٤	۲٥,٥	۱٥۰,۷
زهکلوت	۲۷"٤۷"۲۷	٥۸"۳٥"۳٤	۳۸٦	۲۸,۲	۱٤۰,۲

فاکتور اصلی شامل محلول پاشی و فاکتور فرعی شامل تاریخ کشت ۵ و ۲۵ مهر ماه، مورد بررسی قرار گرفت. کرت اصلی تاریخ کاشت مختلف در دو سطح (۵ و ۲۵ مهر ماه) و کرت فرعی شامل محلولپاشی سطوح مختلف نانو اکسید آهن ۹ درصد EDTA و منیزیوم ٦ درصد از شرکت خضرا شامل(شاهد، یک درصد آهن، دو درصد آهن، یک درصد منیزیوم، دو درصد منیزیوم، یک درصد آهن× یک درصد منیزیوم، یک درصد آهن× دو درصد منیزیوم، دو درصد آهن× یک درصد منیزیوم و دو درصد آهن× دو درصد منیزیوم) بود. جهت کاشت از غده های تقریبا هم اندازه و جوانه دار استفاده گردید. پس از کاشت عملیات داشت شامل آبیاری، وجین، خاک دهی پای بوته، مبارزه با آفات به طور منظمی صورت پذیرفت. عملیات کاشت در تاریخ های ۵ و ۲۵ مهر ماه انجام شد و در تاریخ۵ اذرما و۲۵ آذر ماه، ۱۵ آذر ماه ۵ دی ماه و ۲۵ ماه اذرماه و ۱۵دی ماه به ترتیب اولین، دومین و سومین مرحله اعمال کود نانواکسید آهن و منیزیوم اعمال شد. در پایان فصل رشد از هر کرت ۲ ردیف وسطی جهت نمونه برداری انتخاب گردید و از هر دو انتهای هر کدام از این ردیف ها به اندازه نیم متر به عنوان حاشیه در نظر گرفته شد و نتایج حاصل به کل هکتار تعمیم داده شد.وجین علف‌های هرز در دو مرحله به صورت دستی، و آبیاری مزرعه بر اساس نیاز گیاه هر پنج روز یکبار انجام شد. به منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، قبل از کاشت از سه نقطه در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر نمونه‌برداری بعمل آمد. نمونه‌ها با هم ترکیب و نمونه حاصل به آزمایشگاه منتقل و مورد تجزیه قرار گرفت (جدول ۲). زمین مورد نظر به روش عمیق شخم زده شد و فاصله خطوط کشت ۷۵ سانتی متر و فاصله دو بوته ۲۵ سانتی متر و عمق کاشت ۱۵-۱۲ سانتی‌متر در نظر گرفته شد.

جدول ۲- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی نمونه خاک مزارع تحقیقاتی

منطقه کشت	هدایت الکتریکی ($ds.m^{-1}$)	pH	ویژگی نمونه خاک (٪)			بافت خاک	ماده آلی (٪)	درصد	عناصر تشکیل دهنده (ppm)				
			لای	رس	شن			نیتروژن	فسفر	پتاسیم	آهن	منیزیوم
زهکلوت	۱/۸	۷/۷	۲۹	۳۳	۳۸	لوم شنی	۰/۵۹	۰/۰٦	۱۲	۱۳۵	۲/٦	۳/۲
اسلام آباد	۱/۸	۷/۹	۳۳	۲۸	۳۹	لوم شنی	۰/۵٦	۰/۰٦	۱۳	۱٤۰	۲/۲	۳/۱

به منظور اندازه‌گیری غلظت کلروفیل‌های a، b، و کارتنوئید در مرحله گلدهی از جوانترین برگ‌های کامل توسعه یافته نمونه‌هایی تهیه و در ظروف در بسته سرد به آزمایشگاه منتقل شدند. از قسمت وسط پهنک هر برگ دیسک‌هایی به قطر ۵ میلی متر تهیه و پس از توزین دقیق با ترازو (با دقت ۰/۰۰۱ گرم) و عصاره‌گیری با استون ۸۰ درصد، غلظت کلروفیل a، b و کارتنوئید با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج‌های ٦٦۳ نانومتر برای کلروفیل a، 645

نانومتر برای کلروفیل b و ٤٧٠ نانومتر برای کارتنوئید (کاروتن و گزانتوفیل) اندازه گیری شد (Marschner *et al.*, 1995). جهت محاسبه غلظت کلروفیل‌های a، b و کارتنوئید (بر حسب میلی گرم بر گرم برگ تازه) از روابط زیر استفاده شد (A: قرائت در طول موج مورد نظر):

Chlorophyll a =12.25 A663 – 2.79 A645
Chlorophyll b = 21.5 A645 – 5.1 A663
Carotenoides = (1000A470 – 1.82 chl a- 85.25 chl b)/198

جهت اندازه‌گیری پتاسیم و سدیم غده‌ها از روش خاکسترگیری خشک استفاده شد. برای این منظور، ابتدا غده‌ها به قطعات کوچک تقسیم و در آون با دمای ۵۵ درجه سانتیگراد قرار داده شد تا خشک شوند، سپس نمونه‌ها کاملاً پودر شد و دو گرم از پودر نمونه‌ها درون بوته‌ی چینی ریخته‌شد و در کوره‌ی الکتریکی در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد سوزانده شدند. بعد از آن ده میلی‌لیتر اسید کلریدریک دو دهم نرمال به نمونه‌ها اضافه و برای مدت ده دقیقه در حمام بن‌ماری صد درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. آنگاه با استفاده از کاغذ صافی واتمن شماره دو، نمونه‌ها صاف و با آب مقطر به حجم صد میلی‌لیتر رسانده شدند. سپس عصاره‌ی حاصل به نسبت ۱ به ۱۰ با آب مقطر رقیق شد و غلظت پتاسیم و سدیم نمونه‌ها با دستگاه فلیم فتومتر بر حسب ppm قرائت شد و سپس با توجه به منحنی استاندارد، به درصد تبدیل شد (Mazaherinia *et al.*, 2010).

برای اندازه‌گیری میزان آهن، ۲ گرم از هرکدام از نمونه‌های برگ و غده را توزین شده و در ۸ میلی لیتر از H_2SO_4 (۳ مولار) خوب حل شده و به حجم ۲۰ میلی لیتر رسانده شد و بعد از آن ۲/۵ میلی لیتر برداشته و در دو لوله آزمایش ریخته و بعد مواد زیر به صورت مرحله به مرحله اضافه شده و خوب بهم زده شد. ۰/۵ میلی لیتر از NH_2OHHCL (۱۰ درصد)، ۵ میلی لیتر از محلول فنانترولین (۰/۲۵ درصد) و ۲ میلی‌لیتر از محلول سدیم استات (۱۰ درصد) اضافه شد و در نهایت به حجم ۲۵ میلی‌لیتر رسانده شد. بعد از اضافه کردن فنانترولین، ورتکس شد تا به خوبی مخلوط شود. بعد از تهیه نمونه‌ها سوپرناتانت آن‌ها در دستگاه اسپکتروفتومتری قرار گرفت تا میزان جذب آنها را بدست آید. بعد از بدست آمدن معادله، میزان‌های جذب در معادله قرار گرفت تا میلی‌گرم آهن بدست آید (Zafari, 2012). نمونه‌های غده ابتدا رنده شده و به میزان سه برابر به پالپ، آب افزوده شد و به وسیله‌ی پارچه‌ی توری صاف شدند. پس از دو فاز شدن، محلول حاصل، توسط کاغذ صافی و قیف بوخنر صاف و نشاسته به دست آمده در دمای ۳۰ درجه سانتیگراد خشک و میزان نشاسته درصد گرم نمونه محاسبه شد (Yaghbani & Mohammadzadeh, 2008). تجزیه و تحلیل داه‌ها با استفاده از نرم افزار SAS (نسخه ۹/۳)، مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده ازآزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد و رسم نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel انجام گرفت.

نتایج وبحث

اندازه‌گیری غلظت رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a، b و کاروتنوئیدها)

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر تیمار منطقه، تاریخ کشت و محلولپاشی بر غلظت کلروفیل a و کاروتنوئیدهای برگ معنی‌دار شد. در حالی که بر غلظت کلروفیل b معنی‌دار نگردید. تمام اثر دوجانبه بجز منطقه در تاریخ کاشت در کلروفیل a معنی‌دار

بود ولی بر اثر سه جانبه بی معنی بود. بیشترین غلظت کلروفیل a (۳٤/۱ میلی‌گرم بر گرم برگ تازه) در تیمار محلولپاشی ۱ درصد نانو ذرات آهن همراه با ۲ درصد نانو ذرات منیزیوم حاصل شد.

آهن در فتوسنتز و سنتز پروتئین دخالت داشته و همچنین در فتوسیستم I و II و کمپلکس b/f دخالت دارد (Lichtenthaler, 1994). با توجه به اینکه عنصر آهن در ساختار کلروفیل نقش مستقیمی ندارد اما وجود آهن کافی سبب بهبود کلروفیل سازی در گیاه می‌شود و وضعیت کلروفیل گیاه می‌تواند در میزان فتوسنتز تأثیر گذار باشد. مهم‌ترین نقش آهن در بیوسنتز کلروفیل کنترل تشکیل گاما –آمینولوولینیک اسید بعنوان پیش ساز مشترک بیوسنتز کلروفیل و گروه هم می‌باشد. علاوه بر این یون پروتوپورفیرین – Mg آهن برای تشکیل پروتوکلروفیلیداز در مسیر سنتز کلروفیل ضروری است (Lichtenthaler, 1994).

با توجه به نقش آهن و منیزیم در فرآیندهای مختلف متابولیکی گیاهی، از جمله افزایش کلروفیل، فتوسنتز و در نهایت افزایش عملکرد محصولات زراعی، اینگونه استنباط می‌شود که استفاده از این دو عنصر به شکل محلولپاشی نانو ذرات اکسیدی میتواند موجب کارآیی بهتر و مؤثرتر این عناصر و نیز کاهش آلودگی‌های زیست محیطی از طریق استفاده کمتر از کودها گردد و در نهایت از لحاظ اقتصاد کشاورزی مقرون به صرفه باشد

جدول ۳- تجزیه واریانس عناصر سیب زمینی رقم "سانته" متاثر از تیمارهای آزمایشی

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		آهن	کلروفیل a	کلروفیل b	pH غده	نشاسته ی غده ها	کارتنوئید	سدیم
منطقه	۱	٤۱/٤٦*	۲۳٤/۹**	۰/۷۸^{ns}	۸/۱٦**	۰/۱^{ns}	۱۷٦/٥**	٥۲/۰۸^{ns}
تکرار× منطقه	٤	٥۲/۱۳*	۲۷۰/٦**	٤/۱٦^{ns}	٥/٦٦**	۷/۸۹	۳۰۰/٥**	۳٤۸۱/۲**
تاریخ کشت	۱	۱/٤۳^{ns}	۲۹/۱٤*	۰/۸۲^{ns}	۰/۱٦*	۰/۰۳^{ns}	٤۷/۹*	٤٦٥٤/۰٥**
منطقه × تاریخ کشت	۱	**۰/۲۹٤^{ns}**	۰/۲٦^{ns}	۱/۰٤^{ns}	۰/۰۲^{ns}	۱٥/٥^{ns}	۰/٥۲^{ns}	۱۸۰۰/٦**
خطای اصلی	٤	۳/۳٦	۲/۱۷	۲٤/۰۳	۰/۰۱	۱۱/۳۷	٦/۷۹	۱۷۱/٦
محلولپاشی	۸	**۸۳/٦۳****	۲۲۱/۳**	٦/۷۳^{ns}	۱/۹٥**	۲۲/۳٥^{ns}	۲٤٦/۸**	۸٥٥/۱**
منطقه× محلولپاشی	۸	۲/۱^{ns}	۱۱/۳٦*	۳/٤۷^{ns}	۰/۰۹^{ns}	۲/۱۹^{ns}	۹/۱۹^{ns}	۲۹۸/۷^{ns}
تاریخ کشت × محلولپاشی	۸	۷/۲٥^{ns}	۱٥/۲٤**	۳/٤٥^{ns}	۰/۱۱^{ns}	٤/۲۳^{ns}	۱۳/٦۸^{ns}	۱٥۷/٥^{ns}
منطقه × تاریخ کشت × محلولپاشی	۸	۳/۳۱^{ns}	۷/۰۹^{ns}	٥/٤۸^{ns}	۰/۰۹^{ns}	۳/٥۸^{ns}	٦/۱^{ns}	۱٥۷/۲^{ns}
خطای فرعی	٦٤	٥/۹	٥/۰۸	٤/٥	۰/۰۸	٦/٤	۸/۸٤	۲۸۸/٤
ضریب تغییرات (درصد)	–	۷/۸۲	۲۱/٦		۷/۲٦	۱٥/٥٤		

جدول ٤- مقایسه میانگین اثرات متقابل محلول پاشی و تاریخ کاشت تیمارهای آزمایشی بر صفت کلروفیل سیب زمینی

تیمارها		کلروفیل a
شاهد	۵ مهر	**۲۵/٦e**
۱ درصد آهن	۵ مهر	**۲۷/٦d**
۲ درصد آهن	۵ مهر	**۲۹/۷c**
۱ درصد منیزیوم	۵ مهر	**۲۵/۷e**
۲ درصد منیزیوم	۵ مهر	**۳۱c**
۱ درصد آهن × ۱ درصد منیزیوم	۵ مهر	**۳٤b**
۱ درصد آهن× ۲ درصد منیزیوم	۵ مهر	**۳۸a**
۲ درصد آهن× ۱ درصد منیزیوم	۵ مهر	**۳۵b**
۲ درصد آهن× ۲ درصد منیزیوم	۵ مهر	**۳۷a**
شاهد	۲۵ مهر	**۲۳f**
۱ درصد آهن	۲۵ مهر	**۲۸d**
۲ درصد آهن	۲۵ مهر	**۲۸d**
۱ درصد منیزیوم	۲۵ مهر	**۲۵e**
۲ درصد منیزیوم	۲۵ مهر	**۲۷d**
۱ درصد آهن× ۱ درصد منیزیوم	۲۵ مهر	**۳۰c**
۱ درصد آهن× ۲ درصد منیزیوم	۲۵ مهر	**۳۷a**
۲ درصد آهن× ۱ درصد منیزیوم	۲۵ مهر	**۳۳b**
۲ درصد آهن× ۲ درصد منیزیوم	۲۵ مهر	**۳۵b**

جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات متقابل محلول پاشی و منطقه تیمارهای آزمایشی بر صفت کلروفیل سیب زمینی رقم "سانته"

تیمارها		کلروفیل a
شاهد	زهکلوت	۲۵/۲g
۱ درصد آهن	زهکلوت	۲۹/۱e
۲ درصد آهن	زهکلوت	۲۹/۷e
۱ درصد منیزیوم	زهکلوت	۲۵/٦g
۲ درصد منیزیوم	زهکلوت	۳۱d
۱ درصد آهن× ۱ درصد منیزیوم	زهکلوت	۳۵b
۱ درصد آهن× ۲ درصد منیزیوم	زهکلوت	۳۸a
۲ درصد آهن× ۱ درصد منیزیوم	زهکلوت	۳۵b
۲ درصد آهن× ۲ درصد منیزیوم	زهکلوت	۳۷a
شاهد	اسلام آباد	۲۱/۲j
۱ درصد آهن	اسلام آباد	۲۳/۲h
۲ درصد آهن	اسلام آباد	۲۸/۱e
۱ درصد منیزیوم	اسلام آباد	۲۲/۱h
۲ درصد منیزیوم	اسلام آباد	۲۵/۱g
۱ درصد آهن× ۱ درصد منیزیوم	اسلام آباد	۳۱/۱d
۱ درصد آهن× ۲ درصد منیزیوم	اسلام آباد	۳۳/۱c
۲ درصد آهن× ۱ درصد منیزیوم	اسلام آباد	۲۹/۱e
۲ درصد آهن× ۲ درصد منیزیوم	اسلام آباد	۳۱/۲d

جدول ٦- مقایسه میانگین اثرات اصلی تیمارهای آزمایشی بر صفت کاروتنوئید رنگیزه‌های فتوسنتزی سیب زمینی رقم "سانته"

تیمارها	کارتنوئید (میلی‌گرم بر گرم برگ تازه)
منطقه	
زهکلوت	۲۰/٤ a
اسلام آباد	۱۷/۸۵ b
تاریخ کشت	
۵ مهر	۱۹/۷۹ a
۲۵ مهر	۱۸/٤٦ a
محلولپاشی	
شاهد	۱۳/٤۲ d
۱ درصد آهن	۱۵ d
۲ درصد آهن	۱۷/٦٤ c
۱ درصد منیزیوم	۱٤/۵ d
۲ درصد منیزیوم	۱۷/۸٦ c
۱ درصد آهن× ۱ درصد منیزیوم	۲۰/۸۵ b
۱ درصد آهن× ۲ درصد منیزیوم	۲٦/٤۷ a
۲ درصد آهن× ۱ درصد منیزیوم	۲۳/۱٦ b
۲ درصد آهن× ۲ درصد منیزیوم	۲۳/۲ b

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تیمارهای ساده تاریخ کاشت و محلول پاشی و اثر متقابل منطقه در تاریخ کاشت بر سدیم جذب شده غده‌ها در سطح احتمال آماری یک درصد معنی‌دار گردید، با توجه به اینکه خاک محل آزمایش دارای pH بالایی بود و در چنین وضعیتی گیاه از نظر عناصر غذایی در تعادل نمی‌باشد و کمبود عناصر ضروری نظیر آهن مشاهده می‌شود (Rezaei & Soltani, 1996). به‌نظر می‌رسد گیاهان تیمار شده با نانواکسیدآهن وضعیت تغذیه‌ای متعادلی داشته‌اند و این امر سبب بهبود سیستم فتوسنتزی گیاه شده که نتیجه آن تولید انرژی بیشتر می‌باشد و از این طریق غلظت عناصری مانند پتاسیم را که به صورت فعال و با صرف انرژی جذب گیاه می‌شوند را افزایش داده است، چون در جذب پتاسیم و سدیم در گیاه حالت رقابتی وجود دارد .بنابراین با مهیا بودن انرژی کافی در گیاه جذب پتاسیم افزایش یافته که این امر موجب کاهش عنصر سدیم جذب شده در غده گردیده است. (Vattani et al., 2012)گزارش دادند که کاربرد نانوکودهای کلات آهن در گیاهان اسفناج با افزایش جذب پتاسیم و کاهش سدیم منجر به کاهش سدیم و پتاسیم برگ و افزایش مقاومت به شوری می‌شود (Vatani *et al.*, 2012).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی تیمار محلولپاشی و منطقه بر آهن جذب شده غده‌ها معنی‌دار شد. در حالی که اثر تاریخ کشت و اثر دو جانبه سه جانبه تیمارهای آزمایشی بر این صفت معنی دار نگردید.

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین مقدار آهن جذب شده غده‌ها (۳۷/۰۳ میلی گرم بر کیلوگرم) در تیمار محلولپاشی ۲ درصد نانو ذرات آهن همراه + ۱ درصد منیزیوم حاصل شد و کمترین درصد آهن جذب شده غده‌ها (۲۹/۳۸ میلی گرم بر کیلوگرم) در تیمار شاهد حاصل شد.

(Mazaherinia *et al.*, 2010) طی بررسی که روی کارآیی نانواکسید و اکسید آهن معمولی روی غلظت Fe، Zn، Cu و Mn روی گیاه گندم داشتند، گزارش کردند که افزایش پودر نانواکسید آهن نسبت به اکسید آهن معمولی در افزایش غلظت Fe در گیاه به طور معنی‌داری تأثیر برتری داشت، که احتمالاً به علت ویژگی‌های ذرات نانو بوده است. همچنین انواع اکسید آهن تاثیرات معنی‌داری در غلظت‌های Zn، Cu و Mn در گیاه داشت که نشان داد افزایش نانواکسید آهن غلظت‌های این سه عنصر را در گیاه نسبت به تیمار اکسید آهن بیشتر افزایش داد.

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تیمارهای آزمایشی بر نشاسته غده‌ها معنی داد نگردید. نشاسته ترکیب اصلی و مهم سیب زمینی می‌باشد که ۱۷ تا ۲۱ درصد از وزن تازه سیب زمینی و حدود ۸۰ درصد ماده خشک آن را تشکیل می‌دهد (Yaghbani, M. & Mohammadzadeh, 2008).

(Ahmad *et al.*, 2000)گزارش کردند که افزایش محلول $FeSO_4$ ۲ درصد به تنهایی یا در ترکیب با $MnSO_4$ ٤ درصد، غلظت کربوهیدرات در غده‌ها را در مقایسه با تیمار شاهد به‌طور معنی‌دار کاهش داد. درصد رطوبت سیب زمینی هم با افزایش کود آهن به بذر افزایش معنی‌داری نشان داد (Ahmad *et al.*, 2000).

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر اصلی منطقه، تاریخ کاشت و محلولپاشی بر pH غده‌ها در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد، در حالی که اثر اثرات دو جانبه و سه جانبه تیمارهای آزمایشی بر این صفت معنی دار نگردید.

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین pH غده (٤/۷۲) در تیمار محلولپاشی ۲ درصد نانو ذرات آهن + ۲ درصد نانو ذرات منیزیوم حاصل شد و کمترین pH غده (۳/٤۸) در تیمار شاهد مشاهده گردید.

جدول ۷- مقایسه میانگین اثرات اصلی تیمارهای آزمایشی برpH و عناصر سیب زمینی رقم "سانته"

تیمارها	pH غده	سدیم(درصد)	آهن (میلی گرم بر کیلوگرم وزن تازه)
منطقه			
زهکلوت	٤/٣٩ a		٢٤/٧٥ a
اسلام آباد	٣/٨٤ b		٢٣/٥٢ b
تارخ کشت			
٥ مهر	٤/١٥ a	b١٦٤/١٦٧	
٢٥ مهر	٣/٧٧ b	١٧٧/٢٩٦a	
محلولپاشی			
شاهد	٣/٤٨ g	١٨٥/٣٣٣a	٢٩/٣٨ c
١ درصد آهن	٣/٨٣ ef	١٧٧/٦٦٧b	٣٢/٨ b
٢ درصد آهن	٤/٠٦ d e	١٦١/٧٥٠e	٣٢/٦b
١ درصد منیزیوم	٣/٦٩ fg	١٦٨/٤١٧ d	٣٢/١٨ b
٢ درصد منیزیوم	٤/٤٣ bc	١٧٤/٧٥٠c	٣٢/٢٤ b
١ درصد آهن× ١ درصد منیزیوم	٤/٢١ cd	١٧٠/١٦٧d	٣٣/٧١ b
١ درصد آهن× ٢ درصد منیزیوم	٤/٠٧ d e	١٧٥/٥٨٣c	٣٢/٦ b
٢ درصد آهن× ١ درصد منیزیوم	٤/٥٢ ab	١٦٣/٨٣٣e	٣٧/٠٣a
٢ درصد آهن× ٢ درصد منیزیوم	٤/٧٢ a	١٥٩/٨٣f	٣٦/٨٩ a

نتیجه‌گیری

- میزان درصد آهن، کلروفیلa، pH غده و کاروتنویئد درسیب زمینی برداشت شده منطقه زهکلوت بیشتر از اسلام آباد بود

- میزان کلروفیلa، pH غده، کاروتنویئد، سدیم درسیب زمینی برداشت شده در تاریخ کاشت ۵ مهر بیشتر از ۲۵ مهر بود.

- بیشترین میزان سدیم درسیب زمینی برداشت شده در منطقه زهکلوت در تاریخ کاشت ۵ مهر به دست آمد.

– بیشترین میزان کلروفیل a در سیب زمینی کشت شده در تاریخ کاشت ۵ مهر با محلول پاشی ۲ درصد آهن همراه با کاربرد ۲ درصد منیزیوم دیده شد که با تیمار محلول پاشی۲ درصد آهن همراه با کاربرد۲ درصد منیزیوم در همان تاریخ کاشت ختلاف معنی داری نداشت.

–بیشترین میزان کلروفیل a در سیب زمینی کشت شده درمنطقه زهکلوت با تیمار محلول پاشی ۲ درصد آهن همراه با کاربرد ۲ درصد منیزیوم دیده شد که با تیمار محلول پاشی۲ درصد آهن همراه با کاربرد۲ درصد منیزیوم در منطقه زهکلوت اختلاف معنی داری نداشت.

–بالاترین میزان جذب سدیم درتیمار شاهد، بیشترین pH غده، آهن و کلروفیلa در سیب زمینی محلول پاشی شده با تیمار ۲ درصد آهن همراه با کاربرد ۱ درصد منیزیوم بدست آمد که با تیمار محلول پاشی ۲ درصد آهن همراه با کاربرد ۲ درصد منیزیوم اختلاف معنی داری نداشت ، همچنین بیشترین میزان کارتنوئید در سیب زمینی که با تیمار محلول پاشی ۱ درصد آهن همراه با کاربرد ۱ درصد منیزیوم محلول پاشی شده بود دیده شد.

REFRENCES

Ghodsi, A., Astaraei, A., Emami, H. and Mirzapour, M. H. 2011, The effect of iron oxide nanoparticles and sulfur granular municipal waste compost on the concentration of trace elements in saline soil. *Twelfth Iranian Soil Science Congress. Tabriz*, 12-14 September. (In Farsi)

Yaghbani, M. and Mohammadzadeh, J. 2008. A review of physicochemical properties and starch application potential of some potato cultivars in Golestan province. *Electronic Journal of Agriculture and Natural Resources Golestan.* 1(11): 69-79 .(In Farsi)

Ahmad, N., Avais, M. A., Saqib, M., Bhatti, K. M. and Anwar, S. A. 2000. Response of potato (solanum tuberosum) to SEEb and foliar application of iron and manganese. *Pakistan Journal of Agriculture Science*. 37(3-4): 158-160.

Barghi, A., Golipoori, A., Tobeh, A., Jahanbakhsh, S. and Jamaati Somarin, S. 2016. Effect of iron nano oxide concentration and application time on tuber yield and quality of potato. *Plant Ecophysiology*. 28: 145-155. (In Farsi).

Baruah, S., and Dutta J. 2014. Nanotechnology applications in Sensing and Pollution Degradation in Agriculture. *Environmental Chemistry Letters*. 7(3): 191-204.

Burgos, G., Auqui, S., Amoros, W., Salas, E. and Bonierbale, M. 2009. Ascorbic acid concentration of native Andean potato varieties as affected by environment, cooking and storage. *Journal of Food Compositions and Analysis*. 22: 533-538.

DeRosa, M. C., Monreal, C., Schnitzer, M., Walsh, R. and Sultan Y. 2010. Nanotechnology in fertilizers. *Nature Nanotechnology*, 5(91): 414-419.

FAOST4AT. 2019. Available online: http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC (accessed on 28 November 2019).

Ghafari, S., Poorusef, M. and Hassanzadeh A. 2010. Biofertilizers and their impact on reducing the use of chemical fertilizers and environmental protection. National Conference on Biodiversity and its Impact on Agriculture and the Environment. Urmia. 1241. (In Farsi)

Lichtenthaler, H. K. 1994. Chlorophylls and carotenoids pigments of photosynthetic. Biol Membrance. *Methods in enzymology*. 148: 350-382.

Marschner, H., Romheld, V. and Kissel, M. 1995. Different strategis in higher plants in mobilization and uptake of iron. *J. Plant. nutr*. 9: 695-713.

Mazaherinia, S., Astaraei, A. R., Fotovat, A. and Monshi, A. 2010. Nano iron oxide particles efficiency on Fe, Mn, Zn and Cu concentrations in wheat plant. *World Applied Sciences Journal.*

Rayan, J. R., Estefan, G. and Rashid, A. 2001. *Soil and plant analysis laboratory manual*, (2nd edition). ICARDA, Syria. Pp: 231.

Rezaei A., and A. Soltani. 1996. Potato cultivation. *Jihad Publisher*. P. 168. (In Farsi)

Rezaei, H. and Malakouti, M. J. 2001 Critical levels of iron, zinc and boron for cotton in varamin rigion. *Journal Agriculture Science Technolgy*. 3: 147-153.

Singh, A.L., and Dayal, D. 1992. Foliar application of iron for recovering groundnut plants from lime induced iron deficiency chlorosis and accompanying losses in yields. *Journal of Plant Nutrition*. 15: 1421-1433.

Vattani, H., Keshavarz, N. and Baghaei, N. 2012. Effect of sprayed Soluble different levels of iron chelate Nano fertilizer on nutrient uptake efficiency in two varieties of spinach (Varamin 88 and Virofly*). International Research Journal of Applied and Basic Sciences*. 3(3): 2651-2656.

Zafari, M. 2012. The effect of mycorrhiza on drought resistance in alfalfa. Master Thesis of Mohaghegh Ardabili University. (In Farsi)

Sustainable Agricultural Science Research /Vol. 2/No. 1/Spring 2022/P: 19-30

https://www.sarj.iauk.ac.ir

A Study on the Effect of Nano-Fertilizer Foliar and Cultivation Date on Growth and Yield of Potato Santeh Cultivar

Amir Khodadadi Karkoki[1], Mohammadreza Yavarzadeh[2*], Mohammadmehdi Akbariyan[3], Aliakbar Askari[4]

[1] Ph.D. Candidate, Faculty of Agriculture, Bam Branch, Islamic Azad University, Iran
[2,3,4] Assistant professor, Faculty of Agriculture, Bam Branch, Islamic Azad University, Iran
* Corresponding Author's Email: Dr.yavarzadeh@iaubam.ac.ir
(Received: April. 7, 2022– Accepted: June. 20, 2022)

ABSTRACT

Given the growing population of the world, meeting the nutritional and medicinal needs of plant products is very important. It is very important to pay attention to the effects of cultivation date and suitable cultivation area in order to provide the nutrients needed by plants to achieve high yield and desired quality crops. One of the most important factors in the growth and yield of potatoes is nutrition and determining the appropriate planting date according to the geographical area, which is one of the main objectives of the present study. The research was conducted as a split plot in the form of a randomized complete block design with three replications in Jihad Keshavarzi research farms located in Islamabad, Zahkloot and Kerman provinces. The main factor of geographical areas in the stages of flowering and tuber filling and the sub-factor including two planting dates (October 5 and 25) were examined. The results showed that the results of analysis of variance showed that the effect of area treatment, culture date and foliar application on the concentration of chlorophyll an and leaf carotenoids was significant. While it was not significant on chlorophyll b concentration. All bilateral effects except region on planting date were significant in chlorophyll a but not significant on tripartite effect. The highest concentration of chlorophyll a (34.1 mg / g fresh leaf) was obtained in foliar application of 1% iron nanoparticles with 2% magnesium nanoparticles

Keywords: Micronutrient, Planting date, Potato