نشریه علمی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد هفدهم، شماره ۳(۶۷)، پاییز ۱۴۰۲، صفحه ۳۸۸-۳۷۱

مقاله پژوهشی DOI:

کاربرد تلفیقی کودهای زیستی، آلی و شیمیایی بر پاسخ‌های رشد و کیفیت چند رقم سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum*) در شمال استان خوزستان

منصور تیمار[۱و۲]، شهرام لک[۳*]، علیرضا شکوه فر[۲]، ناصر ظریفی نیا[۳] و مجتبی علوی فاضل[۴]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۲/۱۴ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۵/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۶/۱۸

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر مدیریت تغذیه رقم‌های مختلف سیب‌زمینی بر عملکرد کمی و کیفی و مقدار عناصر غذایی غده سیب‌زمینی آزمایشی در مرکز تحقیقات کشاورزی صفی‌آباد دزفول به‌صورت اسپلیت‌پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در طی دو سال زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۵ انجام شد. تیمارهای مورد بررسی عبارت بودند از تغذیه در سه سطح (تغذیه با کودهای شیمیایی اوره، سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم (به ترتیب ۱۸۰، ۱۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار)، تغذیه با کود آلی هیومیک اسید و کود بیولوژیکی فسفر بارور۲ (به‌ترتیب ۱ کیلوگرم و ۱۰۰ گرم در هکتار) و تیمار تغذیه تلفیقی با کودهای شیمیایی+هیومیک اسید+فسفر بارور ۲، در کرت‌های اصلی و رقم‌های سیب‌زمینی (سانته، آرینداو ساوالان) در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. تیمارهای تغذیه با کود شیمیایی درصد ماده خشک بالاتری از سایر تیمارها داشتند و تیمار تغذیه با کود شیمیایی+هیومیک اسید+فسفر بارور ۲ در رتبه بعدی قرار گرفت. رقم سانته در سال دوم تحقیق و تغذیه با کود شیمیایی به مقدار ۲۷/۶۹درصد، ماده خشک بالاتری از سایر تیمارها داشت و پس از آن رقم ساوالان در همین تیمار تغذیه و در سال دوم کشت با درصد ماده خشک برابر ۲۶/۴۷ درصد قرار داشت. مقدار نیتروژن سیب‌زمینی در سال دوم نسبت به سال اول افزایش معنی‌داری داشته و بیشترین غلظت نیتروژن سیب‌زمینی در تیمارهای مورد مطالعه در سال دوم تحقیق مشاهده شد. بیشترین غلظت فسفر در تیمار تغذیه با هیومیک اسید+ فسفر بارور ۲ در سال دوم به میزان ۳/۳۱ میلی‌گرم بر گرم در رقم آرینداو به‌دست آمد. تیمارهای تغذیه با هیومیک اسید در مجموع شرایط بهتری از سایر تیمارها از نظر غلظت فسفر داشتند. بر اساس نتایج صفات کیفی، کمترین مقادیر سم سولانین به میزان ۵۴۶/۴ و ۶۳۲/۲ میکروگرم برگرم ماده خشک در رقم ساوالان به‌ترتیب در سال اول و دوم به‌دست آمد. تیمارهای تغذیه با کود شیمیایی و رقم آرینداو در هر دو سال تحقیق، کمترین مقدار سم سولانین را به خود اختصاص دادند. رقم ساوالان عملکرد بهتری نسبت به سایر رقم‌ها داشت و در مجموع استفاده از کود زیستی فسفر بارور ۲ و هیومیک اسید باعث بهبود خصوصیات کمی و کیفی سیب زمینی در شرایط اقلیمی شمال خوزستان شد.

واژگان کلیدی: محرک رشد، ارگانیک، تغذیه متعادل، نیتروژن، سولانین.

۱- گروه زراعت، پردیس علوم و تحقیقات خوزستان،دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

۲- گروه زراعت، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

۳- گروه تحقیقات اصلاح بذر و نهال، مرکز تحقیقات وآموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی‌آباد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، دزفول، ایران.

۴- گروه علوم باغی و زراعی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

نگارنده مسئول sh.lack@yahoo.com

مقدمه

سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) به عنوان یک محصول زراعی، خوراکی است که در بسیاری از مناطق ایران کشت می‌گردد. عمده کشاورزان سیب‌زمینی کار در ایران از سیستم پرنهاده با کاربرد کودهای حاوی نیتروژن، فسفر و پتاسیم تا بیشتر از ۸۰۰ کیلوگرم در هکتار و کاربرد متوالی آفت‌کش‌ها استفاده می‌کنند. با این وجود، میانگین عملکرد سیب‌زمینی در ایران حدود ۲۷/۷ تن در هکتار است که این مقدار تقریباً نصف عملکرد در شرایط مطلوب این محصول است (Kaafi *et al.*, 2019). در این سیستم کشاورزی پرهزینه و کم‌بازده، میکروارگانیسم‌های مفید خاک می‌توانند نقش مهمی در بهبود عملکرد و کاهش هزینه تولید داشته باشند. یک سیستم ریشه‌ای فعال، ترکیبات آلی را به طور منظم در محیط ریشه گیاه آزاد کرده و این ترکیب‌ها سبب رشد و افزایش جامعه میکروبی خاک می‌شود. باکتری‌های غیربیماری‌زای خاکزی استخراج شده، به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم از طریق فرایندهای مختلف، تأثیرات مثبتی روی رشد و نمو گیاه به‌عنوان باکتری‌های خاکزی تسریع کننده رشد گیاه دارند (Wang *et al.*, 2017).

تنوع زیستی یکی از ملاک‌های مهم و نشانه پایداری زیست‌بوم است (Glinushkin and Sokolov, 2017) و احیای کیفیت اراضی قابل کشت به‌تنهایی و با استفاده از کودهای شیمیایی ممکن نیست، از این‌رو استفاده از کودهای زیستی باکتریایی می‌تواند راهبردی اجتناب‌ناپذیر برای افزایش عملکرد سیب‌زمینی در شرایط محیطی اقلیمی-زراعی ناپایدار باشد (Zhevora *et al.*, 2019). کافی و همکاران (Kaafi *et al.*, 2019) با کاربرد کودهای زیستی در سیب‌زمینی نشان دادند که این کودها قابلیت بهبود ویژگی‌های فیزیولوژیک، عملکرد و کیفیت را داشته و با مصرف کمتر کودهای شیمیایی عملکرد قابل قبولی تولید کنند. به‌طورکلی، مصرف هم‌زمان باکتری‌های حل‌کننده فسفات، پتاسیم و تثبیت کننده نیتروژن به همراه کودهای شیمیایی فسفات، پتاسیم و نیتروژن موجب تولید بیشترین عملکرد سیب‌زمینی شد. (Abdollahi *et al.*, 2018) نیز نشان دادند که کاربردهای کودهای زیستی به‌صورت معنی‌داری عملکرد و شاخص‌های فنولوژیکی و همچنین فیزیولوژیکی گیاه سیب زمینی را در شرایط آب و هوایی اصفهان بهبود بخشید. به طور کلی نتایج تحقیقات نشان داده است که سازوکارهای زیادی مسئول افزایش جذب عناصر غذایی و عملکرد در گیاهان می باشند (Banerjee *et al.*, 2006).

در بوم‌نظام‌های کشاورزی آب و کود دو عامل کلیدی و تعیین‌کننده هستند که رشد و عملکرد محصولات زراعی را تحت تأثیر قرار می‌دهند. استفاده از کودهای شیمیایی به‌عنوان سریع‌ترین راه برای جبران کمبود عناصر غذایی و حاصل‌خیزی خاک لازم به‌نظر می‌رسد، ولی هزینه‌های زیاد کودهای شیمیایی در مقادیر پیشنهادی و آلودگی خاک و آب ناشی از مواد شیمیایی ساخت بشر، تقاضا بیشتر را برای مصرف کودهای آلی طلب می‌کند (Amini *et al.*, 2018). با اینحال، به یک‌باره نمی‌توان کودهای شیمیایی را از بوم‌نظام‌های زراعی حذف کرد. در این مورد استفاده از مواد قابل تجدید و طبیعی با منشأ آلی به همراه استفاده بهینه از کودهای شیمیایی، اهمیت زیادی در حفظ باروری، ساختمان و فعالیت زیستی، ظرفیت تبادل

کاتیونی و نگهداری آب و در نهایت، اصلاح ساختمان فیزیکی و شیمیایی خاک دارد (Ghosh *et al*., 2004). امینی و همکاران (Amini *et al*., 2018) با بررسی تأثیر کودهای آلی و شیمیایی بر عملکرد و برخی صفات کیفی سیب‌زمینی به این نتیجه رسیدند که کاربرد تلفیقی کود دامی +۵۰ درصد کود اوره علاوه براین‌که باعث حصول عملکرد به میزان تیمار ۱۰۰ درصد کود اوره می‌شود، می‌تواند غلظت نیترات را نسبت به این تیمار به‌طور معنی‌داری کاهش دهد که در واقع هم عملکرد غده در حد قابل قبول حفظ شده و هم غلظت نیترات در غده کاهش یافته است.

سیب‌زمینی به مقادیر بالایی از نیتروژن، فسفر و پتاسیم نیاز دارد و کودهای شیمیایی منبع اصلی تامین عناصر غذایی در کشت سیب زمینی هستند. با اینحال، وابستگی مداوم به کودهای شیمیایی باعث عدم تعادل تغذیه‌ای و اثرات نامطلوب بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و زیستی خاک شده است. از این‌رو، رویکرد مدیریت تلفیقی عناصر غذایی توسط کودهای شیمیایی به همراه کودهای آلی در گیاهان زراعی با نیاز غذایی بالا اهمیت ویژه‌ای پیدا کرده است. همچنین، پیشرفت قابل ملاحظه در کیفیت و کمیت سیب زمینی در این گونه مدیریت تغذیه‌ای در برابر تغذیه به‌تنهایی توسط کود شیمیایی یا کود آلی مشاهده و گزارش شده است (Pandit *et al*., 2018). هیومیک اسید یک ماده طبیعی در خاک و فرآورده جانبی تجزیه ماده آلی است. چندین گیاه زراعی با موفقیت با استفاده از هیومیک اسید مانند سیب‌زمینی، ذرت، گوجه فرنگی و بلوبری کشت داده شده‌اند (Suh *et al*., 2014; Schoebitz *et al*., 2016). همچنین، افزایش معنی‌دار در عملکرد کل تجاری سیب‌زمینی با کاربرد ۲۳/۸ و ۳۷/۷ تن در هکتار کود آلی به دست آمده است (Sayed *et al*., 2019). یان و همکاران (Yan *et al*., 2019) نشان دادند که افزودن هیومیک اسید به‌صورت معنی‌داری عملکرد بادام زمینی را تا ۷۸/۹ درصد در مقایسه با شاهد افزایش داد و باعث افزایش مقدار عناصر غذایی، فعالیت آنزیمی و همچنین تنوع میکروبی در خاک شد. ال-حدادی (Alhadeedy, 2020) با بررسی اثرات کاربرد برگ‌پاشی هیومیک اسید و سطوح مختلف کودهای آلی بر رشد و عملکرد دو رقم سیب‌زمینی نشان دادند که این تیمارهای آلی به‌صورت معنی‌داری عملکرد تک بوته و همچنین عملکرد کل گیاهان سیب‌زمینی را افزایش دادند. النازی و همکاران (Alenazi *et al*., 2016) هیومیک اسید را ۳۰ روز بعد از کاشت به میزان ۱/۵ گرم در لیتر به‌صورت برگ‌پاشی به‌کار بردند و افزایش رشد رویشی، وزن غده و عملکرد کل را گزارش نمودند.

با توجه به تحقیقات انجام شده می‌توان نتیجه‌گیری نمود که مصرف کودهای زیستی و آلی به همراه کودهای شیمیایی می‌تواند سبب افزایش معنی‌دار محصول، کاهش مصرف کودهای شیمیایی و در نتیجه تولید محصول سالم شود (Alhadeedy, 2020; Alenazi *et al*., 2016). لذا، تحقیق حاضر با هدف انتخاب بهترین رقم و تعیین تأثیر کود بیولوژیکی فسفر بارور ۲ و هیومیک اسید در دست‌یابی به حداکثر عملکرد سیب‌زمینی به انجام رسید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در طی دو سال زراعی ۹۶-۹۵ و ۹۷-۹۶ در مزرعه آزمایشی مرکز تحقیقات کشاورزی صفی‌آباد دزفول واقع در۱۴ کیلومتری

جنوب غربی دزفول با میانگین بارندگی ۱۶۰/۶ و ۲۴۲/۲ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه ۲۴/۵ و ۲۵/۷ درجه سلسیوس به‌ترتیب در سال اول و دوم تحقیق اجرا گردید. جدول ۱ اطلاعات اقلیمی منطقه آزمایش را در سال‌های زراعی ۹۶-۹۵ و ۹۷-۹۶ طی ماه‌های آذر تا اسفند (دوره رشد گیاه سیب‌زمینی) را ارایه می‌دهد. ویژگی‌های شیمیایی خاک با روش‌های مرسوم تعیین شدند (جدول ۲). pH خاک با دستگاه pH سنج (مدل Metrohm)، هدایت الکتریکی (EC) EC سنج (مدل WTW ۷۲۰؛ آلمان) هر دو در نسبت ۱ به ۲ خاک به آب، درصد کربن آلی به روش اکسایش تر (Walkley and Black, 1934) اندازه‌گیری شد. برای تعیین مقدار پتاسیم از روش جایگزینی با استات آمونیوم و با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر و برای تعیین مقدار فسفر اولسن استفاده شد (Sparks *et al*., 1996).

آزمایش به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. درکرت‌های اصلی فاکتور تغذیه (N) در سه سطح شامل:۱) کود شیمیایی کامل (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) بر اساس آزمون خاک به‌میزان ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن از منبع اوره، ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار فسفر از منبع سوپرفسفات تریپل و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم، ۲) مصرف هیومیک اسید یک کیلوگرم در هکتار و فسفر بارور۲ (حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات) به میزان ۱۰۰ گرم در هکتار و ۳) مصرف کودهای شیمیایی و هیومیک اسید و کود فسفر بارور۲. رقم‌های سیب زمینی (V) نیز شامل سه رقم سانته، آریندا و ساوالان در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. هر کرت شامل۶ ردیف کاشت به‌صورت جوی پشته به طول چهار متر و با فاصله ردیف ۷۵ سانتی‌متر و فاصله بین بوته‌ها ۲۵ سانتی‌متر (تراکم ۵/۳ بوته درمترمربع) بود. مقدار کودهای شیمیایی بر اساس عرف منطقه و آزمون خاک تعیین و استفاده شدند و از روش جوی-پشته‌ای برای آبیاری کرت‌های آزمایشی بهره گرفته شد.

پس از آنکه ساقه‌های سیب‌زمینی کامل خشک شدند، عملکرد غده در بوته مورد ارزیابی قرار گرفتند. برای این منظور، پس از خروج غده‌ها از خاک، آنها با برس تمیز شده و بعد از شمارش، وزن شدند. برای تعیین درصد ماده خشک، غده‌ها در عرض برش داده شد و به‌مدت ۷۲ ساعت در آون فن‌دار و در دمای ۶۵ درجه سلسیوس خشک گردیده و وزن شدند(Hamzehei *et al*., 2017). در این آزمایش صفاتی شامل عملکرد غده، درصد ماده خشک غده، درصد نشاسته به روش هیدرولیز نشاسته به قند (Cottrell *et al*., 1995)، میزان نیتروژن با استفاده از روش میکروکلدال، فسفر با دستگاه اسپکتروفتومتر و پتاسیم با استفاده از فلیم‌فتومتر (Hejazi *et al*., 2004) و پارامتر کیفی سم سولانین به‌وسیله دستگاه HPLC به‌روش کروماتوگرافی لایه نازک (Carman, 1986) تعیین شدند. ابتدا سیب زمینی‌ها شسته، و سپس در شرایط آزمایشگاهی خشک و به قطعات ۲-۱ سانتی متری برش داده شدند. برای به تاخیر انداختن اکسید شدن سیب‌زمینی، یک گرم بی سولفیت سدیم در ۱۰۰ گرم نمونه در حین آماده‌سازی و آنالیز به نمونه‌ها اضافه شد. برای کروماتوگرافی، فاز متحرک با استفاده از ۰/۲۹ گرم آمونیوم فسفات در ۲۵۰ میلی‌لیتر آب در درجه HPLC تهیه و سپس ۲۵۰ میلی‌لیتر استونیتریل به آن اضافه شد. محلول‌های استوک با انحلال آلفا-سولانین (۱ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر) در محلول

استخراج تهیه شدند. استانداردهای HPLC با رقیق کردن محلول‌های استوک در فاز متحرک HPLC آماده‌سازی شدند (Carman, 1986). برای تعیین مقدار سولانین در غده‌های سیب‌زمینی، از استانداردهای کالیبراسیون ۰، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۱۰۰۰ $\mu g.g^{-1}$ استفاده و مقدار سولانین در نمونه-ها با استفاده از معادله منحنی استاندارد زیر تعیین گردید.

$$Y= 5.067X - 43.849 \qquad R^2=0.999$$

که در آن X مقدار سولانین در نمونه‌ها ($\mu g.g^{-1}$) و Y اندازه مساحت زیر منحنی استاندارد قرائت شده می‌باشد.

در ابتدا برای اطمینان از عدم معنی‌داری تفاوت واریانس صفات در سال‌های اول و دوم، آزمون بارتلت انجام شد. با توجه به اینکه واریانس خطا بین سال‌های کشت معنی‌دار نبود، تجزیه واریانس مرکب انجام شد. داده‌های آزمایش با استفاده از نرم‌افزار تجزیه واریانس شده و مقایسه میانگین تیمارها، نیز به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد توسط نرم‌افزار MSTATC انجام و شکل‌ها با استفاده از نرم‌افزار Excel ترسیم شدند.

نتایج و بحث

عملکرد غده و درصد ماده خشک غده

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده سال کشت و رقم سیب‌زمینی تأثیر معنی داری بر عملکرد غده سیب‌زمینی داشتند. در بین اثرات متقابل نیز اثرات متقابل سال کشت در تغذیه در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد غده سیب‌زمینی معنی‌دار بود و سایر اثرات متقابل بر این پارامتر غیرمعنی‌دار بودند (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل سال کشت و تغذیه نشان داد که سال دوم افزایش معنی‌دار عملکرد غده سیب‌زمینی نسبت به سال اول داشته و در بین تیمارهای تغذیه‌ای، تیمار تغذیه با هیومیک اسید و کود زیستی بارور ۲ در هر دو سال زراعی بیشترین مقدار عملکرد غده را به خود اختصاص دادند و تیمار تغذیه با کود شیمیایی کمترین مقدار در هر دو سال زراعی داشت (شکل ۱-الف). همچنین، نتایج نشان داد که در سال دوم، عملکرد سیب‌زمینی به صورت معنی‌داری نسبت به سال اول بهبود پیدا کرد که می‌تواند به دلیل شرایط مساعد اقلیمی در سال دوم تحقیق بوده باشد (جدول ۱). همچنین مقایسات میانگین اثر ساده رقم‌های سیب‌زمینی نیز نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین رقم ساوالان با دو رقم دیگر وجود داشت و این رقم بیشترین عملکرد غده را به خود اختصاص داد (۸۲/۵ تن در هکتار) در حالی‌که تفاوت معنی‌داری بین دو رقم سانته و آریندا مشاهده نشد (به‌ترتیب ۷۵/۹ و ۷۵/۱ تن در هکتار؛ شکل ۱-ب).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تنها اثر ساده سال کشت ($P<0.05$)، اثرات متقابل دو گانه سال کشت در تغذیه و تغذیه در رقم سیب‌زمینی در سطح احتمال پنج درصد و همچنین اثر سه گانه سال کشت در تغذیه در رقم سیب زمینی بر درصد ماده خشک غده سیب‌زمینی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین اثرات سه گانه تیمارهای سال کشت، تغذیه و رقم بر این پارامتر نشان داد که در سال دوم درصد ماده خشک سیب‌زمینی به صورت معنی‌داری افزایش پیدا کرد و در سال دوم سبب افزایش عملکرد سیب‌زمینی گردید که احتمالاً به دلیل شرایط آب و هوایی مساعدتر در سال دوم تحقیق می‌باشد (شکل ۲). در بین تیمارهای تغذیه‌ای، تغذیه با کود شیمیایی درصد ماده

خشک بالاتری از سایر تیمارهای تغذیه‌ای داشتند و تیمار تغذیه با کودشیمیایی+ هیومیک اسید+ فسفر بارور ۲ در رتبه بعدی قرار داشت. رقم ساوالان و سانته درصد ماده خشک بالاتری در اکثر تیمارهای تغذیه‌ای داشتند که رقم ساوالان شرایط بهتری از نظر درصد ماده خشک داشت. بنابراین، در مجموع رقم سانته در سال دوم تحقیق و تغذیه با کود شیمیایی به مقدار ۲۷/۶۹ درصد، ماده خشک بالاتری از سایر تیمارها داشت و پس از آن رقم ساوالان در همین تیمار تغذیه و در سال دوم کشت با ماده خشک برابر ۲۶/۴۷ درصد قرار داشت (شکل ۲). نتایج نشان داد که رقم‌های مختلف سیب‌زمینی پاسخ‌های متفاوتی به کاربرد کودهای مختلف و نوع تغذیه داشتند. نتایج تحقیقات پیشین نشان داده است که مقدار نیتروژن در خاک با کاربرد کودهای آلی افزایش پیدا می‌کند که ممکن است با تحریک رشد سریع‌تر گیاه منجر به عملکرد بالاتر غده گردد (Nogales *et al*., 2005). محمود و حافظ (Mahmoud and Hafez, 2010) گزارش کردند که عملکرد و کیفیت و همچنین ارزش غذایی غده‌های سیب‌زمینی با افزایش مقدار اسید هیومیک افزایش یافت. مواد هوموسی باعث افزایش ظرفیت نگهداری آب و مواد مغذی شده و دانه‌بندی خاک را بهبود داده که این عوامل سبب ایجاد شرایط مناسب برای رشد اندام زیرزمینی می‌گردد که یکی از متداول‌ترین پاسخ‌های گیاه به اسید هیومیک، بهبود توسعه ریشه است. ابو-زیندا و شیخ-الئید (Abu-Zinada and Sekh-Eleid, 2015) به‌منظور کاهش مصرف کود در سیب زمینی، آزمایشی با کاربرد میزان رایج کود منطقه و ۵۰ درصد کود متعارف همراه با اسید هیومیک (۱۵ و ۲۰ کیلوگرم در هکتار) و بدون آن انجام دادند. در هر دو سال آزمایش، تیمار ۱۰۰ درصد کود رایج همراه با ۱۵ کیلوگرم اسید هیومیک در هکتار منجر به تولید بالاترین وزن غده در هر بوته شد، اگرچه در سال دوم، از نظر آماری تفاوتی بین تیمارهای کودی وجود نداشت که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد. تحریک رشد گیاه توسط کودهای آلی و زیستی از وجود هورمون‌های گیاهی ناشی می‌شود (Smith *et al*., 2014). نتایج این تحقیق نشان داد که کاربرد کودهای آلی همراه با کودهای معدنی عملکرد کل غده و ماده خشک غده را افزایش داد. مدیریت تلفیقی عناصر غذایی با کاربرد همزمان کودهای معدنی و آلی تولید تجاری سیب‌زمینی و عملکرد کل غده را افزایش می‌دهد (Kumar *et al*., 2011). عملکرد غده و ماده خشک به‌دلیل فراهمی نیتروژن، فسفر و پتاسیم در خاک از طریق کاربرد این کودها رخ می‌دهد (Zaman *et al*., 2011; Sikder *et al*., 2017). فسفر، عنصری ضروری برای متابولیسم گیاهی به خصوص متابولیسم کربوهیدرات است، تأمین فسفر مورد نیاز گیاه باعث افزایش ذخیره کربوهیدرات‌های غده می‌شود، چون در غده سیب‌زمینی کربوهیدرات عمدتاً به صورت نشاسته است. این امر باعث افزایش ماده خشک غده سیب‌زمینی می‌شود. در تحقیق صورت گرفته توسط اکلوف (Ekelof, 2007) نیز کاربرد کود فسفر همبستگی مثبتی با ماده خشک غده سیب‌زمینی داشت و رابطه خطی بین غلظت فسفر و ماده خشک غده در تمامی تیمارها گزارش شد. نتایج به‌دست آمده از این تحقیق‌ها با نتایج تحقیق حاضر مطابقت داشت.

عناصر غذایی غده سیب‌زمینی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که مقدار نیتروژن تحت تاثیر اثرات متقابل سال کشت در

تغذیه، تغذیه در رقم سیب‌زمینی و اثرات سه گانه سال کشت در تغذیه در رقم سیب‌زمینی قرار گرفت. اثرات ساده سال کشت و رقم سیب‌زمینی در سطح احتمال پنج درصد بر مقدار فسفر غده سیب‌زمینی معنی‌دار بود و اثرات متقابل دوگانه سال در تغذیه، تغذیه در رقم و سه گانه سال کشت در تغذیه در رقم سیب‌زمینی نیز در سطح احتمال یک درصد مقدار فسفر سیب‌زمینی را تحت تاثیر قرار دادند. مقدار پتاسیم غده نیز تحت تاثیر اثرات ساده سال کشت و رقم سیب‌زمینی ($P<0.05$)، اثرات دوگانه سال کشت در تغذیه و تغذیه در رقم سیب‌زمینی (به ترتیب $P<0.01$ و $P<0.05$) و اثرات سه گانه تیمارهای سال کشت در تغذیه و نوع رقم سیب‌زمینی قرار گرفت (جدول ۳). بر اساس نتایج مقایسه میانگین، مقدار نیتروژن غده سیب‌زمینی در سال دوم نسبت به سال اول افزایش معنی‌داری پیدا کرد و بیشترین مقدار نیتروژن در تیمارهای مورد مطالعه در سال دوم تحقیق مشاهده شد. رقم ساوالان در تیمارهای تغذیه با کود شیمیایی نسبت به سایر رقم‌های مورد بررسی مقدار نیتروژن بیشتری را در اندام خود انباشته نمود. در بین تیمارهای تغذیه‌ای نیز، تیمارهای تغذیه با هیومیک اسید+ فسفر بارور ۲ در سال دوم، مقدار نیتروژن سیب‌زمینی بیشتری از دو نوع تغذیه دیگر داشت. بر این اساس، بیشترین مقدار نیتروژن برابر ۲۳/۷ میلی گرم بر گرم در سال دوم در رقم آریندا و تغذیه با هیومیک اسید+ فسفر بارور ۲ به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارهای مورد بررسی داشت. بیشترین مقدار نیتروژن در رقم‌های سانته و ساوالان نیز به‌ترتیب به میزان ۲۲/۶ و ۲۰/۲۳ میلی‌گرم بر گرم در تیمار تغذیه‌ای کود شیمیایی و همچنین تغذیه با هیومیک اسید+فسفر بارور ۲ و در سال دوم به‌دست آمد. کمترین مقدار نیتروژن سیب‌زمینی نیز در سال دوم در رقم سانته در تیمار تغذیه با کود شیمیایی+هیومیک اسید+ فسفر بارور ۲ به میزان ۱۵/۵ میلی‌گرم بر گرم به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با مقدار آن در سال دوم نداشت (شکل ۳-الف).

نتایج مقایسه میانگین تأثیر متقابل سه گانه تغذیه در نوع رقم سیب‌زمینی در طی دو سال زراعی بر مقدار فسفر سیب‌زمینی نشان داد که بیشترین مقدار فسفر در تیمار تغذیه با هیومیک اسید+ فسفر بارور ۲ در سال دوم به میزان ۳/۳۱ میلی‌گرم بر گرم در رقم آریندا به‌دست آمد، و تیمار تغذیه با هیومیک اسید در مجموع شرایط بهتری از سایر تیمارهای تغذیه‌ای از نظر میزان فسفر داشتند. کمترین مقدار فسفر سیب‌زمینی در سال اول و تغذیه با کود شیمیایی و رقم آریندا به میزان ۲/۱ میلی‌گرم بر گرم به دست آمد. در اکثر تیمارهای تغذیه‌ای، تفاوت معنی‌داری بین رقم‌های سانته و آریندا وجود نداشت، با این‌حال بیشترین مقدار فسفر غده در رقم آریندا در تیمار تغذیه با کود شیمیایی+هیومیک اسید+فسفر بارور ۲ در سال دوم تحقیق به‌میزان ۳/۲۳ میلی‌گرم بر گرم به‌دست آمد (شکل ۳-ب).

نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل سه‌گانه نشان داد که مقدار پتاسیم غده سیب‌زمینی، همانند سایر عناصر غذایی مورد بررسی در سال دوم افزایش معنی‌داری داشت و کمترین مقدار پتاسیم در سال اول به‌دست آمد. تیمار تغذیه با هیومیک اسید+فسفر بارور ۲ شرایط تغذیه‌ای بهتری از نظر تغذیه پتاسیم فراهم آوردند و در هر دو سال، بیشترین میزان پتاسیم در این تیمار تغذیه‌ای به‌دست آمد. براساس نتایج ارایه شده، بیشترین مقدار پتاسیم در سال دوم در تیمار

تغذیه با هیومیک اسید+ فسفر بارور ۲ و رقم ساوالان به میزان ۲۹/۴۹ میلی‌گرم بر گرم به‌دست آمد و در همین تیمار تغذیه‌ای در سال دوم، رقم آریندا مقدار پتاسیم برابر ۲۸/۳۹ میلی‌گرم بر گرم را دارا بود. در مجموع کمترین مقدار پتاسیم به میزان ۱۸/۸۵ میلی‌گرم بر گرم در رقم سانته و تغذیه با کود شیمیایی+ هیومیک اسید+فسفربارور ۲ در سال اول تحقیق به‌دست آمد (شکل ۳-ج). کود اوره مصرف شده ابتدا به کربنات آمونیوم تبدیل شده و سپس آمونیوم طی فرایند نیترات سازی به نیترات تبدیل شده و به‌وسیله ریشه گیاه جذب می‌شود که در نتیجه غلظت نیتروژن افزایش می‌یابد. دلیل افزایش غلظت نیترات در تیمار کود شیمیایی این است که کودهای شیمیایی مخصوصاً کودهای نیتروژنی به مقدار زیاد و سریع در گیاه جذب شده و مقدار نیتروژن گیاه را بیشتر افزایش می‌دهند، در صورتی‌که کودهای آلی و بیولوژیک در مقایسه با کودهای معدنی نیتروژن را به تدریج در اختیار گیاه قرار می‌دهند. افزایش نیترات غده‌های سیب‌زمینی در مطالعات امینی و همکاران (Amini *et al*., 2018) نیز گزارش شده است. نتایج گزارش شده توسط میتال و همکاران (Mittal *et al*., 2008) مبنی بر تأثیر مثبت کاربرد توأم کودهای زیستی و آلی فسفر بر غلظت فسفر اندام‌های گیاه نخود با نتایج به‌دست آمده در این تحقیق مطابقت داشت. نتایج آزمایش انجام گرفته توسط اکلوف (Ekelof, 2007) نیز نشان داد غلظت فسفر با سطوح مختلف کود فسفر همبستگی مثبت و بالایی داشت. در آزمایش مشابه دیگری نیز غلظت فسفر در برگ در مرحله غده‌زایی در تمامی سطوح فسفر نسبت به تیمار بدون استفاده از فسفر اختلاف معنی‌داری داشت (Rosen *et al*., 2010). جذب عناصر غذایی توسط گیاه تابع دو عامل، رشد سیستم ریشه و فراهمی عناصر غذایی در خاک به‌خصوص در ریزوسفر می‌باشد. کودهای زیستی از طریق ترشح اسیدهای آلی و معدنی باعث افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی در ریزوسفر می‌شوند. همچنین ریزجانداران موجود در کودهای زیستی با ترشح پیش‌ماده هورمون‌های تنظیم کننده رشد گیاه و کنترل پاتوژن‌های گیاهی باعث افزایش رشد ریشه گیاهان می‌شوند (Khalid *et al*., 2004). نتایج گزارش شده توسط میتال و همکاران (Mittal *et al*., 2008) مبنی بر تأثیر مثبت کاربرد توأم کودهای زیستی و آلی فسفر بر غلظت فسفر اندام‌های گیاه نخود با نتایج به‌دست آمده در این تحقیق مطابقت داشت.

صفات بیوشیمیایی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد در بین اثرات ساده، تنها اثر ساده سال کشت تاثیر معنی‌داری بر مقدار نشاسته سیب‌زمینی در سطح احتمال پنج درصد داشت و اثرات ساده تغذیه و رقم سیب‌زمینی بر این پارامتر معنی‌دار نبود. اثرات متقابل دو گانه سال در تغذیه، و تغذیه در رقم و همچنین اثرات سه‌گانه تیمارهای سال کشت، نوع تغذیه و رقم سیب‌زمینی نیز تأثیر معنی‌داری بر درصد نشاسته سیب‌زمینی در این تحقیق داشتند ($P<0.01$؛ جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین تأثیر متقابل سطوح مختلف تغذیه گیاه و رقم‌های مختلف سیب‌زمینی در طی دو سال کشت بر درصد نشاسته رقم‌های مختلف سیب‌زمینی نشان داد که در تیمارهای تغذیه با کود شیمیایی، رقم آریندا شرایط بهتری نسبت به سایر رقم‌ها داشت. در سال دوم تحقیق، تیمارهای تغذیه‌ای هیومیک

اسید+ فسفر بارور ۲ شرایط تغذیه‌ای بهینه‌تری نسبت به سایر تیمارهای تغذیه‌ای فراهم آوردند و در مجموع بر اساس نتایج ارایه شده، بیشترین مقدار نشاسته سیب‌زمینی در رقم آریندا در سال دوم در تغذیه با کودهای شیمیایی، زیستی و آلی به‌دست آمد (۲۸/۱۲ درصد) و کمترین مقدار نشاسته نیز در سال اول در رقم ساوالان با تغذیه با کود شیمیایی به‌تنهایی به میزان ۲۱/۵۳ درصد به‌دست آمد. در تیمارهای تغذیه تلفیقی با کودهای شیمیایی، آلی و زیستی نیز، رقم ساوالان در سال دوم دارای بیشترین درصد نشاسته به میزان ۲۶/۵۱ درصد بود (شکل ۴).

نشاسته مهم‌ترین و بیشترین درصد ماده مغذی سیب‌زمینی را تشکیل می‌دهد. یکی از شاخص‌های مهم و مورد توجه در کیفیت غده سیب‌زمینی است. در تبدیل قند به نشاسته، فسفر یک عنصر مهم و ضروری به شمار می‌رود. تامین فسفر مورد نیاز گیاه باعث تسهیل در تبدیل قندها به نشاسته می‌شود (Ghobadi *et al*., 2011). مشاهده شده است که در غده‌های سیب‌زمینی تا ۴۰ درصد فسفر همراه با نشاسته است. فسفر از طریق فیتات‌ها (نوعی فسفات اینوزیتول) در زمان رشد غده در تنظیم ساختن نشاسته دخالت دارد (Kholdbarin and Eslam Kadeh, 2001). همچنین، ترکیب کود شیمیایی، آلی و زیستی باعث بهبود شرایط رشد و افزایش فتوسنتز و در پی آن باعث افزایش آسیمیلاسیون و افزایش ذخیره نشاسته در غده می‌گردد. نتایج به‌دست آمده با نتایج قبادی و همکاران (Ghobadi *et al*., 2011) مطابقت دارد. استفاده از نسبت مناسب و متعادل عناصر غذایی موجب بهبود ویژگی‌های کیفی سیب‌زمینی می‌گردد. در این مطالعه کاربرد باکتری‌های حل‌کننده فسفات به همراه مقادیر متناسبی از کودهای شیمیایی و آلی موجب افزایش درصد ماده خشک و خصوصیات کیفی گردید. به نظر می‌رسد قابل دسترس کردن تدریجی عناصر در طول دوره رشد موجب بهبود کیفیت غده تولیدی شده است (Kaafi *et al*., 2019).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که مقدار سولانین غده سیب‌زمینی به‌صورت معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای سال کشت ($P<0.05$)، نوع تغذیه و نوع رقم سیب‌زمینی ($P<0.01$) قرار گرفتند. در بین اثرات متقابل دوگانه، اثرات سال در تغذیه و تغذیه در رقم سیب‌زمینی نیز به‌صورت معنی‌داری مقدار سولانین سیب‌زمینی را تحت تاثیر قرار دادند. همچنین، اثرات متقابل سه گانه تیمارهای مورد بررسی نیز در سطح احتمال یک درصد بر این پارامتر معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین تأثیر متقابل سطوح مختلف تغذیه گیاه و رقم‌های سیب‌زمینی در طی دو سال کشت بر مقدار سم سولانین رقم‌های مختلف سیب‌زمینی حاکی از وجود اختلافات معنی‌دار بین تیمارها بوده و نتیجه‌ای که مشهود می باشد، کاهش قابل ملاحظه سم سولانین در سیب‌زمینی هنگام استفاده از تیمارهای کود زیستی فسفر بارور ۲ و هیومیک اسید می‌باشد، به‌طوری‌که کمترین مقادیر سولانین به‌میزان ۵۴۶/۴ و ۶۳۲/۲ میکروگرم بر گرم وزن ماده خشک در رقم ساوالان به‌ترتیب در سال اول و دوم به‌دست آمد. در تیمار تغذیه با کود شیمیایی رقم آریندا در هر دو سال تحقیق، کمترین مقدار سم سولانین را به خود اختصاص داد. بیشترین مقدار سولانین در این تیمار تغذیه‌ای، به میزان ۱۵۸۲ میکروگرم بر گرم وزن ماده خشک در رقم ساوالان در سال دوم به دست آمد. در تیمار تغذیه با کودهای شیمیایی،

آلی و زیستی به‌صورت هم‌زمان، رقم ساوالان در هر دو سال زراعی دارای کمترین مقدار سولانین به‌ترتیب به‌میزان ۹۲۵ و ۱۰۴۴ میکروگرم بر گرم وزن ماده خشک به‌ترتیب در سال اول و دوم بود. در مجموع نتایج نشان داد که استفاده از تیمارهای کود زیستی باعث کاهش معنی‌دار مقدار سم سولانین در غده گیاه گردید (شکل ۵). نتایج این تحقیق با نتایج بلندی و حمیدی (Bolandi and Hamidi, 2015) همخوانی دارد که کاهش معنی‌دار سولانین در تیمارهای تغذیه با کودهای زیستی را گزارش نمودند. مدیریت زراعی و تغذیه گیاه از عامل مهم مؤثر بر ویژگی‌های کیفی سیب زمینی هستند. بررسی میزان تغییرات فنول کل در شرایط مزرعه تحت تأثیر تیمارهای کودی در طی پنج سال نشان داد که افزایش میزان کود پتاسیم و منیزیم موجب کاهش میزان فنول کل و ترکیبات سمی گردید. علی‌رغم اثرات مثبت فنول کل بر سلامت در تغذیه انسان به‌عنوان ترکیب آنتی اکسیدانت، در سیب‌زمینی به عنوان تأثیر نامطلوب کوددهی در نظر گرفته می‌شود، اما رقم‌های سیب‌زمینی حساس به تغییرات رنگ گوشت (پلی‌فنول‌ها نقش مهمی در پیش‌ماده آنزیمی و غیرآنزیمی در قهوه‌ای شدن ایفا می‌کنند) ممکن است یک اثر ممانعت‌کننده در برابر تغییرات رنگ داشته باشند (Haddad *et al*., 2016).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این آزمایش نشان داد که بین کودهای زیستی مورد استفاده در آزمایش، کود زیستی فسفر بارور ۲ با تولید بیشترین درصد نشاسته غده، عملکرد غده، مقدار عناصر غذایی، درصد ماده خشک و کمترین میزان سولانین در بالاترین سطح قرار گرفت. تأثیر استفاده هم‌زمان از کودهای زیستی و شیمیایی بسته به نوع صفت مورد بررسی متفاوت بود، میزان پتاسیم با مصرف کود شیمیایی افزایش پیدا کرد، درحالی‌که استفاده از کود زیستی فسفر بارور ۲+ هیومیک اسید + کودهای شیمیایی مقدار عناصر غذایی نیتروژن و فسفر و نشاسته را بالا برد. در بین ارقام مورد بررسی رقم ساوالان عملکرد بهتری نسبت به سایر رقم‌ها داشت و در مجموع استفاده از کود زیستی فسفر بارور ۲ و هیومیک اسید باعث بهبود خصوصیات کمی و کیفی سیب‌زمینی در شرایط اقلیمی شمال خوزستان شد.

جدول ۱- اطلاعات اقلیمی منطقه مورد آزمایش در طی دو سال

Table 1- Climatic information of the tested area during two years

	میانگین بارندگی Mean precipitation (mm)		میانگین دما Mean temperature °C		میانگین رطوبت نسبی Mean relative humidity %	
	2016	2017	2016	2017	2016	2017
آذر Nov.	40	81.3	13.8	14.9	65	72
دی Dec.	25.1	9.4	13.7	14.9	71	65
بهمن Jan.	21.9	21	12	14.5	63	68
اسفندFeb.	20.7	47.5	16.9	18.2	53	69

جدول ۲- ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی خاک و آب محل آزمایش

Table 2- Physical and chemical properties of site soil and water

نمونه Sample	عمق خاک Soil depth (cm)	هدایت الکتریکی EC ($dS\ m^{-1}$)	اسیدیته pH	کربن آلی Organic carbon (%)	پتاسیم Potassium	فسفر Phosphorus
					($mg.kg^{-1}$)	
خاک Soil	0-30	2.5	7.84	0.29	69	2.5
		هدایت الکتریکی EC ($dS\ m^{-1}$)	اسیدیته pH	کلسیم+منیزیم Calcium+Magnesium	سدیم Sodium	پتاسیم Potassium
				($mg.\ Lit^{-1}$)		
آب Water		0.4	7.7	69	105	2.4

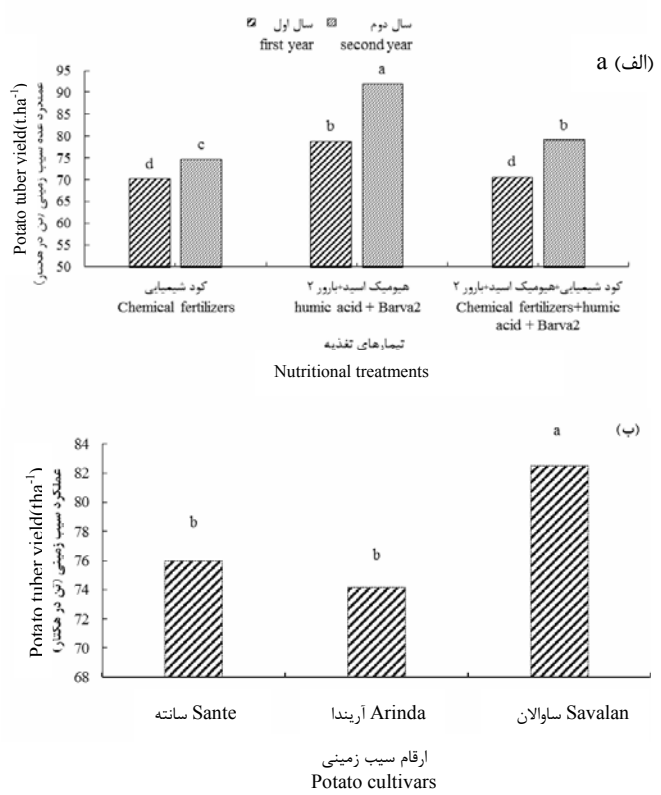
جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب صفات سیب زمینی در دو سال آزمایش

Table 3- Compound analysis of variance of traits of potato in two crop years

منبع تغییرات S. O. V	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات Mean squares						
		عملکرد غده Tuber yiled	درصد ماده خشک غده Dry matter percentage	نیتروژن غده Tuber Nitrogen	فسفر غده Tuber Phosphorus	پتاسیم غده Tuber Potassium	نشاسته غده Tuber Starch	سولانین غده Tuber Solanine
سال Year	1	1018.3**	83.70*	0.603^{ns}	110435*	7773929*	893.6*	294261*
تکرار (سال) Repetition (r)	4	179.23	11.133	0.86	278	3392	4.5	24246
تغذیه nutrition	2	861.14^{ns}	75.58^{ns}	0.12^{ns}	37958^{ns}	3647793^{ns}	210.9^{ns}	1061764**
سال ×تغذیه N×Y	2	84.88**	4.5*	0.04*	6951**	581535**	61.28**	5271**
خطای اصلی Erorr	8	6.56	0.004	0.0004	0.0001	1	0.002	9
رقم Cultivar	2	346.67**	8^{ns}	0.105^{ns}	57335*	1857770*	4.27^{ns}	1130835**
سال×رقم N×Y	2	17.01^{ns}	0.75^{ns}	0.012^{ns}	1460^{ns}	99319^{ns}	11.13^{ns}	18067^{ns}
تغذیه ×رقم C×N	4	33.88^{ns}	7.59*	0.08*	26332**	1098656*	62.1**	1239408**
سال×تغذیه ×رقم C×N×Y	4	7.54^{ns}	0.71**	0.007**	1589**	70463**	6.9**	6371**
خطای فرعی Erorr	24	19.33	0.001	0.0001	0.0002	0.0001	0.0003	2
ضریب تغییرات (%) C.V.		4.39	0.027	0.01	0.36	0.47	0.02	1.26

* معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، ** معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، ^{ns} : غیرمعنی‌دار.

* :Significant at 5%; **: Significant at 1%; ^{ns} :Non-significan.

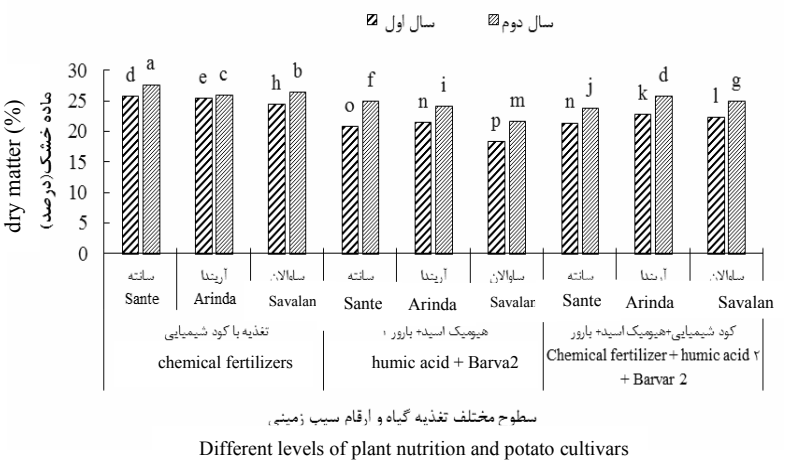


شکل ۱- اثر متقابل سال کشت و تیمارهای تغذیه (الف) و اثر رقم‌های مختلف بر عملکرد غده سیب‌زمینی (ب)

Figure 1- The mutual effect of cultivation year and nutrition treatments (a) and the effect of cultivars on potato tuber yield (b)

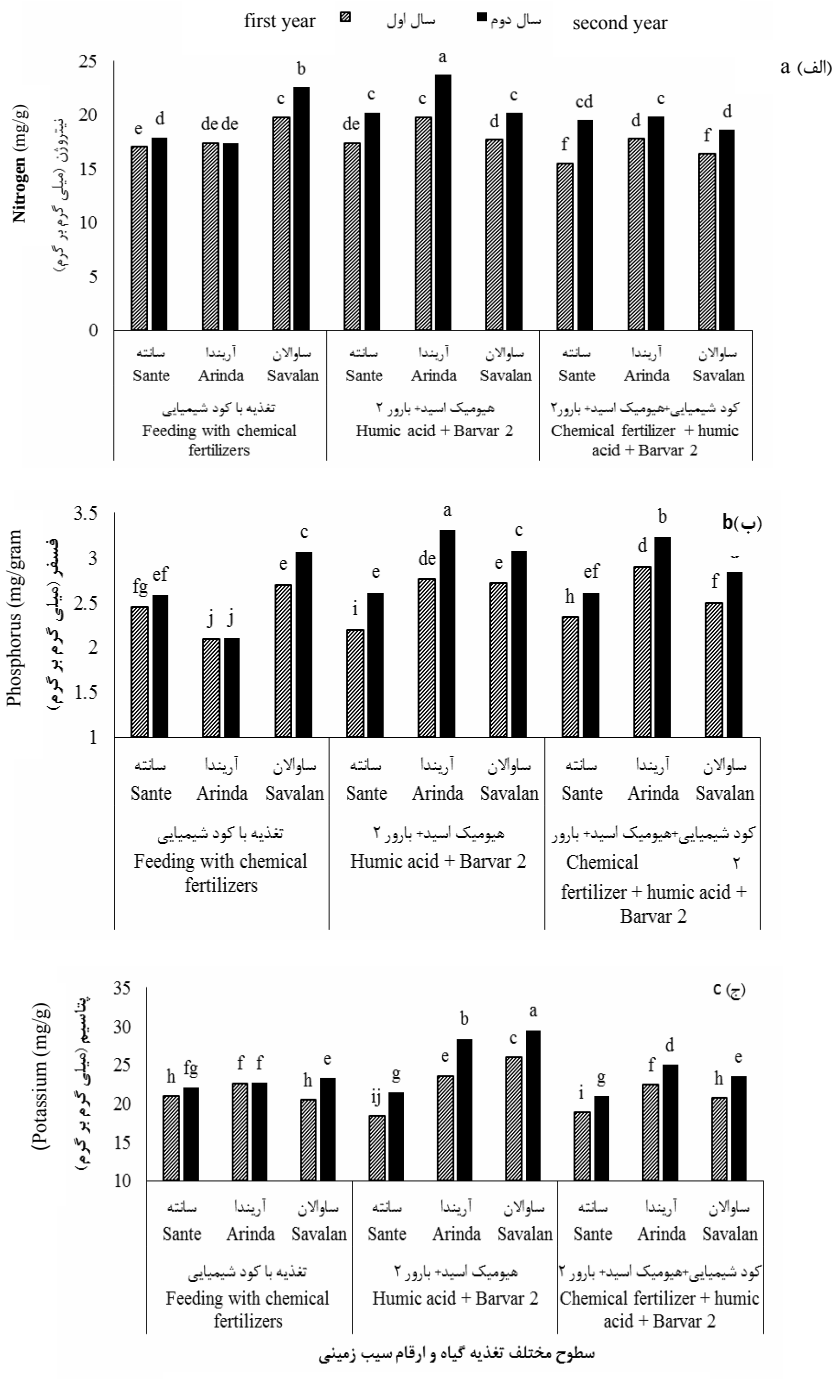
حروف مشابه نشان دهنده عدم معنی‌داری بین‌تیمارها در سطح پنج درصد می‌باشد.

(Means with the same letter are not significantly different at p-value 5%.



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل سال کشت و تیمارهای تغذیه بر درصد ماده خشک غده ارقام سیب زمینی

Figure 2- Comparison of the average interaction effect of the year of cultivation and nutritional treatments on the percentage of tuber dry matter of potato cultivars



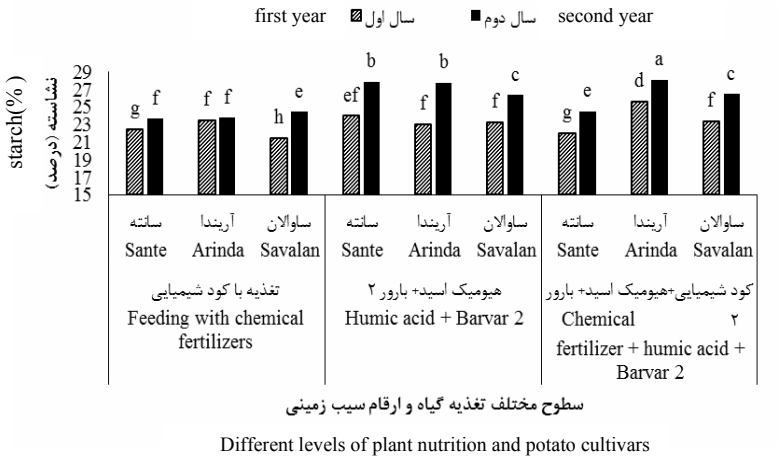
Different levels of plant nutrition and potato cultivars

شکل ۳- مقایسه میانگین اثرات متقابل سال کشت و تیمارهای تغذیه بر مقدار الف) نیتروژن، ب) فسفر و ج) پتاسیم غده رقم‌های مختلف سیب‌زمینی

Figure 3- Comparison of the average mutual effects of the year of cultivation and nutrition treatments on the amount of a) nitrogen, b) phosphorus and c) potassium in the tuber of potato cultivars

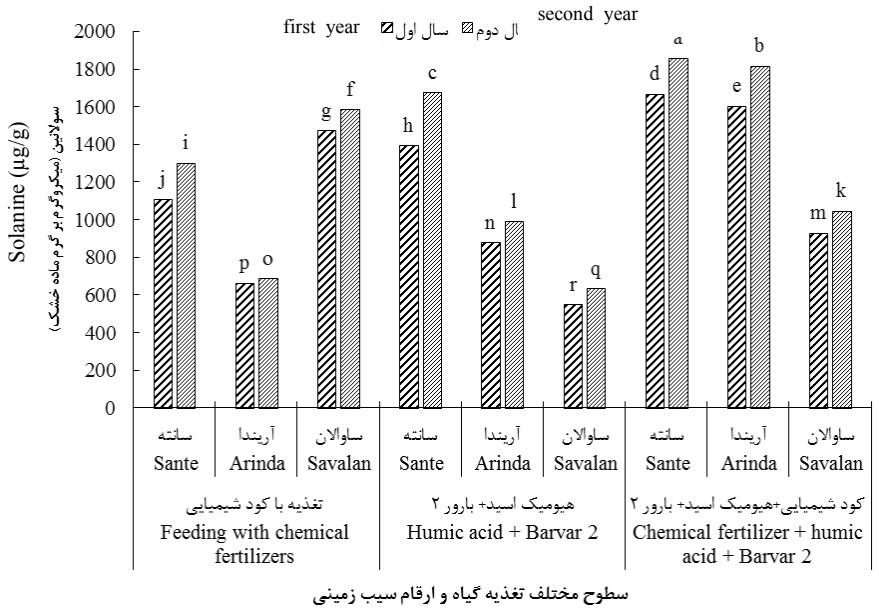
میانگین های دارای حروف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means with the same letter are not significantly different at p-value 5%.



شکل ۴- مقایسه میانگین اثرات متقابل سال کشت و تیمارهای تغذیه بر مقدار نشاسته غده ارقام سیب‌زمینی

Figure 4- Comparison of the average interaction effects of the year of cultivation and nutrition treatments on the amount of starch in the tubers of potato cultivars



شکل ۵- مقایسه میانگین اثرات متقابل سال کشت و تیمارهای تغذیه بر مقدار ترکیب سولانین غده ارقام سیب‌زمینی

Figure 5- Comparison of the average interaction effects of the year of cultivation and nutrition treatments on the amount of solanine composition of the tuber of potato cultivars

میانگین‌های دارای حروف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means with the same letter are not significantly different at p-value 5%.

References منابع مورد استفاده

- Abdollahi, M., A. Soleymani, and M.H. Shahrajabian. 2018. Evaluation of yield and some of physiological indices of potato cultivars in relation to chemical, biological and manure fertilizers. *Cercetări Agronomice în Moldova.* 2(174): 53-66.
- Abu-Zinada, I.A., and K.S. Sekh-Eleid. 2015. Humic acid to decrease fertilization rate on potato (*Solanum tuberosum* L.). *American Journal of Agriculture and Forestry*. 3: 234-238.
- Alenazi, M., A.W. Mahmood, S.A. Hesham, A.I. Abdullah, and A. Abdullah. 2016. Water regimes and humic acid application influences potato growth, yield, tuber quality and water use efficiency. *American Journal of Potato Research*. 93(5): 463-473.
- Alhadeedy, M.A.H. 2020. Effects of spraying of humic acid and the addition of different levels of organic fertilizer on growth and yield of two varieties of potatoes under drip irrigation. *Plant Archives*. 20(1): 2687-2691.
- Amini, R., A. Dabbagh Mohammadi Nasab, and SH. Mahdavi. 2018. Effect of organic fertilizers in combination with chemical fertilizer on tuber yield and some qualitative characteristics of potato (*Solanum tuberosum* L.). *Agricultural Ecology*. 9(3:3): 734-748.
- Banerjee, M., R.L. Yesmin, and J.K. Vessey. 2006. Plant-growth promoting rhizobactteria as biofertilizer and biopesticides. Pp.137-181. In: Rai, M.K. (ed) Handbook of Microbial Biofertilizers. Food Production Press, USA.
- Bolandi, A.R., and K. Hamidi. 2015. Effect of the planting interval and tuber weight on yield and yield components of tuber seeds on potato, Savalan cultivar. *Iranian Journal of Crop Researches*. 13(1): 165-172. (In Persian).
- Carman, A.S. 1986. Rapid high-performance chromatographic determination of the potato glycoalkaloids alpha-solanin and alpha-chaconine. *Journal of Agricultural Food and Chemistry*. 34(2): 279-282.
- Cottrell, J.E., C.M. Duffus, L. Paterson, and G.R. Mackay. 1995. Properties of potato starch: effect of genotype and growing conditions. *Phytochemistry*. 40(4): 1057-1064.
- Ekelof, J. 2007. Potato yield and tuber set as affected by phosphorus fertilization. *Saint Louis University Master project in the Horticultural Science Program.* 2:1-38.
- Ghobadi, M., S. Jahanbin, R. Motallebi Fard, and K. Parvizi. 2011. Effect of phosphate biological fertilizers on yield and yield components of potato. *Agricultural Science and Sustainable Production.* 1(2): 35-52. (In Persian).
- Ghosh, P.K., P. Ramesh, K.K. Bandyopadhay, A.K. Tripathi, K.M. Hati, and A.K. Misra. 2004. Comparative effectiveness of cattle manure, poultry manure, phosphocompost and fertilizer-NPK on three cropping systems in vertisoils of semi-arid tropics. I. Crop yields and systems in performance. *Bioresource Technology*. 95: 77-83.

- Glinushkin, A.P., and M.A. Sokolov. 2017. The role of soil humus in adapting the agricultural sphere to Earth's climate change. *Russian Journal of Plant Physiology*. 2(9): 15–20.
- Haddad, M., N.M. Bani-Hani, J.A. Al-Tabbaland, and A.H. Al-Fraihat. 2016. Effect of different potassium nitrate levels on yield and quality of potato tubers. *Journal of Food, Agriculture and Environment.* 14(1): 101-107.
- Hamzehei, R., V.A. Davtyan, M.E. Ghobadi, KH. Parvizi, and A. Ghadami-Firoozabadi. 2017. Effect of deficit irrigation on some physiological characteristics and yield in two potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivars. *Plant Production Technologies.* 17(2): 15-26. (In Persian).
- Hejazi, A., M. Shahwerdi, and J. Ardphoroush. 2004. Hand book of reference methods for plant analysis. University Tehran Press. (In Persian).
- Kaafi, M., A. Oskueian, A. Oskueian, and J. Shabahang. 2019. Study the effect of biological fertilizers on quality, yield and yield components of two potato varieties. *Agricultural Science and Sustainable Production*. 9(2): 65-84. (In Persian).
- Khalid, A., A.M. Muhammad, and Z.A. Zahir. 2004. Screening plant growth promoting rhizobacteria for improving growth and yield of wheat. *Journal of Applied Microbiology*. 96: 473–480.
- Kholdbarin, B., and T. Eslam Kadeh. 2001. Mineral nutrition of higher plants. Shiraz University Press. 945 pp. (In Persian).
- Kumar, M., L.K. Baishya, D.C. Ghosh, and V.K. Gupta. 2011. Yield and quality of potato (*Solanum tuberosum*) tubers as influenced by nutrient sources under rainfed condition of Meghalaya. *Indian Journal of Agronomy.* 56(3): 260–266.
- Mahmoud, A.R., and M.M. Hafez. 2010. Increasing productivity of potato plants (*Solanum tuberosum* L.) by using potassium fertilizer and humic acid application. *International Journal of Academic Research*. 2: 83-88.
- Mittal, V., O. Sigh, H. Nayyar, G. Kaur, and R. Tewari. 2008. Stimulatory effect of phosphate-solubilizing fungal strains (*Aspergillus Awarvori* and *Pencillum Citrinum*) on the yield of chickpea *Cicer Arictinum* L. Cv. Gpfz). *Soil Biology and Biochemistry.* 40: 718-727.
- Nogales, R., C. Cifuentes, and E. Benitez. 2005. Vermicomposting of winery wastes: a laboratory study. *Journal of Environmental Science and Health*. Part B. 40(4): 659–673.
- Pandit, A., D.K. Dwivedi, A.K. Choubey, P.K. Bhargaw, and R.K. Raj. 2018. Effect of integrated nutrient management on yield of potato (*Solanum tuberosum* L.). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry.* 7(6): 797-800.
- Rosen, C., M. Mcnearney, and P. Bierman. 2010. Evaluation of specialty phosphorus fertilizer sources for potato. Northern Plains Potato Growers Association Research Reporting Meeting, Minnesota, USA.

- Sayed, F.E., A.H. Hassan, and M. Mohamed. 2019. Impact of bio and organic fertilizers on potato yield, quality and tuber weight loss after harvest. *Potato Research.* 58: 67- 81.
- Schoebitz, M., M.D. Lopez, H. Serri, O. Martinez, and E. Zagal. 2016. Combined application of microbial consortium and humic substances to improve the growth performance of blueberry seedlings. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 16: 1010-1023.
- Sikder, R.K., M.M. Rahman, S.M. Washim Bari, and H. Mehraj. 2017. Effect of organic fertilizers on the performance of seed potato. *Tropical Plant Research*. 4(1): 104–108.
- Smith, J., A. Abegaz, R.B. Matthews, M. Subedi, E.R. Orskov, V. Tumwesige, and P. Smith. 2014. What is the potential for biogas digesters to improve soil fertility and crop production in Sub-Saharan Africa? *Biomass and Bioenergy.* 70: 58–72.
- Sparks, D.L., A.L. Page, P.A. Helmke, and R.H. Leoppert. 1996. Methods of soil analysis. Part 3: Chemical Methods (D.L. Sparks, A.L. Page, P.A. Helmke, and R.H. Loeppert, Eds.). Madison, WI: Soil Science Society of America, American Society of Agronomy.
- Suh, H.Y., K.S. Yoo, and S.G. Suh. 2014. Tuber growth and quality of potato (*Solanum tuberosum* L.) as affected by foliar or soil application of fulvic and humic acids. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*. 55: 183-189.
- Walkley, A., and I.A. Black. 1934. An examination of the method for determining soil organic matter and proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science.* 37(1): 29-38 .
- Wang, Y., L.B. Snodgrass, P.C. Bethke, A.J. Bussan, D.G. Holm, R.G. Novy, and V. Sathuvalli. 2017. Reliability of measurement and genotype×environment interaction for potato specific gravity. *Crop Science.* 57(4): 1966-1972.
- Yan, L., F. Feng, W. Jianlin, W. Xiaobin, C. Rongzong, L. Gousheng, Z. Fuli, and T. Deshui 2019. Humic acid fertilization improved soil properties and soil microbial diversity of continuous cropping peanut: A Three-year experiment. Scientific reports. 9(12014): Published: 19 August 2019.
- Zaman, A., A. Sarkar, S. Sarkar, and W.P. Devi. 2011. Effect of organic and inorganic sources of nutrients on productivity, specific gravity and processing quality of potato (*Solanum tuberosum*). *Indian Journal of Agricultural Sciences.* 81(12): 1137–1142.
- Zhevora, S.V., L.S. Fedotova, N.A. Timoshina, E.V. Knyazeva, and A.E. Shabanov. 2019. The effect of microbial preparations on biological activity of the soil and yielding ability and quality of potato. *Russian Agricultural Sciences.* 45(5): 443–448.

Research Article DOI:

The Effect of Combined Application of Biological, Organic and Chemical Fertilizers on Growth Responses and Quality of Several Potato Cultivars (*Solanum tuberosum*) in Northern Khuzestan Province

Mansour Timar[1,2], Shahram Lack[2*], Alireza Shokuhfar[2], Naser Zarifinia[3] and Mojtaba Alavifazel[4]

Received: April 2021 , Revised: 20 August 2021, Accepted: 8 September 2021

Abstract

In order to investigate the effect of nutrition management of different potato cultivars, on the quantitative and qualitative traits and nutrients content in the potato tuber, an experiment was conducted in Safi Abad Agricultural Research Center of Dezful as split plot based on completely randomized block design with three replications during two cropping years 2016-2017. The studied treatments are nutrition at three levels (application of urea, triple superphosphate and potassium sulfate fertilizers (180, 150 and 100 $kg.ha^{-1}$, respectively), nutrition with humic acid organic fertilizer and phosphorus Barvar-2 (1kg and 100 $g.ha^{-1}$, respectively) and combined nutrition treatment with chemical fertilizers + humic acid+ phosphorus Barvar-2) in main plots and potato cultivars (Sante, Arinda and Savalan) in sub plots. The results showed that chemical fertilizer treatments had a higher percentage of dry matter than other nutritional treatments and nutritional treatment with chemical fertilizer+ humic acid+Barvar-2 was in the next rank. Also, findings showed that Sante cultivar in the second year with application of chemical fertilizer had higher percentage of dry matter than other treatments by 27.69 percent followed by Savalan cultivar was in the same nutrition treatment in the second year of cultivation 26.47 percent dry matter. Based on the results of mean comparison, the nitrogen content of potato in the second year increased significantly compared to the first year and the highest nitrogen content was observed in the studied treatments in the second year of the study. The highest amount of phosphorus was the humic acid+ Barvar-2 treatment in the second year by 3.31 $mg.g^{-1}$ in Arinda cultivar. Generally, humic acid treatments were better than other nutritional treatments in terms of phosphorus levels. Also, according to the qualitative traits, the lowest levels of solanine toxin were obtained in the first and second year in Savalan cultivar, by 546.4 and 632. 2$\mu g.g^{-1}$ dry matter respectively. In chemical fertilizer nutrition treatments, Arinda cultivar had the lowest amount of solanine toxin in both years of research. Overall, the results of this study showed that Savalan cultivar had better performance than other cultivars and in general, the application of phosphorus Barvar-2 and humic acid improved the quantitative and qualitative characteristics of potatoes in the northern Khuzestan climatic conditions.

Key words: Balanced nutrition, Growth promoting, Nitrogen, Solanin, Organic.

1-Department of Agronomy, Khuzestan University of Science and Research Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.
2-Department of Agronomy, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.
3-Department of Seed and Plant Improvement Research, Safiabad Agricultural Research and Education and Natural Resources Center, Agricultural Research, Education and Extension Organzation (AREEO), Dezful, Iran.
4-Horticulture and Agronomy Sciences Department, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
**Corresponding Authors: sh.lack@yahoo.com*