



## Effect of foliar application of Magnesium sulfate and Manganese sulfate on yield and some quantitative traits of Agria cultivar Potato

Morteza Barmaki<sup>1</sup> | Damoon Rajabzadeh<sup>2</sup> | Khadijeh Aghaeifard<sup>3</sup>

1. Corresponding Author, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran. E-mail: [m\\_barmaki@uma.ac.ir](mailto:m_barmaki@uma.ac.ir)
2. Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran. E-mail: [d.rajabzadeh@student.uma.ac.ir](mailto:d.rajabzadeh@student.uma.ac.ir)
3. Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran. E-mail: [kh.aghaei@uma.ac.ir](mailto:kh.aghaei@uma.ac.ir)

### Article Info

#### Article type:

Research Article

#### Article history:

Received 25 May 2021

Received in revised form

26 August 2023

Accepted 27 August 2023

Published online

20 September 2023

#### Keywords:

Economical yield

Fertilizer level

Nutritional elements

Plant height

Stem diameter

### ABSTRACT

**Objective:** The present research was conducted in order to investigate the effect of different levels of Magnesium sulfate and Manganese sulfate on yield and some quantitative traits of Potato in Agria cultivar.

**Methods:** The experiment was conducted as a factorial in the form of a randomized complete block design with three replications during 2018- 2019 growing season in Nir city. The first factor included foliar application of Manganese sulfate at two levels: control and 5 per thousand, and the second factor involved foliar application of Magnesium sulfate at five levels: (control, 1.5, 3, 4.5, and 6 per thousand), used in the stages of early tuberculosis and 50% tuberculosis.

**Results:** The results of analysis of variance showed that with the exception of the number of stems and the number of uneconomical tubers, the effect of Manganese sulfate on the number of usable tubers at the level of five percent and in the other studied traits was significant at 1% level. The effect of Magnesium sulfate had a significant effect on plant height at 5% level and on other studied traits at 1% level. However, the interaction of experimental treatments was not significant. The highest tuber yield of 44.9 t.ha<sup>-1</sup> belonged to foliar application with a concentration of 5 per thousand manganese sulfate. The highest effect of Magnesium sulfate foliar application on the number of usable tubers was 34.4%, compared to the control. On average, foliar application of Magnesium sulfate increased tuber yield by 12.3%, compared to the control treatment.

**Conclusion:** Considering that in most of the studied traits, foliar application of 5 per thousand Manganese sulfate and 4.5 per thousand Magnesium sulfate showed better results than other treatments, these fertilizer levels can be recommended for this cultivar in this area.

**Cite this article:** Barmaki, M., Rajabzadeh, D., & Aghaeifard, Kh. (2023). Effect of foliar application of Magnesium sulfate and Manganese sulfate on yield and some quantitative traits of Agria cultivar Potato. *Journal of Crops Improvement*, 25 (3), 651-667. DOI: <https://doi.org/10.22059/jci.2023.324438.2558>



## تأثیر محلول پاشی سولفات منیزیم و سولفات منگنز بر عملکرد و برخی صفات کمی سیب زمینی رقم آگریا

مرتضی برمکی<sup>۱</sup> | دامون رجبزاده<sup>۲</sup> | خدیجه آقائی فرد<sup>۳</sup>

۱. نویسنده مسئول، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران. رایانامه: [m\\_barmaki@uma.ac.ir](mailto:m_barmaki@uma.ac.ir)
۲. گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران. رایانامه: [d.rajabzadeh@student.uma.ac.ir](mailto:d.rajabzadeh@student.uma.ac.ir)
۳. گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران. رایانامه: [kh.aghaei@uma.ac.ir](mailto:kh.aghaei@uma.ac.ir)

اطلاعات مقاله	چکیده
<b>نوع مقاله:</b> مقاله پژوهشی	<b>هدف:</b> پژوهش حاضر به منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف سولفات منیزیم و سولفات منگنز بر عملکرد و برخی صفات کمی سیب زمینی رقم آگریا انجام شد.
<b>تاریخ دریافت:</b> ۱۴۰۰/۰۳/۰۴	<b>روش پژوهش:</b> آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ در شهرستان نیر اجرا شد. فاکتور اول شامل محلول پاشی سولفات منگنز در دو سطح شاهد و پنج در هزار و فاکتور دوم شامل محلول پاشی سولفات منیزیم در پنج سطح (شاهد، یک و نیم، سه، چهار و نیم و شش در هزار) در مراحل شروع غده‌دهی و ۵۰ درصد غده‌دهی بودند.
<b>تاریخ بازنگری:</b> ۱۴۰۲/۰۶/۰۴	<b>یافته‌ها:</b> نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سولفات منگنز بر صفت تعداد غده قابل استفاده در سطح پنج درصد و در بقیه صفات مورد مطالعه به جز صفات تعداد ساقه و تعداد غده غیر اقتصادی در سطح یک درصد معنی‌دار بود. اثر سولفات منیزیم بر ارتفاع بوته در سطح پنج درصد و در بقیه صفات مورد بررسی در سطح یک درصد تأثیر معنی‌دار داشت. اما، اثر متقابل تیمارهای آزمایش غیر معنی‌دار بود. بیشترین عملکرد غده به میزان ۴۴/۹ تن در هکتار با محلول پاشی با غلظت پنج در هزار سولفات منگنز به دست آمد.
<b>تاریخ پذیرش:</b> ۱۴۰۲/۰۶/۰۵	<b>نتیجه‌گیری:</b> با توجه به این که در اکثر صفات مورد بررسی در این پژوهش، محلول پاشی پنج در هزار سولفات منگنز و چهار و نیم در هزار سولفات منیزیم نسبت به سایر تیمارها نتایج بهتری را نشان داد، می‌توان این سطوح کودی را در این منطقه برای این رقم توصیه نمود.
<b>تاریخ انتشار:</b> ۱۴۰۲/۰۶/۲۹	
<b>کلیدواژه‌ها:</b> ارتفاع بوته سطح کودی عملکرد اقتصادی عناصر غذایی قطر ساقه	

**استناد:** برمکی، مرتضی؛ رجبزاده، دامون؛ و آقائی فرد، خدیجه (۱۴۰۲). تأثیر محلول پاشی سولفات منیزیم و سولفات منگنز بر عملکرد و برخی صفات کمی سیب زمینی رقم آگریا. *بزرگای کشاورزی*، ۲۵ (۳)، ۶۵۱-۶۶۷. DOI: <https://doi.org/10.22059/jci.2023.324438.2558>



## ۱. مقدمه

سیب زمینی (*Solanum tuberosum* L.) گیاهی یک ساله و از گیاهان غده ای است که نقش مهمی در تغذیه مردم جهان داشته و از عملکرد قابل توجهی در واحد سطح برخوردار می باشد (خواجه پور، ۱۳۹۱). غده سیب زمینی منبع خوبی از انرژی، عناصر معدنی، پروتئین، چربی و ویتامین هاست که حاوی ۷۰-۸۰ درصد آب، ۲۰/۶ درصد کربوهیدرات، ۲/۱ درصد پروتئین، ۰/۳ درصد چربی، ۱/۱ درصد فیبر خام و ۰/۹ درصد خاکستر می باشد (Banjare et al., 2014) و به طور چشم گیری از آن در تهیه محصولات صنعتی استفاده می شود (Jagatee et al., 2015).

از جمله عوامل مؤثر در بهره‌وری محصولات کشاورزی، استفاده از کودهای شیمیایی است (Seleiman et al., 2021). به طوری که، کاربرد عناصر غذایی پرمصرف و کم مصرف به عنوان ابزاری مهم برای حصول حداکثر عملکرد در واحد سطح مورد توجه قرار گرفته است. عناصر غذایی علاوه بر بهبود ویژگی های کمی و کیفی محصولات کشاورزی، در سلامتی انسان و دام تأثیر به سزایی دارند. این عناصر ضمن شرکت در ساختار بعضی از اندامک ها، در بسیاری از واکنش های بیوشیمیایی گیاه دخالت دارند (Shukla et al., 2018).

پژوهش ها نشان داده است که محلول پاشی برگی عناصر غذایی، یکی از روش های سریع جهت پاسخ گیاهان به افزودن کود است که منجر به صرفه جویی در مصرف کود نیز می گردد (جوکار و رونقی، ۱۳۹۴). علاوه بر آن ها، با به حداقل رساندن آلودگی های زیست محیطی و آب های زیرزمینی، در راستای نیل به کشاورزی پایدار، نقش به سزایی دارد (Janmohammadi et al., 2018).

با توجه به آهکی بودن بیش تر خاک های ایران و پایین بودن قابلیت جذب عناصر کم مصرف و پرمصرف در این خاک ها، کمبود عناصر غذایی از جمله منیزیم و منگنز، می تواند یکی از عوامل محدود کننده رشد و نمو و تولید عملکرد سیب زمینی باشد، به همین دلیل، هدف از این پژوهش بررسی تأثیر محلول پاشی سطوح مختلف منیزیم و منگنز بر برخی صفات کمی و عملکرد سیب زمینی رقم آگریا بود.

## ۲. پیشینه پژوهش

عنصر منیزیم یک فعال کننده آلوستریک<sup>۱</sup> در بیش از ۳۰۰ آنزیم می باشد (Sembayram et al., 2015; Herman et al., 2017) و هرچند به مقدار کم در گیاه مصرف می شود، اما کمبود آن ممکن است به طور بارز دوره رشد گیاه را مختل نماید (بصیرت و مطلبی فرد، ۱۳۹۵). در پژوهشی روی سیب زمینی نشان داده شد که اثر متقابل محلول پاشی کلسیم و منیزیم بر عملکرد غده، کیفیت و جذب عناصر غذایی آن در شاخه ها و غده ها تأثیر معنی دار داشت (El-Hadidi et al., 2017). محلول پاشی منیزیم باعث افزایش عملکرد غده در بوته، عملکرد کل غده در هکتار و وزن خشک اندام های هوایی تا سطح محلول - پاشی ۰/۲ درصد منیزیم شد، اما اثر معنی دار روی تعداد غده ها در بوته و میانگین وزن غده ها نداشت. در اثر محلول پاشی ۰/۲ درصد منیزیم، وزن خشک اندام های هوایی ۷/۵ درصد و عملکرد غده ها ۱۰/۹ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت. پژوهش گران بیان کردند که این نتایج با افزایش صفات رشد رویشی مرتبط است که ممکن است به نقش مهم منیزیم در گیاه نسبت داده شود. به طوری که، محلول پاشی منیزیم باعث افزایش کلروفیل برگ، سطح برگ و تعداد برگ در گیاه شده و در نتیجه بر روی رشد کل گیاه و عملکرد آن به عنوان عملکرد غده تأثیر گذاشته است (El-Hadidi et al., 2017). افزایش عملکرد غده سیب زمینی با کاربرد کود منیزیم نسبت به گیاهان شاهد گزارش شده است (Wang

(*et al.*, 2020). پژوهش‌گران روی سیب‌زمینی به این نتیجه رسیدند که در اثر کمبود منیزیم، عملکرد غده در تیمارهای مختلف نسبت به گیاهان شاهد کاهش یافت (*Koch et al.*, 2019). در بررسی تأثیر روش‌های محلول‌پاشی منیزیم و کلسیم بر بهره‌وری و کیفیت محصول سیب‌زمینی در کشت زمستانه بیان شد که در اثر محلول‌پاشی سولفات منیزیم، وزن خشک اندام‌های هوایی و عملکرد سیب‌زمینی در اولین و دومین سال آزمایش نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت که دلیل آن را به نقش مهم منیزیم در افزایش فعالیت متابولیسم گیاه نسبت دادند که بر عملکرد غده و افزایش کیفیت غده تأثیر گذاشته است (*El-Metwaly & Mansour*, 2019). در آزمایشی دیگر، در بررسی تأثیر محلول‌پاشی عناصر غذایی بر رشد، عملکرد و کیفیت سیب‌زمینی نشان دادند که محلول‌پاشی سولفات منیزیم با غلظت‌های ۰/۳ و ۰/۵ درصد سبب افزایش عملکرد غده نسبت به تیمار شاهد شد (*Shanwaz et al.*, 2020). همچنین، پژوهش‌گران گزارش کردند که محلول-پاشی بوته‌های گوجه‌فرنگی با منیزیم، سبب افزایش ارتفاع بوته، تعداد شاخه در گیاه، تعداد گل، تعداد میوه در بوته، وزن میوه و عملکرد میوه‌ها در مقایسه با تیمار شاهد شد (*Ilyas et al.*, 2014).

عنصر منگنز نیز، نقش‌های مهمی در گیاهان ایفا می‌کند. منگنز در بخشی از فرایندهای مرتبط با فتوسنتز، بیوسنتز ویتامین‌ها و نقل و انتقالات ترکیبات نیتروژن‌دار دخالت داشته و در جذب فسفر و آهن از خاک نیز اثرگذار است (*Baranowska et al.*, 2017). از این‌رو، می‌توان اظهار داشت که دلیل اصلی توجه بیش‌تر به اهمیت عناصر کم‌مصرف در گیاهان، تخلیه بیش از حد این عناصر و عدم افزودن آن‌ها به خاک و به‌دنبال آن پیدایش کمبود و بروز مشکلات تغذیه‌ای است (*Shukla et al.*, 2018). نتایج بررسی تأثیر سطوح مختلف منگنز بر عملکرد غده نشان داد که بالاترین عملکرد غده در سطح ۱۰ میلی‌گرم منگنز در کیلوگرم خاک به‌دست آمد که باعث افزایش عملکرد غده نسبت به تیمار شاهد شد (عروجی و گلچین، ۱۳۹۱). مطالعه محلول‌پاشی روی و منگنز و تأثیر آن‌ها بر عملکرد و ویژگی‌های کیفی سیب‌زمینی نشان داد که محلول‌پاشی منگنز تأثیر معنی‌دار بر صفات ارتفاع بوته، وزن غده و عملکرد سیب‌زمینی داشت (*Kaur et al.*, 2018). همچنین، نتایج به‌دست‌آمده از پژوهشی نشان داد که مقدار منگنز در غده‌های ارقام سیب‌زمینی در طیفی از ۱۱/۴ الی ۳۱/۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک، بسته به غلظت به‌کاررفته از کود و سال آزمایش، به‌طور معنی‌دار تغییر نیافت، هرچند با کاربرد غلظت‌های بالاتر از کود، از میزان این عنصر در غده‌ها کاسته شد (*Baranowska et al.*, 2017).

به‌طور کلی اراضی زراعی با مقدار کم‌تر از ۲۰ قسمت در میلیون با کمبود منگنز و خاک‌های با مقدار کم‌تر از ۵۰ قسمت در میلیون به منزله پایین‌بودن این عنصر می‌باشد. در خصوص میزان منیزیم، حد مطلوب آن بین ۰/۲۴ تا ۰/۵۰ درصد می‌باشد و مقادیر کم‌تر از آن به منزله پایین‌بودن و کمبود این عنصر در خاک می‌باشد (مطلبی‌فرد، ۱۳۹۷).

### ۳. روش‌شناسی پژوهش

به‌منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف سولفات منیزیم و سولفات منگنز بر عملکرد و برخی صفات کمی رقم آگریا، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار، در مزرعه‌ای واقع در ۱۷ کیلومتری (عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و ۶ دقیقه و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۸ دقیقه و ارتفاع ۱۴۴۰ متر از سطح دریا) اردبیل در روستای رضاقلی قشلاقی از توابع شهرستان نیر، در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ اجرا شد. منطقه یادشده دارای اقلیم کشاورزی نیمه‌خشک ملایم با میانگین بارندگی سالانه ۳۶۸ میلی‌متر، میانگین حداقل دمای سالانه ۴ درجه سانتی‌گراد، میانگین دمای حداکثر ۱۶/۳ درجه سانتی‌گراد و میانگین دمای متوسط ۱۰/۲ درجه سانتی‌گراد است. وضعیت آب‌وهوایی منطقه در جدول (۱) آمده است. جدول (۲) نتایج آزمون خاک را نشان می‌دهد.

تیمارهای مورد مطالعه در این آزمایش شامل دو فاکتور کود سولفات منگنز در دو سطح شاهد و پنج در هزار و کود

سولفات منیزیم در پنج سطح شاهد، یک‌ونیم، سه، چهار و نیم و شش در هزار بودند که به صورت محلول پاشی مورد استفاده قرار گرفتند. رقم سیب زمینی مورد استفاده در این آزمایش، آگریا بود که از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اردبیل تهیه شد. برای اجرای آزمایش ابتدا عملیات تهیه بستر بذر در زمین مورد نظر بعد از برداشت گندم در سال قبل، با انجام شخم با گاوآهن شروع و با انجام پنجه‌غازی در فروردین ماه و تسطیح با دیسک در همان زمان برای کشت بهاره ادامه یافت. به منظور ایجاد جوی و پشته از دستگاه شیارساز (فارور) استفاده شد. فاصله بین ردیف ۷۵ سانتی‌متر و بین بوته ۲۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. تعداد ردیف در هر کرت ۵ ردیف و طول هر ردیف ۵ متر بود. کاشت در ۱۸ فروردین ماه ۱۳۹۸ به صورت دستی انجام شد. آبیاری مزرعه بلافاصله بعد از کاشت انجام شد. تیمارهای مورد نظر براساس طرح آزمایش و به صورت تصادفی در کرت‌های مورد نظر اعمال شدند. محلول پاشی با عناصر مورد نظر طبق مقیاس BBCH (Hack et al., 2001) در دو نوبت به ترتیب در BBCH کد ۴۰ (مرحله شروع غده‌دهی) و BBCH کد ۴۵ (مرحله ۵۰ درصد غده‌دهی) در تاریخ‌های ۱۷ و ۲۹ خردادماه ۱۳۹۸ انجام شد. مقیاس BBCH مقیاسی است که اغلب برای شناسایی مراحل رشد فنولوژیکی سیب زمینی از کاشت تا برداشت استفاده می‌شود و دوره‌های رشد اصلی مانند پوشش گیاهی و رشد زایشی را از سایر دوره‌ها متمایز می‌کند (Ahmadi et al., 2014). میزان محلول پاشی به نحوی بود که بوته‌های سیب زمینی به طور کامل آغشته به محلول شدند. آبیاری مزرعه مطابق عرف منطقه صورت گرفت و به منظور مبارزه با آفات و علف‌های هرز احتمالی، از روش‌های تلفیقی (وجین به همراه آفت کش یا علف کش پاراکوات بعد از کاشت و قبل از سبز شدن بوته‌ها) استفاده شد. در طول فصل رشد مراقبت‌های لازم برای گیاه مانند وجین علف‌های هرز به صورت دستی انجام شد.

جدول ۱. اطلاعات هواشناسی شهرستان نیر از فروردین ماه تا پایان شهریورماه سال ۱۳۹۸

ماه						
عوامل	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
حداقل مطلق دمای هوا (درجه سانتی‌گراد)	-۵/۶	-۷/۸	۴/۴	۴/۲	۷/۶	۳/۵
حداکثر مطلق دمای هوا (درجه سانتی‌گراد)	۲۰/۱	۲۶/۲	۳۱/۴	۳۶/۷	۳۶/۲	۳۳/۹
متوسط حداقل دمای هوا (درجه سانتی‌گراد)	۱/۳	۴/۱	۸/۷	۱۰/۸	۱۱/۵	۹/۸
متوسط حداکثر دمای هوا (درجه سانتی‌گراد)	۱۱/۲	۱۸/۰	۲۵/۲	۲۶/۹	۲۷/۳	۲۲/۱
متوسط کل دمای هوا (درجه سانتی‌گراد)	۶/۲	۱۱/۰	۱۷/۰	۱۸/۸	۱۹/۴	۱۶/۰
بارندگی (میلی‌متر)	۷۵/۹	۳۸/۰	۲۱/۸	۱/۲	-/۳	۳۰/۷
متوسط رطوبت نسبی (درصد)	۶۷/۹	۵۸/۳	۵۴/۱	۵۶/۰	۵۴/۲	۶۵/۹
متوسط تبخیر (میلی‌متر در روز)	۴/۲	۵/۲	۶/۸	۷/۷	۷/۳	۴/۹
متوسط ساعت آفتابی (ساعت/ روز)	۵/۳	۸/۵	۱۰/۱	۱۱/۱	۱۰/۲	۶/۸

جدول ۲. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

بافت خاک	رس (درصد)	سیلت (درصد)	شن (درصد)	EC (دسی‌زیمنس بر متر)	اسیدیته	درصد اشباع (درصد)	نیتروژن کل (درصد)
لومی	۲۲	۴۰	۳۸	۱/۳	۷/۶	۴۵	۰/۱
کربن آلی (درصد)	فسفر (پی‌پی‌ام)	پتاسیم (پی‌پی‌ام)	روی (پی‌پی‌ام)	آهن (پی‌پی‌ام)	مس (پی‌پی‌ام)	منگنز (پی‌پی‌ام)	منیزیم (پی‌پی‌ام)
۱/۲	۳۵/۸	۴۸۳	۶/۷	۶/۱	۳/۱	۱۳/۳	۵/۲

در نهایت در زمان گل‌دهی ۵۰ درصد از بوته‌های هر کرت، ارتفاع تعداد ۱۰ بوته از محل سطح بستر کاشت تا انتهای بلندترین ساقه اصلی هر بوته، به وسیله خط‌کش مدرج برحسب سانتی‌متر اندازه‌گیری و یادداشت گردید و میانگین آن‌ها

به‌عنوان ارتفاع بوته برای هر تیمار، در نظر گرفته شد. در پایان فصل زراعی، برداشت نهایی مزرعه در تاریخ ۲۶ شهریورماه ۱۳۹۸ صورت گرفت. برای اندازه‌گیری صفات تعداد ساقه اصلی در بوته، قطر ساقه اصلی، تعداد غده در بوته، تعداد غده قابل‌استفاده (با قطر بیش‌تر از ۳۰ میلی‌متر)، تعداد غده غیر اقتصادی (با قطر کم‌تر از ۳۰ میلی‌متر) و وزن متوسط غده، تعداد ۱۰ بوته به‌طور تصادفی انتخاب و میانگین آن‌ها برای این صفات یادداشت شد. برای اندازه‌گیری قطر ساقه و غده از کولیس استفاده شد. برای تعیین میزان عملکرد بوته‌ها نیز، از سه ردیف میانی با حذف یک ردیف کناری از هر طرف و همین‌طور حذف نیم‌متر حاشیه از ابتدا و انتهای هر ردیف کاشت، عملکرد بوته‌ها در مساحت برداشت‌شده ثبت و پس از برآورد نسبت محصول برداشت‌شده به سطح زیر کشت، عملکرد هر تیمار برحسب کیلوگرم در هکتار برآورد گردید. نرمال‌سازی داده‌های به‌دست‌آمده با استفاده از آزمون‌های Smirno-Kalmogoro و Shapiro Wilk انجام شد. برای تجزیه داده‌ها از نرم‌افزارهای آماری SPSS (نسخه ۲۵) و SAS (نسخه ۹/۱) استفاده شد. میانگین‌ها نیز با استفاده از روش آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD)<sup>۱</sup> در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند.

#### ۴. یافته‌های پژوهشی

##### ۴.۱. ارتفاع بوته

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر اصلی محلول‌پاشی سولفات‌منگنز و سولفات‌منیزیم بر صفت ارتفاع بوته به‌ترتیب در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار بود، اما اثرات متقابل فاکتورهای آزمایش بر این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۳). محلول‌پاشی سولفات‌منگنز باعث افزایش ارتفاع بوته به مقدار ۴/۳ درصد نسبت به تیمار شاهد شد. به‌طوری‌که، بالاترین ارتفاع بوته (۸۷/۸ سانتی‌متر) در محلول‌پاشی پنج در هزار سولفات‌منگنز مشاهده شد. کم‌ترین میزان ارتفاع نیز با ۸۴/۲ سانتی‌متر متعلق به تیمار شاهد بود (جدول ۴).

در اثر محلول‌پاشی سولفات‌منیزیم بیش‌ترین ارتفاع بوته به‌میزان ۸۹/۴ سانتی‌متر از سطح کودی چهار و نیم در هزار محلول‌پاشی سولفات‌منیزیم به‌دست آمد، اگرچه به لحاظ آماری اختلاف معنی‌دار با سطوح کودی سه و شش در هزار محلول‌پاشی سولفات‌منیزیم نداشت. کم‌ترین مقدار این صفت به‌میزان ۸۱/۹ سانتی‌متر از تیمار شاهد (بدون محلول‌پاشی سولفات‌منیزیم) به‌دست آمد. نتایج نشان داد بیش‌ترین اختلاف از نظر ارتفاع بوته، بین محلول‌پاشی چهار و نیم در هزار سولفات‌منیزیم و تیمار شاهد به‌میزان ۹/۱ درصد بود (جدول ۴).

##### ۴.۲. قطر ساقه اصلی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر محلول‌پاشی سولفات‌منگنز و سولفات‌منیزیم بر صفت قطر ساقه اصلی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند، اما اثر متقابل فاکتورهای آزمایش بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۳). در اثر محلول‌پاشی سولفات‌منگنز کم‌ترین قطر ساقه اصلی به‌میزان ۱۲/۴ میلی‌متر در تیمار شاهد به‌دست آمد، در حالی‌که بالاترین قطر ساقه اصلی به‌میزان ۱۳/۵ میلی‌متر مربوط به محلول‌پاشی پنج در هزار این کود بود. به‌طوری‌که، کاربرد پنج در هزار سولفات‌منگنز در مقایسه با شاهد موجب افزایش ۸/۷ درصد قطر ساقه اصلی در بوته‌های سیب‌زمینی شد (جدول ۴).

محلول‌پاشی با غلظت‌های چهار و نیم و شش در هزار سولفات‌منیزیم، اختلاف معنی‌دار با محلول‌پاشی با غلظت سه در هزار این کود نداشت و بالاترین قطر ساقه اصلی به‌ترتیب به‌میزان ۱۳/۷، ۱۳/۷ و ۱۳/۳ میلی‌متر بود. هم‌چنین، محلول‌پاشی یک و نیم در هزار سولفات‌منیزیم تفاوت معنی‌دار با شاهد نداشت و کم‌ترین قطر ساقه اصلی (به‌ترتیب ۱۲/۲

و ۱۱/۷ میلی متر) در این شرایط به دست آمد. نتایج نشان داد که محلول پاشی چهار و نیم و شش در هزار سولفات منیزیم سبب افزایش قطر ساقه اصلی به میزان ۱۷/۵ درصد نسبت به تیمار شاهد شد (جدول ۴).

#### ۳.۴. تعداد ساقه اصلی در بوته

طبق نتایج به دست آمده در جدول (۳) محلول پاشی سولفات منیزیم بر تعداد ساقه اصلی در بوته اثر معنی داری در سطح احتمال یک درصد داشت، اما اثر سولفات منگنز و اثرات متقابل سولفات منگنز و سولفات منیزیم بر روی این صفت معنی دار نبود.

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس اثر سطوح مختلف محلول پاشی سولفات منگنز و سولفات منیزیم بر صفات کمی مورد مطالعه سیب زمینی رقم آگریا

منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع بوته	قطر ساقه اصلی	تعداد ساقه		تعداد غده		وزن متوسط غده	عملکرد غده
				اصلی در بوته	در بوته	تعداد غده قابل استفاده	تعداد غده غیر اقتصادی		
تکرار	۲	۶۹/۴۷*	۴/۸۵*	۰/۲۸*	۱/۲۸**	۴/۶۸**	۱/۰۰**	۲۴۱/۸۰*	۱۰/۷۱ ns
سولفات منگنز	۱	۹۷/۹۲**	۸/۸۶**	۰/۰۱ns	۲/۰۳**	۱/۰۱*	۰/۲۱ ns	۷۷۸/۲۶**	۳۱۰/۴۱**
سولفات منیزیم	۴	۴۷/۶۷*	۵/۲۱**	۰/۴۰**	۱/۵۶**	۳/۱۳**	۰/۵۶**	۳۷۶/۸۱**	۳۹/۲۶**
سولفات منگنز × سولفات منیزیم	۴	۴/۸۷ns	۰/۸۶ns	۰/۰۲ns	۰/۱۲ ns	۰/۱۸ ns	۰/۱۲ ns	۴/۸۹ ns	۰/۱۸ ns
اشتباه آزمایش	۱۸	۱۰/۸۲	۰/۷۳	۰/۰۵	۰/۱۴	۰/۱۷	۰/۱۰	۵۶/۲۲	۳/۳۲
ضریب تغییرات (درصد)		۳/۸۲	۶/۶۳	۸/۱۴	۴/۰۱	۵/۹۹	۱۲/۸۱	۶/۶۱	۴/۳۷

ns \* و \*\* به ترتیب غیر معنی دار، معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد می باشد.

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف محلول پاشی سولفات منگنز و سولفات منیزیم بر صفات کمی مورد مطالعه سیب زمینی رقم آگریا

تیمارها	سطوح	ارتفاع بوته (سانتی متر)	قطر ساقه اصلی (میلی متر)	تعداد غده در بوته	تعداد غده قابل استفاده	وزن متوسط غده (گرم)	عملکرد غده (تن در هکتار)
سولفات منگنز	شاهد	۸۴/۲۱ b	۱۲/۴۴ b	۹/۱۲ b	۶/۷۱ b	۱۰۸/۳۰ b	۳۸/۴۳ b
	۵ در هزار	۸۷/۸۸ a	۱۳/۵۲ a	۹/۶۵ a	۷/۰۷ a	۱۱۸/۴۸ a	۴۴/۸۷ a
سولفات منیزیم	شاهد	۸۱/۹۴ c	۱۱/۶۹ b	۸/۷۲ d	۵/۷۵ c	۱۰۳/۶۲ c	۳۷/۹۳ b
	۱/۵ در هزار	۸۴/۷۶ bc	۱۲/۲۴ b	۹/۰۳ cd	۶/۸۳ b	۱۰۷/۴۶ bc	۴۰/۰۴ b
	۳ در هزار	۸۷/۳۶ ab	۱۳/۳۲ a	۹/۳۵ bc	۷/۰۸ b	۱۲۲/۸۸ a	۴۳/۲۰ a
	۴/۵ در هزار	۸۹/۳۸ a	۱۳/۷۱ a	۱۰/۰۳ a	۷/۷۳ a	۱۱۴/۳۷ ab	۴۳/۵۳ a
	۶ در هزار	۸۶/۷۹ ab	۱۳/۷۴ a	۹/۶۷ ab	۷/۰۷ b	۱۱۸/۶۸ a	۴۳/۵۶ a

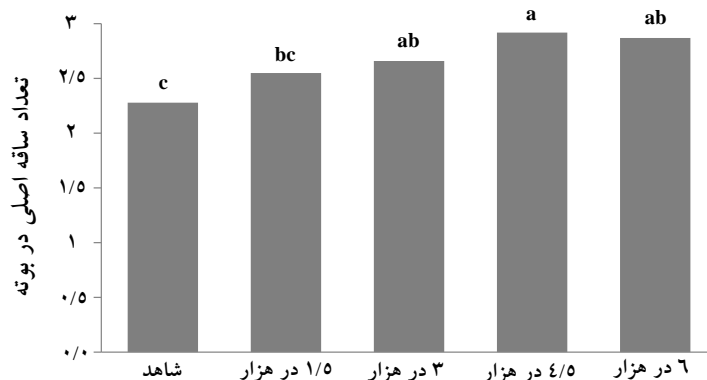
حروف غیر مشابه بیانگر تفاوت معنی دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD است.

بیشترین تعداد ساقه اصلی در بوته از محلول پاشی چهار و نیم و شش در هزار سولفات منیزیم به میزان ۲/۹ ساقه به دست آمد، اگرچه از نظر آماری اختلاف آن‌ها با تیمار کودی سه در هزار این کود معنی دار نبود. کمترین میزان این صفت (۲/۳ ساقه اصلی در بوته) در تیمار شاهد مشاهده شد که از نظر آماری با سایر تیمارهای کودی اختلاف معنی دار داشت. محلول پاشی چهار و نیم و شش در هزار سولفات منیزیم سبب افزایش این صفت به ترتیب به میزان ۲۸/۱ و ۲۵/۹ درصد نسبت به تیمار شاهد شد (شکل ۱).

#### ۴.۴. تعداد غده در هر بوته

نتایج جدول تجزیه واریانس آماری نشان داد که اثرات ساده سولفات منیزیم و سولفات منگنز بر روی صفت تعداد غده در هر بوته در سطح احتمال یک درصد معنی دار اما اثرات متقابل آن‌ها بر روی صفت مربوط غیر معنی دار بود (جدول ۳).

بیش‌ترین مقدار تعداد غده در بوته (۹/۷ غده در بوته) در اثر محلول‌پاشی پنج در هزار سولفات‌منگنز به‌دست آمد و کم‌ترین مقدار آن (۹/۱ غده در بوته) مربوط به تیمار شاهد بود. کاربرد پنج در هزار سولفات‌منگنز به‌صورت محلول‌پاشی، ۵/۸ درصد بر تعداد غده در هر بوته افزود (جدول ۴).



شکل ۱. اثر سطوح محلول‌پاشی سولفات‌منیزیم بر تعداد ساقه اصلی در سیب‌زمینی رقم آگریا

در اثر محلول‌پاشی سولفات‌منیزیم، بیش‌ترین تعداد غده در بوته (۱۰ غده در بوته) در تیمار کودی چهار و نیم در هزار سولفات‌منیزیم به‌دست آمد، اگرچه از نظر آماری اختلاف معنی‌دار با سطح کودی شش در هزار سولفات‌منیزیم نداشت. کم‌ترین تعداد غده در هر بوته (۸/۷ غده در بوته) نیز در تیمار شاهد مشاهده شد. کاربرد تیمار کودی چهار و نیم در هزار سولفات‌منیزیم سبب افزایش ۱۵ درصد این صفت نسبت به تیمار شاهد شد (جدول ۴).

#### ۵.۴. تعداد غده قابل‌استفاده

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر اصلی فاکتورهای آزمایش بر صفت تعداد غده قابل‌استفاده در هر بوته معنی‌دار بودند. به‌نحوی که، محلول‌پاشی سولفات‌منگنز و سولفات‌منیزیم به‌ترتیب در سطح احتمال پنج و یک درصد روی این صفت اختلاف معنی‌دار نشان دادند. هرچند از نظر آماری، اثرات متقابل این دو فاکتور در صفت تعداد غده قابل‌استفاده در هر بوته معنی‌دار نشد (جدول ۳). بیش‌ترین صفت تعداد غده قابل‌استفاده به‌میزان ۷/۱ غده، در سطح کودی پنج در هزار سولفات‌منگنز به‌دست آمد. کم‌ترین میزان این صفت نیز، به‌میزان ۶/۷ غده، در شرایط بدون محلول‌پاشی سولفات‌منگنز حاصل شد. بررسی‌ها نشان داد که محلول‌پاشی پنج در هزار سولفات‌منگنز سبب افزایش ۵/۴ درصدی تعداد غده‌های قابل‌استفاده سیب‌زمینی رقم آگریا نسبت به تیمار شاهد شد (جدول ۴).

محلول‌پاشی سطوح مختلف سولفات‌منیزیم اثر معنی‌دار روی صفت تعداد غده قابل‌استفاده در هر بوته داشت. بیش‌ترین مقدار این صفت در سطح کودی چهار و نیم در هزار سولفات‌منیزیم به‌میزان ۷/۷ غده در بوته به‌دست آمد که با سایر تیمارهای کودی اختلاف معنی‌دار داشت. همچنین، سایر سطوح کودی سولفات‌منیزیم (یک و نیم، سه و شش در هزار) بدون تفاوت آماری معنی‌دار و البته با اختلاف معنی‌دار نسبت به تیمار شاهد، بعد از تیمار کودی برتر، در یک گروه قرار گرفتند. کم‌ترین تعداد غده قابل‌استفاده به‌میزان ۵/۸ غده نیز، در شرایط بدون محلول‌پاشی سولفات‌منیزیم به‌دست آمد. محلول‌پاشی سولفات‌منیزیم در سطح کودی چهار و نیم در هزار سبب افزایش ۳۴/۴ درصد تعداد غده قابل‌استفاده در هر بوته نسبت به تیمار شاهد شد (جدول ۴).



#### ۶.۴. تعداد غده غیر اقتصادی

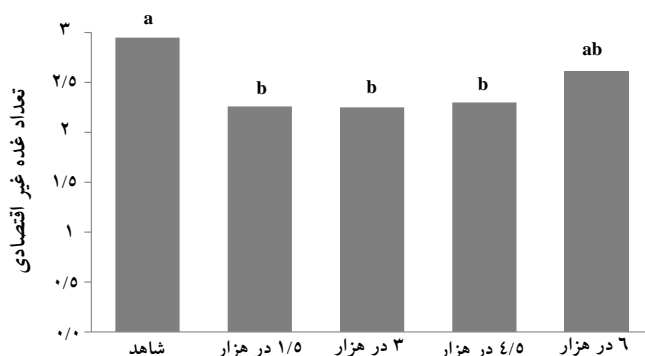
اثر اصلی محلول پاشی سولفات منگنز تأثیر معنی دار بر تعداد غده غیر اقتصادی (با قطر کم تر از ۳۰ میلی متر) در هر بوته نداشت، اما کاربرد سولفات منیزیم در سطح احتمال یک درصد روی این صفت اثر معنی دار داشت. همچنین، اثر متقابل این دو فاکتور آزمایش روی تعداد غده غیر اقتصادی معنی دار نبود (جدول ۳).

در این مطالعه، تیمار شاهد بیشترین تعداد غده غیر اقتصادی به میزان سه غده، در اثر محلول پاشی سولفات منیزیم را داشت که با سطح کودی شش در هزار سولفات منیزیم در یک گروه مشترک قرار داشتند. سایر سطوح کودی سولفات منیزیم (یک و نیم، سه و چهار و نیم در هزار) نیز بدون اختلاف معنی دار با هم کمترین تعداد این صفت را در هر بوته دارا بودند. محلول پاشی سولفات منیزیم در سطح کودی سه در هزار، که تعداد غده غیر اقتصادی در هر بوته را داشت، سبب کاهش ۳۱/۱ درصد این صفت نسبت به تیمار شاهد شد (شکل ۲).

#### ۷.۴. وزن متوسط غده

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها حاکی از اثر معنی دار فاکتورهای آزمایش بر وزن متوسط غده‌های سیب زمینی رقم آگریا بود. اثر اصلی محلول پاشی سولفات منگنز و سولفات منیزیم، هر دو در سطح احتمال یک درصد معنی دار بودند اما، اثر متقابل فاکتورهای آزمایش بر وزن متوسط غده‌ها غیر معنی دار بود (جدول ۳). در اثر محلول پاشی پنج در هزار سولفات منگنز، بیشترین میزان وزن متوسط غده‌ها (۱۱۸/۵ گرم) به دست آمد. کمترین میزان وزن متوسط غده‌ها (۱۰۸/۳ گرم) نیز مربوط به تیمار شاهد بود. میانگین وزن غده سیب زمینی رقم آگریا با کاربرد پنج در هزار سولفات منگنز به میزان ۹/۴ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت که می‌تواند ناشی از افزایش تعداد غده‌های قابل استفاده باشد (جدول ۴).

بیشترین وزن متوسط غده‌ها در سیب زمینی رقم آگریا در شرایط محلول پاشی سه و شش در هزار سولفات منیزیم به ترتیب به میزان ۱۲۲/۹ و ۱۱۸/۷ گرم به دست آمد که به لحاظ آماری اختلاف معنی دار با سطح محلول پاشی چهار و نیم در هزار سولفات منیزیم نداشتند و در یک گروه مشترک بودند. تیمار شاهد نیز با وزن متوسط غده ۱۰۳/۶ گرم کمترین مقدار این صفت را دارا بود و با سطح کودی یک و نیم در هزار سولفات منیزیم در یک گروه مشترک قرار داشت. بررسی داده‌ها نشان داد که با افزایش سطوح مصرفی سولفات منیزیم وزن متوسط غده‌ها افزایش یافت، هر چند در سطوح بالاتر (چهار و نیم و شش در هزار) محلول پاشی سولفات منیزیم، از میزان این صفت تا حدودی کاسته شد. به طوری که، بیشترین اختلاف مشاهده شده متعلق به تیمار شاهد و محلول پاشی سه در هزار سولفات منیزیم بود که سبب افزایش ۱۸/۶ درصد وزن متوسط غده‌ها نسبت به تیمار شاهد شد (جدول ۴).



شکل ۲. اثر سطوح محلول پاشی سولفات منیزیم بر تعداد غده غیر اقتصادی در سیب زمینی رقم آگریا

#### ۴.۸. عملکرد غده

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد، اگرچه اثر متقابل فاکتورهای آزمایش تأثیر معنی‌دار روی صفت عملکرد غده نداشت، اما اثر اصلی فاکتورهای آزمایش روی این صفت معنی‌دار بود. به‌طوری‌که، محلول‌پاشی سولفات‌منگنز و سولفات‌منیزیم، هر دو در سطح احتمال یک درصد تأثیر معنی‌دار روی عملکرد غده داشتند (جدول ۳). در اثر محلول‌پاشی سولفات‌منگنز کم‌ترین عملکرد غده متعلق به تیمار شاهد به میزان ۳۸/۴ تن در هکتار بود، در حالی‌که با محلول‌پاشی پنج در هزار این کود، میزان این صفت به‌طور معنی‌دار افزایش یافت و بیش‌ترین مقدار آن یعنی ۴۴/۹ تن در هکتار حاصل شد، به‌گونه‌ای که محلول‌پاشی پنج در هزار سولفات‌منگنز سبب افزایش ۱۶/۸ درصد میزان عملکرد غده نسبت به تیمار شاهد گردید (جدول ۴).

در این پژوهش نیز، در اثر محلول‌پاشی سولفات‌منیزیم بیش‌ترین عملکرد غده در سطوح کودی سه، چهار و نیم و شش در هزار سولفات‌منیزیم به‌ترتیب به‌میزان ۴۳/۲، ۴۳/۵ و ۴۳/۶ تن در هکتار به‌دست آمد که در یک گروه برتر قرار داشتند و به لحاظ افزایش عملکرد غده تفاوت معنی‌دار نسبت به یکدیگر نشان ندادند. کم‌ترین میزان این صفت مربوط به تیمار شاهد و سطح کودی یک و نیم در هزار سولفات‌منیزیم به‌ترتیب به‌میزان ۳۷/۹ و ۴۰ تن در هکتار بود که در یک گروه مشترک بودند. هرچند سطح کودی یک و نیم در هزار سولفات‌منیزیم با تیمار شاهد تفاوت معنی‌دار نداشت، کاربرد سولفات‌منیزیم اثرات مثبت و افزایشی در میزان عملکرد غده سبب‌زمینی نسبت به عدم محلول‌پاشی آن داشت. در حالت کلی افزایش عملکرد غده با کاربرد یک و نیم، سه، چهار و نیم و شش در هزار سولفات‌منیزیم نسبت به تیمار شاهد به‌ترتیب برابر ۵/۶، ۱۳/۹، ۱۴/۸ و ۱۴/۸ درصد بود (جدول ۴).

#### ۵. بحث

افزایش ارتفاع گیاه ممکن است به‌دلیل نقش عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف در روند فیزیولوژیک، تقسیم سلولی و بزرگ‌شدن آن باشد که به‌طور غیرمستقیم بر تشکیل بافت و در نتیجه رشد رویشی گیاه تأثیر می‌گذارد (Jasim, 2013). در این راستا، پژوهش‌گران در بررسی خود روی سیب‌زمینی نشان دادند که محلول‌پاشی هم‌زمان روی و منگنز سبب افزایش ارتفاع بوته شد (Al-Fadlly *et al.*, 2020). همچنین، در آزمایشی روی سیب‌زمینی گزارش کردند که محلول‌پاشی منگنز ارتفاع بوته را افزایش داد (Kaur *et al.*, 2018; Singh *et al.*, 2018). اما Miyu *et al.* (2019) در آزمایش خود روی سیب‌زمینی بیان کردند که محلول‌پاشی روی، بر، منگنز و ترکیب آن‌ها بر ارتفاع بوته اثر معنی‌دار نداشتند. پژوهش‌گران گزارش کردند که کمبود منیزیم به‌واسطه نقش‌های متعدد آن در فتوسنتز و تنظیم آنزیم‌های دخیل در رشد و تقسیم سلولی می‌تواند منجر به نقصان رشد طبیعی در گیاه شود (Senbayram *et al.*, 2015). پژوهش‌گران در بررسی خود روی سیب‌زمینی گزارش کردند که در اثر محلول‌پاشی منیزیم ارتفاع بوته در مقایسه با تیمار شاهد افزایش یافت (Saasea & Al-Aamry, 2018; Ramesh *et al.*, 2019; Shanwaz *et al.*, 2020). در پژوهشی دیگر، اثر محلول-پاشی نانو ذرات آهن و منیزیم بر صفت ارتفاع بوته سیب‌زمینی معنی‌دار بود (خدادادی کروکی و همکاران، ۱۳۹۹). افزایش ارتفاع بوته گوجه‌فرنگی در اثر محلول‌پاشی هم‌زمان کلسیم و منیزیم نسبت به تیمار شاهد گزارش شده است (Ilyas *et al.*, 2014). همچنین، در یک بررسی، کاربرد نانو‌کود منیزیم در کنجد باعث افزایش میانگین ارتفاع بوته شد (خدادادی ورامین و همکاران، ۱۴۰۰). در بررسی اثر محلول‌پاشی برخی از عناصر پرمصرف و کم‌مصرف در مراحل مختلف رشدی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت هیبرید ۴۰۷ نشان داده شد که محلول‌پاشی پنج در هزار منیزیم سبب افزایش ارتفاع بوته در مقایسه با تیمار شاهد گردید (Omid Haghi *et al.*, 2015). در این پژوهش نیز

محلول پاشی سولفات منیزیم سبب افزایش ارتفاع سیب زمینی شد. در آزمایشی دیگر، محلول پاشی سطوح منیزیم روی سیب زمینی اثر معنی دار بر وزن تر بوته، تعداد برگ در گیاه و کلروفیل a، b و محتوای کل داشت، اما بر ارتفاع بوته، سطح برگ و وزن خشک گیاه پس از ۹۰ روز پس از کاشت اثر معنی دار نداشت (El-Hadidi *et al.*, 2017). در پژوهشی دیگر، پژوهشگران گزارش کردند که بوته‌های سیب زمینی کاهش معنی داری در مقدار میان‌گره‌ها و همچنین در ارتفاع گیاه نشان ندادند (Koch *et al.*, 2019).

پژوهشگران در آزمایش خود روی سیب زمینی گزارش کردند که اثر اصلی محلول پاشی نانوذرات آهن و منیزیم بر صفت قطر ساقه سیب زمینی معنی دار بود و بیشترین قطر ساقه در تیمار محلول پاشی یک درصد نانو ذرات آهن + یک درصد نانوذرات منیزیم به دست آمد که سبب افزایش این صفت در مقایسه با تیمار شاهد شد (خدادادی کروکی و همکاران، ۱۳۹۹). تیمار شاهد نیز، کمترین قطر ساقه را داشت و با تیمار محلول پاشی یک درصد نانوذرات منیزیم در یک گروه آماری مشترک بودند. نتایج به دست آمده از یک بررسی روی کنبج نشان داد که بیشترین قطر ساقه در اثر کاربرد نانو کود منیزیم تحت شرایط آبیاری نرمال در رقم دشتستان ۲ به دست آمد که سبب افزایش این صفت در مقایسه با تیمار شاهد شد (خدادادی ورامین و همکاران، ۱۴۰۰).

پژوهشگران در بررسی خود روی سیب زمینی نشان دادند که میانگین تعداد ساقه گیاه در نتیجه محلول پاشی هم‌زمان روی و منگنز (۶۰ میلی‌گرم در لیتر روی + ۳۰ میلی‌گرم در لیتر منگنز) نسبت به تیمار شاهد افزایش معنی دار داشت. به طوری که، در مقایسه با سایر تیمارهای کودی (شاهد، محلول پاشی ۶۰ میلی‌گرم در لیتر روی، محلول پاشی ۳۰ میلی‌گرم در لیتر منگنز) بیشترین تعداد ساقه در گیاه را به خود اختصاص داد (Al-Fadlly *et al.*, 2020). در حالی که، Jasim (2013) در بررسی اثر محلول پاشی کودها بر رشد و عملکرد هفت رقم سیب زمینی نشان داد که محلول پاشی کودها اثر معنی دار بر تعداد ساقه در گیاه نداشت. در پژوهشی دیگر اعلام کردند که اثر محلول پاشی منگنز بر ارتفاع بوته، تعداد روز تا سبزشدن ۵۰ درصد غده‌ها، تعداد شاخه‌ها در هر بوته و طول برگ‌های سیب زمینی معنی دار نبود (Miyu *et al.*, 2019) که با یافته‌های این پژوهش مطابقت دارد.

افزایش تعداد ساقه‌های اصلی در سیب زمینی به منزله افزایش تعداد استولن و تعداد غده‌های تشکیل یافته در بوته‌ها می‌باشد که از اجزای اصلی عملکرد غده بوده و نقش مهمی در افزایش عملکرد غده دارد. پژوهش‌ها نشان دادند که در اثر محلول پاشی منیزیم تعداد ساقه در گیاه سیب زمینی نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت (خدادادی کروکی و همکاران، ۱۳۹۹؛ Ramesh *et al.*, 2019; Shanwaz *et al.*, 2020). از طرفی، محلول پاشی هم‌زمان کلسیم و منیزیم در گیاه گوجه-فرنگی سبب افزایش تعداد ساقه نسبت به تیمار شاهد شد (Ilyas *et al.*, 2014).

پژوهشگران در بررسی خود روی سیب زمینی به این نتیجه رسیدند که محلول پاشی منگنز، به طور قابل توجهی تعداد غده‌ها در گیاه را افزایش داد (Singh *et al.*, 2018). در پژوهشی دیگر، در اثر محلول پاشی عناصر کم‌مصرف (روی، منگنز، آهن و مس) تعداد غده به دست آمده در هر بوته در شرایط استفاده از غلظت کامل عناصر کم‌مصرف در مقایسه با زمانی که نصف غلظت عناصر کم‌مصرف استفاده شد، افزایش یافت اما تفاوتی با تیمار شاهد نداشت. همچنین، در این پژوهش حداکثر تعداد غده در بوته در شرایط محلول پاشی با غلظت کامل در طول گل‌دهی بوته‌ها، به میزان ۱۰/۷ عدد بود که در مقایسه با محلول پاشی با نصف غلظت عناصر کم‌مصرف در ۲۰ روز پس از گل‌دهی، به میزان ۷/۳ عدد به دست آمد (AL-Jobori & AL-Hadithy, 2014).

پژوهشگران در آزمایش خود روی سیب زمینی نشان دادند که در اثر محلول پاشی با منیزیم تعداد غده در هر بوته نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت (Ramesh *et al.*, 2019; Shanwaz *et al.*, 2020) که با نتایج این پژوهش مطابقت

دارد. اما، نتایج پژوهشی نشان داد که محلول‌پاشی منیزیم اثر غیر معنی‌دار بر تعداد غده در بوته و میانگین وزن غده‌های سیب‌زمینی داشت (El-Hadidi *et al.*, 2017). هم‌چنین، در یک آزمایش، اثر محلول‌پاشی نانوذرات آهن و منیزیم بر صفت تعداد غده در سیب‌زمینی غیر معنی‌دار بود (خدادادی کروکی و همکاران، ۱۳۹۹).

نتایج این پژوهش با یافته‌های جم و همکاران (۱۳۹۴) مبنی بر وجود اختلاف معنی‌دار در اندازه بوته‌ها در اثر کاربرد عناصر کم‌مصرف مطابقت دارد. ایشان بیان کردند که در اثر محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف (آهن و روی)، تعداد غده‌های ریز (با قطر کمتر از ۳۵ میلی‌متر)، غده‌های متوسط (با قطر بین ۳۵ تا ۵۵ میلی‌متر) و غده‌های بزرگ (با قطر بیش‌تر از ۵۵ میلی‌متر) نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت (جم و همکاران، ۱۳۹۴). از نتایج مشخص می‌شود که عناصر کم‌مصرف توانستند تعداد غده‌های بزرگ را افزایش دهند که در نهایت منجر به افزایش عملکرد شدند (Miyu *et al.*, 2019).

در این راستا، پژوهش‌گران در آزمایش خود روی سیب‌زمینی نشان دادند که در اثر محلول‌پاشی با منیزیم تعداد غده‌های متوسط (با قطر بین ۳۵-۵۵ میلی‌متر) و غده‌های بزرگ (با قطر بیش‌تر از ۵۵ میلی‌متر) در گیاه نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت (Ramesh *et al.*, 2019). در آزمایشی دیگر، پژوهش‌گران بیان کردند که محلول‌پاشی بوته‌های سیب‌زمینی با سولفات منیزیم ۰/۳ و ۰/۵ درصد سبب افزایش حجم غده‌های سیب‌زمینی نسبت به تیمار شاهد شد (Shanwaz *et al.*, 2020).

در پژوهشی روی سیب‌زمینی اعلام کردند که تیمارهای مختلف کودی، اثر معنی‌دار بر تمام اندازه غده‌ها داشتند (Miyu *et al.*, 2019). در اثر محلول‌پاشی با منیزیم تعداد و وزن غده‌های کوچک (با قطر کمتر از ۳۵ میلی‌متر) در گیاه سیب‌زمینی نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت (Ramesh *et al.*, 2019). هم‌چنین، در بررسی تأثیر محلول‌پاشی عناصر غذایی بر رشد، عملکرد و کیفیت سیب‌زمینی، محلول‌پاشی بوته‌های سیب‌زمینی با سولفات منیزیم سبب افزایش محیط غده‌های سیب‌زمینی نسبت به تیمار شاهد شد (Shanwaz *et al.*, 2020).

در تأیید این یافته‌ها، پژوهش‌گران در پژوهش خود روی سیب‌زمینی گزارش کردند که اثر زمان محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف (آهن، منگنز، مس و روی) بر وزن متوسط غده‌ها معنی‌دار بود و عناصر کم‌مصرف در طول گل‌دهی میانگین وزن غده‌ها را افزایش دادند (AL-Jobori & AL-Hadithy, 2014). در پژوهش‌های دیگر نیز، در اثر محلول‌پاشی منگنز وزن متوسط غده‌های سیب‌زمینی در مقایسه با تیمار شاهد افزایش یافت (Kaur *et al.*, 2018; Singh, *et al.*, 2018; Miyu *et al.*, 2019). هم‌چنین، کاربرد هم‌زمان روی و منگنز باعث افزایش تمامی پارامترهای گیاهی مورد مطالعه در رابطه با اجزای عملکرد شد. به‌طوری‌که، کاربرد هم‌زمان روی و منگنز میانگین وزن غده سیب‌زمینی، عملکرد غده در بوته و عملکرد کل غده را نسبت به شاهد افزایش داد (Al-Fadhly, 2016).

نظر به این‌که وزن غده از اجزای اصلی عملکرد غده سیب‌زمینی محسوب می‌شود، لذا بهبود این صفت می‌تواند در افزایش عملکرد غده بسیار مؤثر باشد (عروجی و گلچین، ۱۳۹۱). در تأیید این یافته‌ها، پژوهش‌گران بیان کردند که محلول‌پاشی بوته‌های سیب‌زمینی با منیزیم سبب افزایش وزن متوسط غده‌های سیب‌زمینی نسبت به تیمار شاهد شد (Saaseea & Al-Aamry, 2018; Ramesh *et al.*, 2019; Shanwaz *et al.*, 2020). اما در پژوهشی دیگر، پژوهش‌گران به این نتیجه رسیدند که اثر محلول‌پاشی نانوذرات آهن و منیزیم بر صفت وزن متوسط غده سیب‌زمینی غیر معنی‌دار بود (خدادادی کروکی و همکاران، ۱۳۹۹).

در پژوهشی روی سیب‌زمینی، پژوهش‌گران افزایش خطی صفات عملکرد و اجزای عملکرد را با افزایش غلظت عناصر روی و منگنز گزارش کردند (Singh *et al.*, 2018). در آزمایشی دیگر، با افزایش سطوح منگنز، قابلیت جذب خاک تا حد معینی و عملکرد سیب‌زمینی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (عروجی و گلچین، ۱۳۹۱). نظر به این‌که وزن غده از

اجزای اصلی عملکرد غده محسوب می‌شود، لذا بهبود این صفت می‌تواند در افزایش عملکرد غده بسیار مؤثر باشد. با توجه به اثرگذاری عنصر منگنز در بخشی از فرایندهای مرتبط با فتوسنتز، بیوسنتز ویتامین ث و نقل و انتقال ترکیبات نیتروژن و جذب فسفر و آهن از خاک (Baranowska *et al.*, 2017) و از طرفی نقش اصلی در سنتز پروتئین، فعالیت آنزیم، واکنش‌های اکسیداسیون و احیا و متابولیسم کربوهیدرات‌ها (Leszczynski, 2012)، بهبود عملکرد و اجزای عملکرد غده سیب زمینی با کاربرد این عنصر به صورت محلول پاشی دور از انتظار نخواهد بود. هم‌چنین، در بررسی محلول پاشی روی و منگنز و تأثیر آن‌ها بر عملکرد و ویژگی‌های کیفی سیب زمینی، در اثر محلول پاشی منگنز عملکرد غده نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت (Kaur *et al.*, 2018).

نتایج به دست آمده از ارزیابی محلول پاشی نانو کلات آهن، روی و منگنز نشان داد که این عناصر با تعدیل تنش خشکی، عملکرد دانه را افزایش می‌دهند، که این افزایش در شرایط تنش خشکی محسوس‌تر بود و در زمانی که به صورت ترکیبی مصرف شدند عملکرد دانه بیش‌تر از حالت منفرد افزایش یافت. هم‌چنین، بیش‌ترین عملکرد دانه از ترکیب تیماری آبیاری در تمام مراحل رشد و محلول پاشی روی + منگنز به دست آمد که تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارها داشت (وقار و همکاران، ۱۴۰۰). در پژوهشی دیگر، عملکرد غده سیب زمینی با محلول پاشی روی + منگنز به طور معنی‌دار افزایش یافت (Al-Fadhly, 2016). هم‌چنین، پژوهش‌گران نشان دادند که در اثر محلول پاشی عناصر کم‌مصرف (آهن، منگنز، مس و روی) عملکرد غده سیب زمینی در مقایسه با تیمار شاهد افزایش یافت. آن‌ها بیان کردند که محلول پاشی عناصر کم‌مصرف در زمان گل‌دهی باعث افزایش عملکرد غده شد (AL-Jobori & AL-Hadithy, 2014).

نتایج پژوهش‌های Jasim (2013) نشان داد که کوددهی برگی نقش بالقوه‌ای در تولید سیب زمینی دارد. منیزیم باعث بهبود عملکرد محصول در مزرعه می‌شود (Senbayram *et al.*, 2015; Wang *et al.*, 2020). اما میزان این عنصر در خاک به وسیله برداشت محصول زراعی و هم‌چنین از طریق آبشویی از خاک کاهش می‌یابد (Gransee & Fuhrs, 2013) در نتیجه، گیاه به افزایش کود منیزیم پاسخ مثبت نشان می‌دهد (El-Hadidi, *et al.*, 2017; Wang *et al.*, 2020). یافته‌های پژوهش‌گران نشان داد که محلول پاشی با منیزیم عملکرد غده سیب زمینی را نسبت به تیمار شاهد افزایش داد (Ramesh *et al.*, 2019). هم‌چنین، در اثر محلول پاشی هم‌زمان کلسیم و منیزیم عملکرد غده در اولین و دومین سال آزمایش نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت (El-Metwaly & Mansour, 2019). در پژوهشی دیگر، اثر محلول پاشی نانوذرات آهن و منیزیم بر صفت عملکرد غده سیب زمینی معنی‌دار بود و بیش‌ترین عملکرد غده و هم‌چنین عملکرد غده قابل فروش در تیمار محلول پاشی دو درصد نانو ذرات آهن + دو درصد نانو ذرات منیزیم به دست آمد (خدادادی کروکی و همکاران، ۱۳۹۹).

نتایج بررسی پژوهش‌گران، افزایش ۹/۴ درصدی در عملکرد غده گیاه سیب زمینی را با کاربرد کود منیزیم نسبت به گیاهان شاهد نشان داد (Wang *et al.*, 2020). هم‌چنین، پژوهش‌گران در بررسی خود روی کنگد به این نتیجه رسیدند که براساس مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه، بیش‌ترین عملکرد دانه در اثر کاربرد نانو کود منیزیم تحت شرایط آبیاری نرمال در رقم دشتستان ۲ با میانگین ۱۱۸۸/۲ کیلوگرم در هکتار به دست آمد (خردادادی ورامین و همکاران، ۱۴۰۰). در آزمایشی دیگر، در اثر محلول پاشی منیزیم در ذرت هیبرید ۴۰۷ عملکرد گیاهان در مقایسه با تیمار شاهد افزایش یافت (Omid Haghi *et al.*, 2015). در کل، می‌توان نتیجه گرفت که افزایش بهره‌وری گیاهان سیب زمینی در نتیجه محلول پاشی کودها، ممکن است به دلیل افزایش وزن و تعداد غده در گیاه باشد که به نوبه خود باعث افزایش عملکرد کل غده‌ها می‌شود (Jasim, 2013) که با یافته‌های این پژوهش مطابقت دارد.

## ۶. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در شرایط محلول‌پاشی پنج در هزار سولفات‌منگنز، بیش‌ترین مقدار صفات ارتفاع بوته، تعداد ساقه در بوته، قطر ساقه اصلی، تعداد غده در بوته، تعداد غده قابل‌استفاده، تعداد غده غیر اقتصادی، وزن متوسط غده و عملکرد غده به‌دست آمد، به‌طوری‌که این سطح کودی، سبب افزایش ۱۶/۸ درصد عملکرد غده شد. با افزایش مقدار مصرفی سولفات‌منیزیم تا سطح کودی چهار و نیم در هزار، اگرچه وزن متوسط غده‌ها نسبت به سطح کودی سه در هزار، مقدار کمی کاهش نشان داد، اما بر میزان همه صفات مورد‌آزمایش به‌جز تعداد غده غیر اقتصادی افزوده شد. بیش‌ترین تأثیر محلول‌پاشی سولفات‌منیزیم بر تعداد غده قابل استفاده بود که در سطح کودی چهار و نیم در هزار، سبب افزایش ۳۴/۴ درصد تعداد این غده شد. با افزایش مقدار مصرفی سولفات‌منیزیم به سطح کودی شش در هزار، از مقدار صفات مورد‌مطالعه کاسته شد. هرچند در صفات قطر ساقه اصلی، وزن متوسط غده‌ها و عملکرد غده سبب افزایش جزئی مقدار این صفات شد، اما با سطح کودی چهار و نیم در هزار سولفات‌منیزیم تفاوت معنی‌دار نداشت. در مجموع، به‌طور میانگین محلول‌پاشی سولفات‌منیزیم باعث افزایش ۱۲/۳ درصد عملکرد غده نسبت به تیمار شاهد شد. می‌توان نتیجه گرفت که افزایش بهره‌وری گیاهان سبب‌زمینی در نتیجه محلول‌پاشی کودها، ممکن است به‌دلیل افزایش وزن و تعداد غده در گیاه باشد که به‌نوبه خود باعث افزایش عملکرد کل غده‌ها شده است. در مجموع، با توجه به این‌که در اکثر صفات مورد‌بررسی در این پژوهش، محلول‌پاشی پنج در هزار سولفات‌منگنز و چهار و نیم در هزار سولفات‌منیزیم نسبت به سایر تیمارها نتایج بهتری را نشان داد، می‌توان این سطوح کودی را در این منطقه برای این رقم توصیه نمود.

## ۷. تشکر و قدردانی

از دانشگاه محقق اردبیلی به‌خاطر حمایت مالی این پژوهش، تشکر و قدردانی می‌گردد.

## ۸. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

## ۹. منابع

- بصیرت، مجید و مطلبی‌فرد، رحیم (۱۳۹۵). راهنمای تغذیه گیاهی در سیب زمینی به‌منظور کاهش باقیمانده نیترات در محصول. تهران: انتشارات مؤسسه تحقیقات خاک و آب.
- جم، الهام؛ عبادی، علی و پرمون، قاسم (۱۳۹۴). نقش عناصر ریزمغذی آهن و روی در عملکرد و اجزای عملکرد سیب‌زمینی. نشریه علمی-پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی. ۹ (۲)، ۱۷۷-۱۹۰.
- جوکار، لاله و رونقی، عبدالمجید (۱۳۹۴). اثر محلول‌پاشی سطوح و منابع مختلف آهن بر رشد و غلظت برخی عناصر غذایی در گیاه سورگوم. نشریه علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای. ۶ (۲۲)، ۱۶۳-۱۷۴.
- خدادادی کروکی، امیر؛ یاورزاده، محمدرضا؛ اکبریان، محمد مهدی و عسکری، علی‌اکبر (۱۳۹۹). بررسی اثر نانوذرات آهن و منیزیم و تاریخ کاشت بر عملکرد و میان نیترات غده سیب‌زمینی. دو فصلنامه علوم به‌زراعی گیاهی. ۱۰ (۲)، ۴۱-۵۴.
- خردادی ورامین، جابر؛ فنودی، فرزاد؛ مسعود سینکی، جعفر؛ رضوان، شهرام و دماوندی، علی (۱۴۰۰). بررسی واکنش صفات عملکردی و محتوی روغن ارقام کنجد (*Sesamum indicum* L.) به کاربرد نانوکود منیزیم و پلیمر زیستی کیتوزان در شرایط تنش کم‌آبی. مجله تنش‌های محیطی در علوم زراعی. ۱۴ (۲)، ۳۵۹-۳۷۳.

خواجه پور، محمدرضا (۱۳۹۱). گیاهان صنعتی. اصفهان: انتشارات جهاد دانشگاهی (دانشگاه صنعتی اصفهان).  
 عروجی، هاجر و گلچین، احمد (۱۳۹۱). تأثیر روی، منگنز، مس بر عملکرد غده و غلظت فسفر و آهن در برگ و غده سیب زمینی. *مجله علوم آب و خاک*. ۱۶ (۶۱)، ۲۲۱-۲۳۰.  
 مطلبی فرد، رحیم (۱۳۹۷). مدیریت تغذیه سیب زمینی. کرج: انتشارات سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، معاونت ترویج، نشر آموزش کشاورزی.  
 وقار، محمد سعید؛ سیف زاده، سعید؛ ذاکرین، حمیدرضا؛ کبرایی، سهیل و ولدآبادی، سید علیرضا (۱۴۰۰). اثر محلول پاشی نانوکلات آهن، روی و منگنز بر برخی خصوصیات کمی و کیفی سویا (*Glycine max L.*) تحت تنش کم آبی. *مجله تنش های محیطی در علوم زراعی*. ۱۴ (۳)، ۷۰۳-۷۱۸.

## References

- Ahmadi, S. H., Agharezaee, M., Kamgar-Haghighi, A. A., & Sepaskhah, A. R. (2014). Effects of dynamic and static deficit and partial root zone drying irrigation strategies on yield, tuber sizes distribution, and water productivity of two field grown potato cultivars. *Agricultural Water Management*, 134, 126-136.
- AL- Fadhly, J. T. M. (2016). Response of potato (*Solanum tuberosum*) to foliar application of zinc and manganese which fertilized by organic fertilizer. *Journal of Agriculture and Veterinary*, 9(4), 87- 91.
- AL- Fadlly, J. T. M., Khudhair, M. F., Wheib, K. A., & Abd, W. M. (2020). Response of some vegetative growth characteristics of organically fertilized potatoes to zinc and manganese foliar application. *Plant Archives*, 20(1), 1263- 1266.
- AL- Jobori, K. M. M., & AL-Hadithy, S. A. (2014). Response of potato (*Solanum tuberosum*) to foliar application of iron, manganese, copper and zinc. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 7(7), 358- 363.
- Banjare, S., Sharma, G., & Verma, S. K. (2014). Potato crop growth and yield response to different levels of nitrogen under Chhattisgarh plains agro-climatic zone. *Indian Journal of Science and Technology*, 7(10), 1504- 1508.
- Baranowska, A., Zarzecka, K., Gugala, M., & Mystkowska, I. (2017). Contents of zinc, copper and manganese in potato tubers depending on the ways of application of the soil fertilizer Ugmax. *Journal of Ecological Engineering*, 18(1), 99-106.
- Basirat, M., & Motalebifard, R. (2016). *Guide to plant nutrition in potatoes in order to reduce nitrate residues in the crop*. Tehran: Soil and Water Research Institute.
- El- Metwaly, H. M. B., & Mansour, F. Y. O. (2019). Effect of addition methods of magnesium and calcium foliar application on productivity and quality of potato crop in winter plantation. *Fayoum Journal of Agricultural Research and Development*, 3(1), 148- 158.
- El-Hadidi, E. M., El-Dissoky, R. A. & AbdElhafez, A. A. H. (2017). Foliar calcium and magnesium application effect on potato crop grown in clay loam soils. *Journal of soil sciences and Agricultural Engineering*, 8(1), 1-8.
- Granse, A., & Fuhrs, H. (2013). Magnesium mobility in soils as a challenge for soil and plant analysis, magnesium fertilization and root uptake under adverse growth conditions. *Plant and Soil*, 368, 5-21.
- Grzebise, W. (2011). Magnesium-food and human health. *Journal of elementology*, 16, 299-323.
- Grzebise, W. (2013). Crop response to magnesium fertilization as affected by nitrogen supply. *Plant and Soil*, 368, 23-39.
- Hack, H., Gall, H., Klemke, T. H., Klose, R., Meier, U., Stauss, R., & Witzemberger, A. (2001). *The BBCH scale for phenological growth stages of potato (Solanum tuberosum L.)*. In *Growth Stages of mono and dicotyledonous plants, BBCH Monograph*. edited by Meier, U. Roma: Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry.

- Herman, D. J., Knowles, L. O., & Knowles, N. R. (2017). Heat stress affects carbohydrate metabolism during cold-induced sweetening of potato (*Solanum tuberosum* L.). *Planta*, 245, 563-582.
- Ilyas, M., Ayub, G., Hussain, Z., Ahmad, M., Bibi, B., Rashid, A., & Luqman, A. (2014). Response of tomato to different levels of calcium and magnesium concentration. *World Applied Sciences Journal*, 31(9), 1560-1564.
- Jagatee, S., Behera, S., Dash, P. K., Sahoo, S., & Mohanty, R. C. (2015). Bioprospecting starchy feedstocks for bioethanol production: A future perspective. *Journal of Microbiology Research and Reviews*, 3(3), 24-42.
- Jam, E., Ebadie, A., & Parmoon, G. (2015). The role of iron and zinc on tuber yield and yield components of potato. *Journal of crop ecophysiology*, 9(2), 177-190. (In Persian).
- Janmohammadi, M., Abdoli, H., Sabaghnia, N., Esmailpour, M., & Aghaei, A. (2018). The effect of iron, zinc and organic fertilizer on yield of chickpea (*Cicer artietinum* L.) in mediterranean climate. *Acta Universitatis Agricultural Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 66(1), 49-60.
- Jasim, A. H. (2013). Effect of foliar fertilizer on growth and yield of seven potato cultivars (*Solanum Tuberosom* L.). *Scientific papers. Series B, Horticulture*, 57, 77-80.
- Jokar, L., & Ronaghi, A. (2015). Effect of foliar application of different Fe levels and sources on growth and concentration of some nutrients in sorghum. *Journal of Greenhouse Culture Science and Technology*, 6(22), 163-174. (In Persian).
- Kaur, M., Singh, S., Dishri, M., Singh, G., & Singh, S. K. (2018). Foliar application of zinc and manganese and their effect on yield and quality characters of potato (*Solanum tuberosum* L.) cv. Kufri pukhraj. *Plant Archives*, 18(2), 1628-1630.
- Khajehpour, M. R. (2012). *Industrial plants*. Isfahan University Jihad Publishing Center. (In Persian).
- Khodadadi Karkoki, A., Yavarzadeh, M. R., Akbariyan, M. M., & Askari, A. A. (2020). Effect of iron and magnesium nanoparticles and planting date on yield and nitrate content in potato tubers. *Bi-Quarterly Journal of Plant Production science*, 10(2), 41-54. (In Persian).
- Khordadi Varamin, J., Fanoodi, F., Masuod Sinaki, J., Rezvan, Sh. & Damavandi. A. (2021). Investigating response of yield traits and oil content of sesame variety (*Sesamum indicum* L.) to nano-magnesium fertilizer and biopolymer chitosan under limited water stress. *Environmental stresses in crop sciences*, 14(2), 359-373. (In Persian).
- Koch, M., Busse, M., Naumann, M., Jakli, B., Smit, I., Cakmak, I., Hermans, C., & Pawelzik, E. (2019). Differential effects of varied potassium and magnesium nutrition on production and partitioning of photoassimilates in potato plants. *Physiologia Plantarum*, 166, 921-935.
- Matlabi Fard, R. (2019). *Potato nutrition management*. Agricultural Research, Education and Extension organization. Karaj: Deputy for extension, Publication of agricultural education. (In Persian).
- Miyu, M., Sarma, P., Warade, S. D., Hazarika, B. N., Debnath, P., Ramjan, M. D., & Ansari, M. T. (2019). Effect of foliar application of micronutrients on potato (*Solanum tuberosum* L.) cv. "Kufri Joyti" for growth, yield & quality attributes. *International Journal of Chemical Studies*, 7(3), 4813- 4817.
- Omid Haghi, A., Khalilvand Behrouzfar, E., & Eivazi, A. R. (2015, December). The effect of foliar application of some macronutrient and micronutrient elements in different growth stages on yield and yield components of 407 hybrid corn. *International conference on modern research in agricultural science and environment*, Kuala Lumpur, Malaysia.
- Oroji, H., & Golchin, A. (2012). The Effects of zinc, manganese and copper on potato yield and leaf and tuber concentrations of phosphorus and iron. *Journal of water and soil science*, 16(61), 221-230. (In Persian).



- Ramesh, E., Jana, J. C., Chatterjee, R., & Banik, G. C. (2019). Effect of foliar application of secondary and micronutrients on growth and yield of potato. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 8(2), 656-660.
- Saaseea, K. G., & Al-Aamry, N. J. K. (2018). Effect of foliar application with calcium, magnesium and fertilizing with humic acid on growth, yield and storage ability of potato tubers. *Iraqi Journal of Agricultural Sciences*, 49(5), 897-905.
- Seleiman, M. F., Almutairi, K. F., Alotaibi, M., Shami, A., Alhammad, B. A., & Battaglia, M. L. (2021). Nano-fertilization as an emerging fertilization technique: Why can modern agriculture benefit from its use? *Plants*, 10(2), 1-27.
- Senbayram, M., Bol, R., Dixon, L., Fisher, A., Stevens, C., Quinton, J., & Fanguero, D. (2015). Potential use of rare earth oxides as tracers of organic matter in grassland. *Journal of plant nutrition and soil science*, 178, 288-296.
- Shanwaz, A., Devaraju, Srinivasa, V., Ganapathi, M., & Shubha, A. S. (2020). Influence of foliar application of nutrients on growth, yield and quality of potato (*Solanum tuberosum* L.) under hill zone of Karnataka. *International Journal of Chemical Studies*, 8(2), 2040-2042.
- Shukla, A. K., Behera, S. K., Pakhre, A., & Chaudhari, S. K. (2018). Micronutrients in soils, plants, animals and humans. *Indian Journal of Fertilisers*, 14(3), 30-54.
- 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(7), 1390-1394.
- Vaghar, M. S., Sayfzadeh, S., Zakerin, H. R., Kobraee, S., & Valadabadi, S. A. R. (2021). Effect of foliar application of iron, zinc and manganese nano-chelate on some quantitative and qualitative characteristics of soybean (*Glycine max* L.) under water deficit stress. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 14(3), 703-718. (In Persian).
- Wang, Z., Hassan, M., Nadeem, F., Wu, L., Zhang, F., & Li, X. (2020). Magnesium fertilization improves crop yield in most production systems: A Meta-Analysis. *Frontiers in Plant Science*, 1(10), 1727-1736.