



به‌زرعی کشاورزی

دوره ۲۳ ■ شماره ۴ ■ زمستان ۱۴۰۰

صفحه‌های ۹۳۷-۹۲۳

DOI: 10.22059/jci.2021.307418.2428

مقاله پژوهشی:

مطالعه پاسخ‌های عملکردی، مورفو-فیزیولوژیکی و کیفی ریزغده‌های سوپرالیته سیب‌زمینی به پوشش‌های مختلف بذر

سودا قاسمی گرمی^۱، مرتضی برمکی^{۲*}، سلیم فرزانه^۳، ماندانا امیری^۴

۱. دانشجوی دکتری، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

۲. دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

۳. استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

۴. دانشیار، گروه شیمی، دانشکده علوم، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۰۷/۰۷

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۰۱/۱۶

چکیده

پژوهش حاضر به‌منظور مطالعه پاسخ‌های مورفو-فیزیولوژیکی ریزغده‌های سوپرالیته سیب‌زمینی (آگریا) به تیمارهای مختلف پوشش‌دارکردن، به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه محقق اردبیلی در سال ۹۸-۱۳۹۷ انجام شد. فاکتورهای آزمایشی در چهار سطح شامل پرکننده ریزغده (زئولیت و کوکوپیت)، سوپرفسفات (خاکی و پوششی)، کیتوزان و سوپرژاذب به‌همراه تیمار شاهد (بدون پلت) بودند. کاربرد کوکوپیت با سوپر فسفات پوششی منجر به تولید بیش‌ترین میانگین تعداد غده (۸۳۶ عدد در بوته)، عملکرد غده تر و خشک (۱۸/۲۳ و ۳/۸۸ تن در هکتار) و عملکرد بیولوژیکی (۲۱/۶۹ تن در هکتار) شد. استفاده از کیتوزان در پلیتینگ ریزغده باعث کاهش فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز (به‌ترتیب ۱۹/۶۷ و ۱۶/۳۷ درصد) و افزایش فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز (۳۷/۸۰ درصد) شد. زئولیت باعث افزایش و کوکوپیت باعث کاهش درصد پروتئین غده در مقایسه با شاهد شد. این افزایش درصد پروتئین با افزایش عملکرد غده منجر به افزایش ۳۲/۲۳ درصدی عملکرد پروتئین در تیمار زئولیت در مقایسه با شاهد شد. استفاده از سوپرفسفات در پوشش ریزغده نیز باعث افزایش درصد پروتئین و از این طریق منجر به بالا رفتن ۳۰/۳۰ درصدی عملکرد پروتئین در مقایسه با ریزغده دست‌نخورده شد. در تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، مؤلفه اول که ۳۵ درصد از تغییرات با آن قابل توجیه بود، شامل صفات عملکرد پروتئین، لیزین و متیونین بود و مؤلفه دوم که ۲۵ درصد از تغییرات با آن قابل توجیه بود صفات محتوی پروتئین، متیونین، لیزین و نیتروژن کل را شامل شد. به‌طور کلی، نتایج نشان داد استفاده از سوپرفسفات پوششی و زئولیت به‌همراه سوپرژاذب اثرات افزایشی قابل توجهی بر صفات عملکردی و کیفی داشت.

کلیدواژه‌ها: پرولین، زئولیت، سوپرژاذب، عملکرد غده، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، کیتوزان.

Study of Yield, Morpho-Physiological, and Qualitative Responses of Potato Superelite Tubers To Different Seed Coatings

Sevda Ghasemi Gerami¹, Morteza Barmaki^{2*}, Salim Farzaneh³, Mandana Amiri⁴

1. Ph.D. Candidate, Department of Agriculture and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

2. Associate Professor, Department of Agriculture and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

3. Assistant Professor, Department of Agriculture and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

4. Associate Professor, Department of Chemistry, Faculty of Science, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

Received: September 28, 2020

Accepted: April 5, 2021

Abstract

This study aims at investigating the morpho-physiological responses of potato superelite mini-tubers to different coating treatments factorial experiment, based on randomized complete block design with three replications in Research Farm of Mohaghegh Ardabili University between 2018 and 2019. Experimental factors at four levels include mini-tubers filler (zeolite and cocopeat), superphosphate (soil and pellet application), chitosan, and superabsorbent with control treatment (without pelleting). Application of cocopeat with superphosphate leads to the highest average number of tubers per plant (8.36), fresh and dry tuber yield (18.23 and 3.88 tons per hectare), and biological yield (21.69 tons per hectare). The use of chitosan in mini-tuber pelleting decrease the activity of catalase and peroxidase enzymes (19.67% and 16.37%, respectively), increasing the activity of polyphenol oxidase (37.80%). Zeolite increase and cocopeat decrease the tuber protein percentage, compared to the control. This increase in protein percentage with increasing tuber yield leads to a 32.23% increase in tuber protein yield in zeolite application, compared to control treatment. The use of superphosphate in mini-tuber pelleting also increase the protein percentage, thus leading to a 30.30% increase in protein yield, compared to control mini-tuber. In principal component analysis (PCA), the first component, with which 35% of the changes could be explained, include the yield of protein, lysine, and methionine, and the second component, with which 25% of the changes could be explained, include the protein, methionine, lysine, and total nitrogen. Finally, the results show that the mini-tuber pelleting by superphosphate, zeolite, and superabsorbent have had significant additive effects on yield and quality traits.

Keywords: Antioxidant activity, chitosan, proline, superphosphate, tuber yield, zeolite.

۱. مقدمه

سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) به‌طور گسترده در سراسر جهان به‌دلیل کشت آسان، غنی بودن از مواد مغذی و تولید بالا کشت می‌شود و رتبه چهارم محصولات زراعی بعد از گندم، برنج و ذرت را داراست (Wang et al., 2020). سیب‌زمینی مهم‌ترین گیاه غده‌ای است که منبع سرشاری از کربوهیدرات، پروتئین و اسیدهای آمینه ضروری انسان می‌باشد. لیزین و متیونین از اسیدهای آمینه ضروری برای انسان می‌باشند که در بدن سنتز نمی‌شوند و باید از منابع دیگر تأمین شود و سیب‌زمینی یکی از منابع غنی از این اسیدهای آمینه می‌باشد (Aghighi Shahverdi et al., 2012). براساس آخرین آمارنامه جهاد کشاورزی، سطح زیر کشت، میزان تولید و عملکرد سیب‌زمینی در کشور به‌ترتیب ۱۶۸۴۴۱ هکتار، ۵۱۴۲۸۹۱ تن و ۳۶۶۶۶ کیلوگرم ثبت شده است. استان اردبیل دومین رتبه تولید این محصول را بعد از استان همدان به‌خود اختصاص داده است (Agriculture Statistics, 2018). از دلایل برتری استان اردبیل به دمای پایین، نور کافی و تفاوت زیاد دمای روز با شب که برای رشد مطلوب این گیاه لازم است، می‌توان اشاره کرد (Song et al., 2014). میزان تقاضا این محصول علاوه بر بسیاری از فاکتورها، به پویایی مواد مغذی موجود در خاک و ظرفیت جذب مواد مغذی در خاک توسط محصول بستگی دارد (Martins et al., 2018). افزایش روزافزون جمعیت منجر به بالارفتن تقاضا این محصول و فرآورده‌های آن در دنیا شده است. به‌همین دلیل، توجه بیش‌تر به نوآوری در تولید سیب‌زمینی به‌منظور افزایش ویژگی‌های کمی و کیفی آن، امری اجتناب‌ناپذیر است (Orsji & Tanha-Khaje, 2018).

یکی از مفیدترین روش‌های بهبود جوانه‌زنی بذر و به‌دنبال افزایش رشد گیاهچه به‌ویژه در شرایط تنش‌های

محیطی، پوشش‌دارکردن بذر^۱ است. سهولت جای‌گذاری بذر در خاک و کارکرد آن را می‌توان به‌وسیله تغییر شکل بذر یا قراردادن ترکیبات شیمیایی روی پوسته بذر افزایش داد که این امر موجب بهبود و تنظیم جوانه‌زنی و افزایش رشد می‌شود. اغلب دو نوع پوشش بذر برای کاربرد تجاری مورد استفاده قرار می‌گیرد که شامل حبه‌کردن یا پلت‌کردن^۲ و پوشش‌دادن بذر است (Taghizoghi et al., 2018). در روش پوشش‌دادن بذر، بدون این که تغییری در شکل بذر ایجاد شود لایه نازکی از مواد مختلف مانند سموم آفت‌کش، مواد تنظیم‌کننده رشد، کودها، رنگ و عناصر غذایی به‌همراه مواد چسباننده به سطح خارجی بذر اضافه می‌شود که سبب بهبود جوانه‌زنی و کارایی آن می‌شود. پلت‌کردن از روش‌هایی است که در آن علاوه بر ضدعفونی بذر مواد مورد نیاز دیگر از جمله افزودن مواد غذایی به بذر و گردکردن آن نیز صورت می‌گیرد (Mandal et al., 2015). پلت‌کردن بذر به‌منظور بهبود ساختار بیرونی دانه و یکنواخت شدن آن انجام می‌شود که موجب کاشت دقیق بذر می‌شود. هم‌چنین پرایمینگ دانه و پلت بذر با هم می‌تواند موجب افزایش کیفیت بذر شود، از این‌رو موجب بهبود قدرت رویش گیاهچه و کاهش هزینه می‌شود (Szerement et al., 2014).

ریزغده‌های سیب‌زمینی که در شرایط *in vitro* تولید می‌شوند، اندازه‌ای در محدوده ۰/۱ تا ۱۰ گرم یا بیش‌تر، قطر ۴ تا ۷ میلی‌متر و طول ۱۰ تا ۱۲ میلی‌متر دارند. از این‌رو، هزینه این غده‌های برای کشت از حد متعارف بالاتر می‌باشد. یکی از روش‌های افزایش اندازه این ریزغده‌ها برای قابل‌قبول‌بودن کشت در شرایط مزرعه پلت‌کردن آن‌ها با استفاده از مواد مغذی، تنظیم‌کننده‌های رشد و مواد بی‌اثر می‌باشد (Ravichandran et al.,

1. Seed coating
2. Seed pelleting

افزایش صفات کمی هم‌راستا با صفات کیفی شود، از اهمیت قابل‌توجهی برخوردار است. هدف از پژوهش حاضر مطالعه پاسخ‌های مختلف رشدی، عملکردی، فیزیولوژیکی و کیفی ریزغده‌های سیب‌زمینی به تیمارهای مختلف پلت‌کردن با ترکیبات مختلف از چسب سلولزی، صمغ عربی، زئولیت، کوکوپیت، سوپرفسفات تریپل، کیتوزان و سوپرچاذب و مقایسه آن‌ها با تیمار شاهد (بدون پلت‌کردن) بود.

۲. مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی پاسخ‌های رشدی، عملکردی، فیزیولوژیکی و کیفی ریزغده‌های سوپرالیبت سیب‌زمینی (سالم و بدون ویروس) به تیمارهای مختلف پلت‌کردن در شرایط مزرعه‌ای، آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی (با ارتفاع ۱۳۵۰ متر از سطح دریا، طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲۰ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و ۱۵ دقیقه) در طی سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ انجام شد. فاکتورهای آزمایشی در چهار سطح شامل پرکننده ریزغده (زئولیت و کوکوپیت)، سوپرفسفات (کاربرد خاکی و پوششی)، کیتوزان و سوپرچاذب به‌همراه تیمار شاهد (بدون پلت) بودند. در این پژوهش از رقم آگریا استفاده شد. این رقم از تلاقی بین ارقام Quarta×Semlo به‌دست‌آمده که دارای ویژگی‌های دیررس، عملکرد خیلی خوب، غده‌ها دراز، درصد ماده خشک نسبتاً زیاد، مناسب برای تهیه‌ی چیپس، توسعه شاخ و برگ سریع، ارتفاع زیاد، پوشش خوب، حساس به بلایت غده و مقاوم به ویروس (Y) سیب‌زمینی می‌باشد. طول دوره رشدی رقم آگریا ۱۲۰ تا ۱۳۰ روز می‌باشد.

به‌منظور تهیه محلول کیتوزان (شرکت Sigma-Aldrich آمریکا) ابتدا محلول یک درصد (حجمی/حجمی) اسید

این روش نه‌تنها منجر به افزایش وزن و حجم ریزغده می‌شود، بلکه اندازه بذر را نیز استاندارد می‌کند (Rykaczewska, 2016). پژوهش‌های بسیار اندکی در مورد پلت‌کردن ریزغده‌ها سیب‌زمینی صورت گرفته است و کشورهای توسعه‌یافته از انتشار ترکیبات مؤثر یا روش‌های آن، خودداری می‌کنند. در پژوهشی پلت‌کردن دو رقم ریزغده سیب‌زمینی با استفاده از ترکیبات مختلف صورت گرفت و نتایج نشان داد که استفاده از پودر برگ اقایا منجر به افزایش شاخص‌های جوانه‌زنی، رشد و عملکردی از جمله تعداد غده شد (Ravichandran *et al.*, 2015). پلت‌کردن با ترکیب کیتوزان منجر به افزایش محتوی کلروفیل، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان هم‌چون کاتالاز و پراکسیداز در لفل دل‌مه‌ای شد (Kheiri *et al.*, 2016). در پژوهشی پوشش بذر بادام‌زمینی با ترکیب اسید سالسیلیک منجر به افزایش صفات کمی و کیفی بادام‌زمینی با افزایش فعالیت‌های آنزیم‌های مختلف شد (Dong *et al.*, 2019). استفاده اسیدسالسیلیک و اتیلن به‌منظور پوشش‌دارکردن و حبه‌دارکردن باعث بهبود شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد گیاه چغندر قند شد (Pirasteh-Anosheh & Emam, 2019). با توجه به افزایش سرانه غذا و مصرف کالری تلاش برای تولید بیش‌تر محصولات کشاورزی در جهان و به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه امری اجتناب‌ناپذیر است. سیب‌زمینی در جهان از نظر اهمیت غذایی مهم‌ترین منبع دولپه‌ای به‌دلیل وجود اسیدآمین‌های مهم، ویتامین‌ها و مواد معدنی در حد مطلوب، در تغذیه انسان می‌باشد (Aghighi Shahverdi *et al.*, 2012). با توجه به الگوی توزیع متنوع سیب‌زمینی این محصول به‌عنوان گیاه استراتژیک در جهان و کشور به‌ویژه در مناطق محروم باعث تأمین امنیت غذایی شده است. از این‌رو، نوآوری‌های مبتنی بر علم کاشت سیب‌زمینی که منجر به

آزمایشی به غده‌های فاقد پوشش سوپرفسفات، در مرحله کاشت به‌ازای هر ریزغده حدود ۰/۲ گرم سوپرفسفات تریپل در خاک اضافه شد. در ادامه ریزغده‌ها در محلول کیتوزان خیسانده شدند و سپس سوپرجاذب به‌صورت خشک براساس تیمارهای آزمایشی روی ریزغده‌ها اضافه شد و بدین‌صورت عمل پلت‌کردن به اتمام رسید، پس از اطمینان از خشک‌شدن، ریزغده‌های پلت‌شده جهت کاشت به مزرعه انتقال یافت. وزن هر پلیت حدوداً ۰/۱ تا ۰/۲ گرم در نظر گرفته شد. کوددهی براساس آزمون خاک (جدول ۱) بر مبنای ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در دو مرحله از منبع اوره، ۱۲۰ کیلوگرم فسفر در هکتار از منبع پتاسید فسفر در هنگام کاشت و ۱۵۰ کیلوگرم پتاسیم در هکتار از منبع سولفات پتاسیم صورت گرفت. کاشت به‌صورت جوی پشته‌ای با فاصله بین بوته‌ها ۲۵ سانتی‌متر، فاصله بین ردیف ۷۵ سانتی‌متر و عمق کاشت ۱۵ سانتی‌متر در پنج ردیف کشت (کرت ۲×۳ مترمربع) در ۱۰ اردیبهشت‌ماه انجام شد. پس از کاشت، عملیات داشت علاوه بر کودپاشی، شامل آبیاری و مبارزه با علف‌های هرز (به‌صورت دستی)، حشرات و آفات بود. آبیاری با توجه به نیاز گیاه و در مجموع هشت بار آبیاری صورت گرفت. مبارزه با علف‌های هرز چهار بار و یک‌بار هم همراه با خاک‌دهی پای بوته‌ها به‌صورت مکانیکی صورت گرفت. به‌منظور مبارزه بر علیه آفت برگ‌خوار سوسک کلرادو نیز یک بار سم‌پاشی با سم زولون به نسبت دو لیتر در هکتار، ۷۵ روز پس از کاشت صورت پذیرفت.

استیک تهیه شد و روی همزن مغناطیسی قرار گرفته و سپس محلول‌های پنج گرم بر لیتر کیتوزان تهیه شد. اضافه‌کردن پودر کیتوزان به‌آرامی و در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد صورت گرفت و پس از هم‌زدن به‌مدت پنج الی شش ساعت (تا حل‌شدن تمامی ذرات کیتوزان و شفاف‌شدن محلول) به‌اندازه ۲۵ درصد وزن پودر کیتوزان مصرفی، گلیسرول به‌عنوان پلاستی‌سایزر به محلول اضافه شد. از صمغ عربی به‌عنوان عامل چسباننده در آزمایش استفاده شد. به‌منظور تهیه محلول صمغ عربی، ابتدا ۱/۵ لیتر آب را به دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد رسانده و سپس به‌ازای هر لیتر آب ۵۰ گرم صمغ عربی که کاملاً در دستگاه هاون پودر شده و الک شد به محلول اضافه شد و روی همزن مغناطیسی قرار گرفت و به‌مدت نیم ساعت هم زده شد تا صمغ به‌طور کامل با آب حل شده و غلیظ شد (Shaddel et al., 2018).

ریزغده‌های سیب‌زمینی از شرکت دشت زرین استان اردبیل تهیه و به‌مدت یک هفته در انبار روشن در دمای ۲۴ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد تا پیش‌جوانه‌دار شوند و مواد برای پلت‌کردن بر روی آن‌ها اعمال شد. بدین‌صورت که نخست ریزغده‌های تحت تیمار به صمغ عربی آغشته شدند و سپس با زئولیت یا کوکوپیت پوشانده و به‌مدت یک روز در محیط آزمایشگاه و دمای اتاق حدود ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد تا خشک شود. سپس روز بعد، پس از اطمینان از خشک‌شدن غده‌ها، با استفاده از همزن برقی غده‌ها با پودر سوپرفسفات تریپل پوشانده شدند و براساس تیمارهای

جدول ۱. نتایج تجزیه فیزیکی- شیمیایی خاک مزرعه محل آزمایش

پتاسیم	فسفر (mg.kg ⁻¹)	نیتروژن	کربن آلی (%)	pH	EC dS.m ⁻¹	درصد اجزای بافت خاک			بافت خاک ۰-۳۰ سانتی‌متری
						سیلت	رس	شن	
۱۹۸	۶/۱	۰/۰۵۶	۱/۱۷	۷/۰۹	۲/۳۸	۲۲	۲۶	۵۲	لومی شنی

۳. نتایج و بحث

نتایج نشان داد که اثرات اصلی پرکننده فقط بر شاخص سطح برگ و محتوای پرولین از بین صفات رشدی، عملکردی و فیزیولوژیکی معنی‌دار بودند. هم‌چنین اثر تیمارهای مختلف سوپرفسفات بر تعداد برگ در بوته معنی‌دار به‌دست آمد. نتایج نشان داد که استفاده از پرکننده‌های ژئولیت و کوکوپیت در پلیتینگ ریزغده‌ها در مقایسه به ریزغده شاهد (دست‌نخورده) افزایش ۱۹/۷۸ در میانگین شاخص سطح برگ و افزایش ۱۲/۵۶ و ۸/۷۴ درصدی در میانگین محتوای پرولین داشت (جدول ۲). استفاده از سوپرفسفات به‌صورت پوششی و خاکی نیز افزایش معنی‌دار تعداد برگ در بوته (به‌ترتیب ۱۳/۴۸ و ۱۷/۴۱ درصد) را در مقایسه با تیمار شاهد نشان دادند (جدول ۲). بررسی مقایسه میانگین اثر اصلی هر چهار فاکتور مورد آزمایش نشان می‌دهد که اکثر سطوح تیماری تفاوت معنی‌دار آماری در مقایسه با تیمار شاهد در مورد صفات رشدی، عملکردی و فیزیولوژیکی نداشت، اما در اکثر صفات مورد مطالعه کاربرد تیمارهای مختلف به‌منظور پلیتینگ ریزغده‌ها منجر به افزایش عددی در مقایسه با تیمار شاهد شدند، که این افزایش عددی در مورد صفات ارتفاع بوته، تعداد برگ، تعداد غده، عملکرد غده تر و خشک، عملکرد بیولوژیک، شاخص سطح برگ، محتوای پرولین و فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز قابل مشاهده است. از طرف دیگر، تیمارهای مورد آزمایش منجر به کاهش عددی میانگین تعداد ساقه در بوته، شاخص کلروفیل و فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و کاتالاز شد (جدول ۲).

در این راستا، Bahador *et al.* (2015) گزارش کردند که کاربرد ژئولیت منجر به افزایش رطوبت در دسترس بذر می‌شود که این افزایش رطوبت خاک، منجر به بالارفتن رشد ریشه و افزایش سرعت جذب و انتقال مواد نیتروژنه می‌شود. پژوهش‌گران بیان داشتند که پلیمرهای

بعد از مرحله گلدهی، شاخص کلروفیل به‌وسیله دستگاه کلروفیل‌متر دستی (مدل SPAD 502 PLUS کشور انگلستان) و شاخص سطح برگ با دستگاه Leaf area meter (مدل CI202 کشور آمریکا) انجام شد. به‌منظور اندازه‌گیری صفات محتوای پرولین (Bates *et al.*, 1973) و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان پلی‌فنل‌اکسیداز، پراکسیداز و کاتالاز (Chance & Machly, 1955)، نمونه‌گیری تصادفی بعد از مرحله گلدهی از برگ‌های جوان و انتهایی انجام و به فریزر ۸۰- درجه سانتی‌گراد انتقال داده شد. در طول فصل رشد و قبل از خشک‌شدن اندام هوایی، اندازه‌گیری صفات رشدی و مورفولوژیک از سه ردیف وسط با حذف اثر حاشیه‌ای با انتخاب ۱۰ بوته به‌طور تصادفی، صفات ارتفاع بوته، تعداد ساقه، تعداد برگ، تعداد غده، عملکرد غده تر، عملکرد غده خشک (دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت) و عملکرد بیولوژیک محاسبه و اندازه‌گیری شدند. برداشت در تاریخ ۱۴ مردادماه صورت گرفت. اندازه‌گیری صفات کیفی غده شامل درصد پروتئین (ماده تر)، لیزین و متیونین به‌روش پیشنهادی Aghighi Shahverdi *et al.* (2012) انجام شد. هم‌چنین عملکرد پروتئین، عملکرد لیزین و متیونین از طریق حاصل‌ضرب عملکرد خشک غده در درصد پروتئین، لیزین و متیونین محاسبه شد. اندازه‌گیری محتوای نشاسته (ماده خشک) به‌روش Yaghbani & Mohammadzadeh (2005)، محتوای نیترات و نیتروژن کل به‌روش پیشنهادی Aghighi Sahverdi *et al.* (2019) صورت گرفت. در نهایت بعد از جمع‌آوری و نرمال‌سازی داده‌های آزمایشی، تجزیه واریانس و مقایسه میانگین داده‌ها به‌روش چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹/۲) انجام شد. همبستگی ساده بین صفات با استفاده از نرم‌افزارهای SAS (نسخه ۹/۲) و Microsoft Excel (نسخه ۲۰۱۳) انجام شد. تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) با استفاده از نرم‌افزار آماری Minitab (نسخه ۱۹) انجام شد.

مواد مغذی زیادی دارد که خاک به تنهایی قادر به فراهمی عناصر مورد نیاز گیاه نمی باشد (Fernandes et al., 2017). استفاده از کود آلی و معدنی می تواند تأثیر مهمی بر عملکرد سیب زمینی داشته باشد. فسفر یکی از محدودترین عناصر زیست توده می باشد که در خاک های مناطق مختلف بسته به اقلیم به میزان کم تر از یک درصد به صورت محلول در خاک وجود دارد (Alemayehu et al., 2020). پوشش ریزغده ها با سوپرفسفات تریپل منجر به افزایش میانگین صفات عملکرد و اجزای عملکرد شد. به نظر می رسد، تأمین فسفر متعادل می تواند منجر به افزایش عملکرد و همچنین جذب فسفر در گیاه سیب زمینی شود (Soratto & Fernandes, 2016). علاوه بر این، فراهمی فسفر بر جذب و غلظت سایر عناصر ماکرو و میکرو تأثیرگذار است که می تواند عملکرد را تحت تأثیر قرار دهد (Fernandes et al., 2017). کاربرد پوششی سوپرفسفات تریپل در مقایسه با کاربرد خاکی آن از نظر صفات عملکرد و اجزای عملکرد دارای برتری معنی دار بود. به نظر می رسد جذب آب بیش تر توسط بذر و دسترسی به عناصر از عوامل برتری پوشش در مقایسه با کاربرد خاکی سوپرفسفات باشد (Kheiri et al., 2016). نتایج تجزیه داده های خاکی از اثر معنی دار متقابل سه گانه پرکننده، سوپرفسفات و کیتوزان بر میانگین ارتفاع بوته، تعداد ساقه در بوته و میزان فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز بودند (جدول ۲). پلنتینگ ریزغده ها با ترکیب زئولیت و عدم کاربرد کیتوزان به همراه کاربرد خاکی سوپرفسفات ترتیب منجر به تولید بالاترین ارتفاع بوته (۶۳/۵ سانتی متر) شد که در مقایسه با تیمار شاهد افزایش ۲۱/۹۷ درصدی داشت. مقایسه درصد تغییرات ارتفاع بوته نسبت به تیمار شاهد در تمامی تیمارها به غیر ترکیب کوکوپیت+ کاربرد خاکی سوپرفسفات+ عدم کاربرد کیتوزان، افزایش میانگین این صفت مشاهده شد (شکل ۱-A, B).

سوپر جاذب بر میزان نفوذ آب در خاک، وزن مخصوص ظاهری و ساختمان خاک و نیز میزان تبخیر از سطح خاک اثر گذاشته و از این طریق منجر به تغییرات مورفوفیزیولوژیکی در گیاه می شود (Gholinezhad & Eivazi, 2019). در پژوهشی نشان داده شد که اثر زئولیت روی ارتفاع بوته، تعداد برگ و وزن خشک گیاه کلزا معنی دار است و منجر به افزایش میانگین این صفات شد (Valadabadi et al., 2013). به نظر می رسد، کاربرد هم زمان زئولیت و سوپر جاذب، منجر به بهبود نفوذ آب و تهویه فیزیکی خاک شده و افزایش رشد رویشی در پی داشته است. استفاده بیشینه از منابع و شرایط بهینه رشدی به دلیل بر خورداری از منابع می تواند عامل اصلی در افزایش پارامترهای رشدی و مورفولوژیکی به شمار آید (Saadat et al., 2015).

کاربرد هم زمان تیمارهای پرکننده (زئولیت و کوکوپیت) و سوپرفسفات (پوششی و خاکی) منجر به تغییر معنی دار تعداد برگ در بوته، تعداد غده در بوته، عملکرد غده تر و خشک، عملکرد بیولوژیک و شاخص کلروفیل در سطح احتمال ۵ درصد شدند (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل نشان داد که کاربرد کوکوپیت به همراه سوپرفسفات پوششی منجر به تولید بیش ترین میانگین تعداد غده در بوته (۸۳۶/۸ عدد)، عملکرد غده تر و خشک (۱۸/۲۳ و ۳/۸۸ تن در هکتار) و عملکرد بیولوژیک (۲۱/۶۹ تن در هکتار) گردید. از طرف دیگر، کاربرد زئولیت به همراه سوپرفسفات در خاکی ریزغده دارای بالاترین عملکرد ماده خشک غده (۳/۷۰ تن در هکتار) بود. نتایج نشان داد که تیمار شاهد دارای کم ترین میانگین صفات تعداد برگ در بوته، تعداد غده در بوته، عملکرد غده تر و خشک و عملکرد بیولوژیک بود (جدول ۳).

سیب زمینی به دلیل سیستم ریشه ای توسعه یافته برای تولید عملکرد بالا و غده های بزرگ تر و بیش تر نیاز به

مطالعه پاسخ‌های عملکردی، مورفو-فیزیولوژیکی و کیفی ریزغده‌های سویرالیته سیب‌زمینی به پوشش‌های مختلف بذری

جدول ۲. اثر تیمارهای مختلف پلی‌تینگ ریزغده‌های سیب‌زمینی بر صفات مورفولوژیکی و رشدی

ارتفاع بوته (cm)	تعداد ساقه در بوته	تعداد برگ در بوته	تعداد غده در بوته	عملکرد غده تر (ton.ha ⁻¹)	عملکرد ماده خشک غده (ton.ha ⁻¹)	عملکرد بیولوژیک (ton.ha ⁻¹)	
۵۹/۰۴	۵/۵۴	۵۷/۶۲	۷/۶۵	۱۶/۴	۳/۴۶	۱۹/۴۹	زئولیت (F)
۵۴/۸۳	۵/۵۶	۵۲/۰۴	۷/۳۹	۱۶/۷۸	۳/۵۵	۱۹/۹۴	کوکوبیت
۵۶/۸۴	۵/۵۸	۵۳/۵۵	۷/۱	۱۶/۲۷	۳/۴۶	۱۹/۳۶	سوپرفسفات (خاکی) (SP)
۵۷/۰۴	۵/۵۲	۵۶/۱۰	۷/۹۴	۱۶/۹۱	۳/۵۵	۲۰/۰۸	سوپرفسفات (پوششی)
۵۶/۵۸	۵/۵۳	۵۶/۰۳	۷/۷۲	۱۶/۵۷	۳/۴۸	۱۹/۶۸	کیتوزان (CH)
۵۶/۳۳	۵/۵۸	۵۲/۵۲	۷/۴۴	۱۶/۰۳	۳/۳۸	۱۹/۰۵	سوپرجاذب (SA)
۵۲/۰۷	۷/۱۵	۴۶/۳۳	۶/۸۳	۱۵/۱۱	۳/۰۷	۱۷/۸۵	شاهد
NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	F×SP
NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	F×CH
NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	F×SA
NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	SP×CH
NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	SP×SA
NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	CH×SA
*	*	NS	NS	NS	NS	NS	F×SP×CH
NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	F×SP×SA
NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	SP×CH×SA
NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	F×SP×CH×SA

\$. تفاوت معنی‌دار در بین سطوح هر فاکتور؛ تیمار شاهد (ریزغده‌های دست نخورده) برای تمامی چهار فاکتور یکسان در نظر گرفته شد؛ NS: غیر معنی‌دار و * معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد.

■ میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون، از نظر آزمون مقایسه میانگین چند دامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد ندارند. میانگین‌های بدون حروف نیز تفاوت معنی‌دار ندارند.

ادامه جدول ۲. اثر تیمارهای مختلف پلی‌تینگ ریزغده‌های سیب‌زمینی بر صفات مورفولوژیکی و رشدی

شاخص کلروفیل	شاخص سطح برگ	محتوی پروتئین (μmol/g FW)	پلی‌فنل اکسیداز (U/mg protein.min)	پراکسیداز (U/mg protein.min)	کاتالاز (U/mg protein.min)	
۴۴/۲۴	۲/۷۳	۲۲۲/۴	۴/۳۲	۱۴/۴۶	۳۶/۳۱	زئولیت (F)
۴۴/۹۴	۲/۷۳	۲۳۲/۲۵	۳/۸۸	۱۴/۵۹	۴۲/۵۴	کوکوبیت
۴۴/۴۵	۲/۷۱	۲۳۹/۱۰	۴/۰۹	۱۴/۱۷	۴۱/۷	سوپرفسفات (خاکی) (SP)
۴۴/۷۲	۲/۷۵	۲۳۵/۵۵	۴/۱۱	۱۴/۸۸	۳۷/۱۵	سوپرفسفات (پوششی)
۴۴/۹۶	۲/۷۳	۲۳۸/۸۸	۴/۱	۱۴/۸۶	۳۸/۴۱	کیتوزان (CH)
۴۴/۶۴	۲/۷۴	۲۳۹/۰۱	۴/۱۸	۱۴/۱۳	۳۸/۳۴	سوپرجاذب (SA)
۴۷/۷۷	۲/۱۹	۲۱۱/۹۴	۲/۵۵	۱۷/۷۷	۴۷/۸۲	شاهد
NS	NS	NS	NS	NS	NS	F×SP
NS	NS	NS	*	NS	NS	F×CH
NS	NS	NS	*	NS	NS	F×SA
NS	NS	NS	*	NS	NS	SP×CH
NS	NS	NS	*	NS	NS	SP×SA
NS	NS	NS	*	NS	NS	CH×SA
NS	NS	NS	*	NS	NS	F×SP×CH
NS	NS	NS	NS	NS	NS	F×SP×SA
NS	NS	NS	NS	*	NS	SP×CH×SA
NS	NS	NS	NS	NS	NS	F×SP×CH×SA

\$. تفاوت معنی‌دار در بین سطوح هر فاکتور؛ تیمار شاهد (ریزغده‌های دست نخورده) برای تمامی چهار فاکتور یکسان در نظر گرفته شد؛ NS: غیر معنی‌دار و * معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد.

■ میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون، از نظر آزمون مقایسه میانگین چند دامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد ندارند. میانگین‌های بدون حروف نیز تفاوت معنی‌دار ندارند.

جدول ۳. مقایسه میانگین اثر متقابل پرکننده‌های زئولیت و کوکوپیت در سوپرفسفات بر برخی صفات عملکردی و فیزیولوژیکی

ریزغده‌های سیب‌زمینی							
شاخص کلروفیل	عملکرد بیولوژیک (ton.ha ⁻¹)	عملکرد ماده خشک غده (ton.ha ⁻¹)	عملکرد غده تر (ton.ha ⁻¹)	تعداد غده در بوته	تعداد برگ در بوته	سوپرفسفات	سطوح پرکننده
۴۵/۰۵ ^b	۲۰/۵۳ ^{ab}	۳/۷۰ ^a	۱۷/۲۳ ^b	۷/۷۸ ^b	۵۳/۵۹ ^b	خاکی	زئولیت
۴۳/۴۳ ^c	۱۸/۴۶ ^b	۳/۲۲ ^b	۱۵/۵۸ ^c	۷/۵۳ ^b	۶۱/۶۵ ^a	پوشش	
۴۳/۸۶ ^c	۱۸/۲۰ ^{bc}	۳/۲۲ ^b	۱۵/۳۲ ^c	۶/۴۱ ^c	۵۳/۵۲ ^b	خاکی	کوکوپیت
۴۶/۰۲ ^b	۲۱/۶۹ ^a	۳/۸۸ ^a	۱۸/۲۳ ^a	۸/۳۶ ^a	۵۰/۵۵ ^b	پوشش	
۴۷/۷۷ ^a	۱۷/۸۵ ^c	۳/۰۷ ^c	۱۵/۱۱ ^c	۶/۸۳ ^c	۴۶/۳۳ ^c		شاهد

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون، از نظر آزمون مقایسه میانگین چند دامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد ندارند.

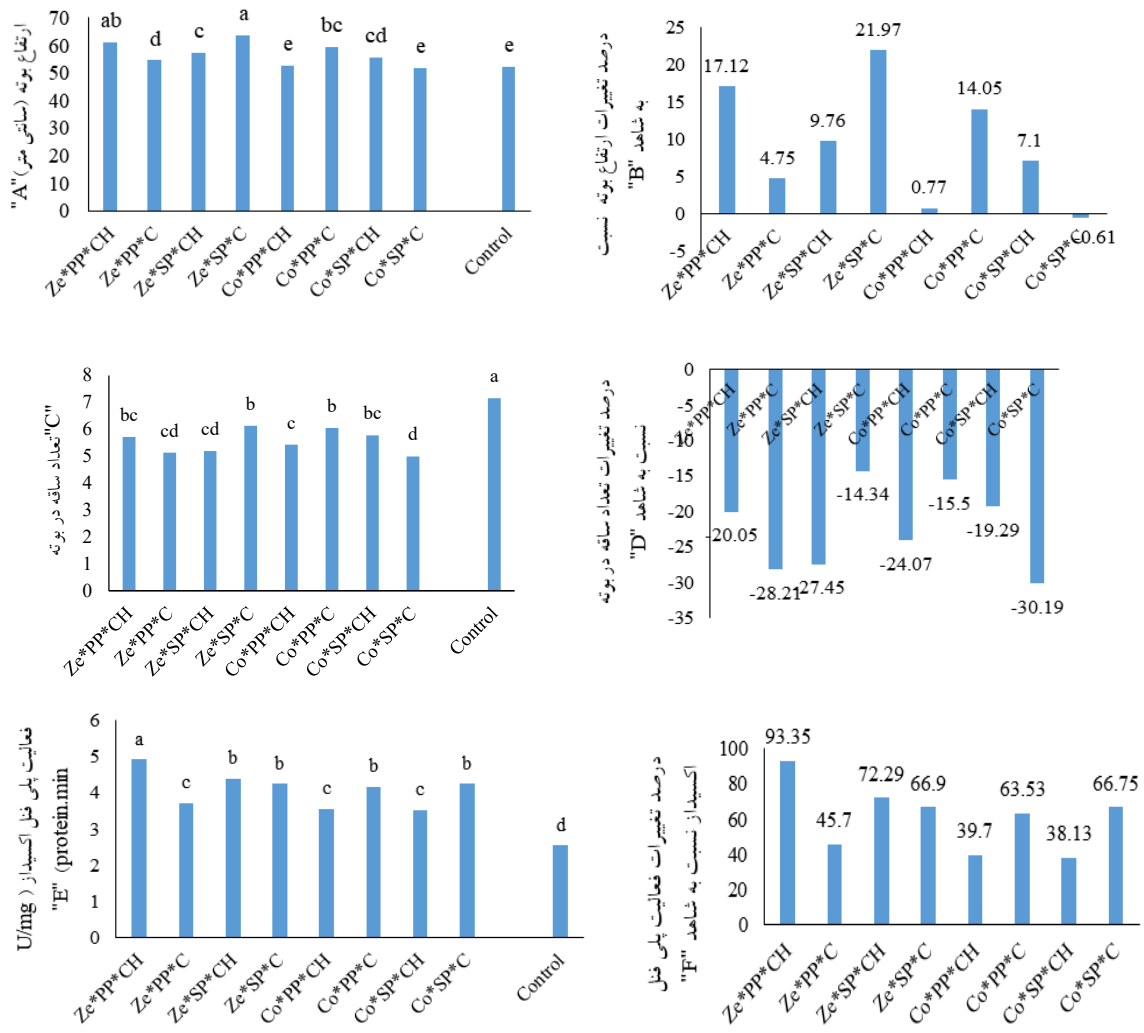
نفوذپذیری خاک سبب تسهیل حرکت آب در خاک و در نتیجه بهبود رشد رویشی و افزایش متابولیت ثانویه در گیاه آلوئه‌ورا می‌شود (Yari et al., 2013). زئولیت‌ها با ساختاری بسیار متخلخل و هم‌چنین سطح داخلی بسیار گسترده موجب تثبیت عناصر غذایی در بین ساختار خود شده و از طریق رهاسازی تدریجی آن‌ها، فراهمی این مواد غذایی در درازمدت برای گیاه را فراهم می‌نماید که نتیجه آن افزایش کارایی و توانایی گیاه در مصرف عناصر و در نتیجه افزایش عملکرد می‌باشد (Heydari et al., 2017). کاربرد زئولیت براساس بررسی منابع صورت گرفته منجر به افزایش عملکرد بسیاری از گیاهان زراعی از جمله سیب‌زمینی (۱۳ درصد)، کلزا (۳۳ درصد)، برنج (۱۳ درصد) و کلزا (۸۹ درصد) شده است (Heydari et al., 2017; Madani et al., 2010).

افزایش میزان کلروفیل در برگ گیاه می‌تواند پژوهش‌گران را در تولید گیاهانی با توان فتوسنتز بالاتر یاری کند. به تبعیت از این نکته که محتوی کلروفیل با فراهمی نیتروژن ارتباط تنگاتنگی دارد و با توجه نقش کلیدی عنصر فسفر در ساختمان آنزیم‌ها و هم‌چنین نقش پرکننده کوکوپیت در کاهش میزان آبشویی عناصر به‌ویژه نیتروژن به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین عناصر در ساختمان کلروفیل، سنتز کلروفیل در استفاده از کود سوپرفسفات تریپل، کوکوپیت و پلیمر سوپر جاذب افزایش یافته است (Heydari et al., 2017).

مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه نشان داد که ریزغده‌های دست‌نخورده (شاهد) بیش‌ترین تعداد ساقه در بوته را دارند و تمامی تیمارهای اعمال شده منجر به کاهش میانگین این صفت شد، به‌طوری‌که بیش‌ترین کاهش (۳۰/۱۹ درصد) مربوط به ترکیب تیماری کوکوپیت+ کاربرد خاکی سوپرفسفات+ عدم کاربرد کیتوزان بود و کم‌ترین کاهش (۱۴/۳۴ درصد) در تیمار کوکوپیت+ سوپرفسفات پوششی+ عدم کاربرد کیتوزان به‌دست آمد (شکل ۱-C, D). به‌نظر می‌رسد که پلیتینگ ریزغده با ایجاد حفاظ در مقابل خروج ساقه‌های فرعی از غده مادری را کاهش می‌دهد.

پلیتینگ ریزغده‌ها با ترکیب زئولیت+ سوپرفسفات پوششی+ کیتوزان منجر به ایجاد بیش‌ترین فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز (۴/۹۳) واحد آنزیم بر میلی‌گرم پروتئین در دقیقه) شد و کم‌ترین میانگین این صفت در تیمار شاهد بود. به‌بیان دیگر، تیمار ریزغده‌ها با ترکیبات مختلف منجر به افزایش فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز شد (شکل ۱-E, F). در پژوهش حاضر کاربرد زئولیت منجر به افزایش عملکرد و اجزای عملکرد شد. زئولیت‌ها از جمله کانی‌هایی هستند که به مقدار قابل‌توجهی در ایران موجود می‌باشند و به‌دلیل ویژگی‌های منحصر‌به‌فرد خود از جمله افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی و ایجاد پیوستگی انتخابی برای آمونیم و پتاسیم، موجب بهبود ساختمان خاک می‌شوند. پژوهش‌گران نشان دادند که افزودن زئولیت به خاک با تغییر

مطالعه پاسخ‌های عملکردی، مورفو-فیزیولوژیکی و کیفی ریزغده‌های سویرالیته سیب‌زمینی به پوشش‌های مختلف بذر



شکل ۱. مقایسه میانگین اثر متقابل پرکننده، سوپرفسفات و کیتوزان بر ارتفاع بوته (A)، تعداد ساقه در بوته (C) و فعالیت آنزیم پلئول پراکسیداز (E) و میزان تغییرات این صفت در مقایسه با تیمار شاهد (B, D, F) و (Co: ژئولیت؛ Ze: کوکویت؛ PP: سوپرفسفات پوششی؛ SP: سوپرفسفات خاکی؛ CH: کیتوزان؛ C: عدم کاربرد کیتوزان)

آنتی‌اکسیدان دارد. به احتمال زیاد مکانیسم عمل کیتوزان با ارسال سیگنال‌هایی به منظور سنتز هورمون‌های گیاهی مانند جبرلین و اکسین صورت گیرد که منجر به تغییر صفات فیزیولوژیکی می‌شود (Mahdavi et al., 2013). در این راستا، پژوهش‌گران بیان داشتند که کاربرد کیتوزان با تقویت مکانیسم‌های دفاعی آنزیمی (آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان) و غیرآنزیمی (پرویلین، کارتنوئید و غیره)

نتایج نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین کاربرد ژئولیت با کوکویت از نظر شاخص سطح برگ وجود ندارد. نتایج نشان داد وجود سوپرفسفات‌تریپل (به‌ویژه به‌صورت پوشش) برای افزایش شاخص سطح برگ ضروری است. هم‌چنین، کیتوزان نقش قابل‌توجهی در افزایش میانگین صفات فیزیولوژیکی از جمله شاخص سطح برگ، محتوی پرویلین و فعالیت آنزیم‌های

در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بودند. در بین صفات کیفی، اثر متقابل پرکننده در سوپرفسفات در سوپر جاذب بر محتوای نشاسته غده در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار به دست آمد (جدول ۴).

نتایج نشان داد که استفاده از ژئولیت باعث افزایش و کوکویت باعث کاهش درصد پروتئین غده در مقایسه با شاهد شد. این افزایش درصد پروتئین با افزایش عملکرد غده منجر به افزایش ۳۲/۲۳ درصدی عملکرد پروتئین غده در کاربرد ژئولیت در مقایسه با تیمار شاهد شد (جدول ۴). استفاده از سوپرفسفات در پوشش ریزغده نیز باعث افزایش درصد پروتئین و از این طریق منجر به بالارفتن ۳۰/۳۰ درصدی عملکرد پروتئین در مقایسه با ریزغده دست‌نخورده شد (جدول ۴). در مورد سایر صفات کیفی از جمله درصد و عملکرد اسید آمینه‌های لیزین و میتونین و هم‌چنین محتوای نشاسته و درصد نیتروژن کل تفاوت معنی‌دار آماری مشاهده نشد، اما از لحاظ میانگین عددی پلیتینگ ریزغده با ترکیبات ذکر شده افزایش عملکرد اسید آمینه‌های لیزین و میتونین شد (جدول ۴). هرگونه تغییر بر جذب و سوخت و ساز نیتروژن، اثر مستقیم بر سرعت سنتز اسید نوکلئیک و پروتئین‌ها دارد. بنابراین، با توجه به این موضوع که قابلیت دسترسی به فسفر در خاک بر میزان جذب نیتروژن و استفاده گیاه از آن مؤثر می‌باشد و از سوی دیگر تأثیر ژئولیت بر کاهش میزان آبشویی نیتروژن و افزایش قابل دسترس گیاه به اثبات رسیده است (Heydari et al., 2017; Tavasolee & Aliasgharzad, 2009). این مکانیسم سبب شد تا پروتئین ریزغده و محتوای اسیدهای آمینه لیزین و میتونین با کاربرد سوپرفسفات تریپل و ژئولیت افزایش یابد. در این راستا، پژوهش‌گران نیز نتایج مشابهی در مورد سایر گونه‌های گیاهی گزارش کردند (Gholamhoseini et al., 2013).

منجر به افزایش پارامترهای رشدی گیاه سیب‌زمینی شد (Muley et al., 2019).

کاربرد تیمارهای مختلف به‌منظور پلیتینگ ریزغده در مجموع باعث افزایش میانگین عددی محتوای اسید آمینه پرولین در مقایسه با تیمار شاهد شد. اسید آمینه پرولین علاوه بر افزایش پتانسیل سلولی، منجر به تثبیت ساختار درون سلولی، پتانسیل ردوکس بافر سلولی و حذف رادیکال‌های آزاد نقش دارد (Muley et al., 2019). هم‌چنین پرولین ممکن است به‌عنوان یک هیدروتوپ سازگار با پروتئین عمل کرده و اسیدیته سیتوپلاسمی را همراه با حفظ نسبت‌های $NADP^+/NADPH$ مشخص‌شده برای مسیرهای متابولیک سلولی را کاهش دهد (Ashraf & Foolad, 2007). در پژوهشی کاربرد کیتوزان منجر به افزایش محتوای پرولین در گیاه سیب‌زمینی شد (Muley et al., 2019) که با یافته‌های پژوهش حاضر مطابقت داشت.

کاربرد کیتوزان در پلیتینگ ریزغده باعث کاهش فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز و افزایش فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز شد. در همین راستا، پژوهش‌گران بیان داشتند که استفاده از کیتوزان منجر به افزایش فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز و پراکسیداز در سیب‌زمینی می‌شود (Muley et al., 2019). کاتالاز از اولین سدهای مقاومتی گیاه در برابر پراکسید هیدروژن می‌باشد که ماده سمی است و به‌طور عمده تحت شرایط تنش به‌وسیله تنفس نوری، بتا اکسیداسیون اسیدهای چرب و غیره در پراکسی‌زوم‌ها تولید می‌شود (Al Mahmud et al., 2015). پراکسیداز به‌طور عمده در متابولیسم اکسین، گونه‌های فعال اکسیژن و گونه‌های نیتروژن و هم‌چنین سنتز لیگنین، سابیرین، فیتوآلکسین‌ها و غیره دخیل است (Almagro et al., 2009).

نتایج تجزیه و تحلیل داده‌های اثرات اصلی نشان داد که اثر پرکننده و هم‌چنین سوپرفسفات بر عملکرد پروتئین

مطالعه پاسخ‌های عملکردی، مورفو-فیزیولوژیکی و کیفی ریزغده‌های سویرالیته سیب‌زمینی به پوشش‌های مختلف بذری

جدول ۴. اثر تیمارهای مختلف پلی‌تینگ ریزغده‌های سیب‌زمینی بر صفات کیفی

درصد نیروزن کل	محتوای نیترات (mg/kg)	درصد نشاسته	عملکرد لیزین (kg/ha)	درصد لیزین	عملکرد متیونین (kg/ha)	درصد متیونین	عملکرد پروتئین (kg/ha)	درصد پروتئین	
۰/۶۸	۱۹۲/۲۱	۱۴/۰۹	۱۵/۷	۰/۴۵	۶/۲۴	۰/۱۸	۱۱۶۲/۹۱	۴/۲۷	زئولیت
۰/۶۷	۱۸۸/۱	۱۴/۶۷	۱۵/۴۹	۰/۴۴	۶/۲۸	۰/۱۸	۱۱۳۳/۰۴	۴/۱۸	(F) کوکوپیت
۰/۶۹	۱۹۳/۳۹	۱۴/۶۶	۱۵/۴۸	۰/۴۵	۶/۲	۰/۱۸	۱۱۵۸/۳۹	۴/۳	سوپرفسفات (پوشش)
۰/۶۶	۱۸۶/۹۲	۱۴/۰۹	۱۵/۷۱	۰/۴۴	۶/۳۲	۰/۱۸	۱۱۳۷/۵۶	۴/۱۵	سوپرفسفات (خاکی)
۰/۶۶	۱۸۴/۶۱	۱۳/۹۱	۱۵/۰۹	۰/۴۴	۶/۰	۰/۱۷	۱۱۵۴/۸۳	۴/۱	(CH) کیتوزان
۰/۶۹	۱۹۴/۲۷	۱۴/۷۱	۱۵/۳۴	۰/۴۶	۶/۱۲	۰/۱۸	۱۱۵۶/۸۶	۴/۳۲	(SA) سوپر جاذب
۰/۶۸	۱۸۹/۸۶	۱۵/۰۳	۱۳/۶۱	۰/۴۴	۵/۷۲	۰/۱۸	۱۱۰/۳۹	۴/۲۲	شاهد
Statistical analysis									
NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	F×SP
NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	F×CH
NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	F×SA
NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	SP×CH
NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	SP×SA
NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	CH×SA
NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	F×SP×CH
NS	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	F×SP×SA
NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	SP×CH×SA
NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	F×SP×CH×SA

\$: تفاوت معنی‌دار در بین سطوح هر فاکتور؛ تیمار شاهد (ریزغده‌های دست‌نخورده) برای تمامی چهار فاکتور یکسان در نظر گرفته شد؛ NS: غیر معنی‌دار و * : معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد؛ ■ میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون، از نظر آزمون مقایسه میانگین چند دامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد ندارند. میانگین‌های بدون حروف نیز تفاوت معنی‌دار ندارند.

لیزین همبستگی مثبت و معنی‌دار و با صفات درصد پروتئین، درصد لیزین و محتوای نیترات همبستگی منفی و معنی‌دار داشتند. عملکرد اسید آمینه‌های متیونین و لیزین به‌عنوان صفات مهم کیفی در سیب‌زمینی با صفات رشدی و عملکردی هم‌چون ارتفاع بوته، تعداد شاخه، تعداد غده، عملکرد غده تر، خشک و بیولوژیکی، درصد و عملکرد پروتئین همبستگی مثبت و معنی‌دار داشتند. نکته قابل‌توجه این‌که، همبستگی مثبتی بین تمامی پارامترهای کیفی مشاهده شد. در مطالعه‌ای روابط بین صفات ارقام و ژنوتیپ‌های مختلف سیب‌زمینی بررسی و بیان شد که همبستگی‌های مثبت و منفی بین صفات مورد مطالعه وجود دارد و مشخص شد که عملکرد غده با ارتفاع گیاه همبستگی مثبتی دارد (Petros & Zelleke, 2013).

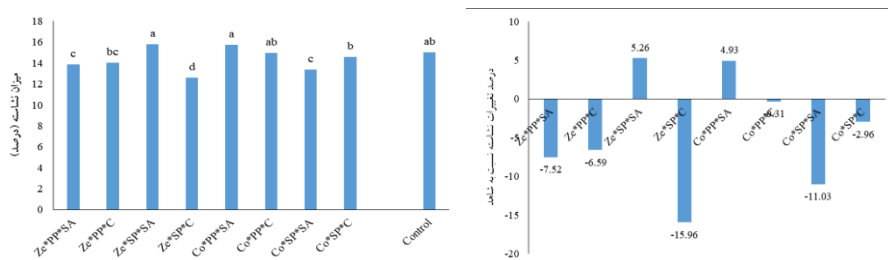
به‌منظور درک بهتر همبستگی بین صفات و تعیین صفات مهم، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی انجام شد که نتایج آن در

در مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه، بیش‌ترین درصد نشاسته ریزغده در استفاده از کوکوپیت، سوپرفسفات و سوپر جاذب در پلی‌تینگ ریزغده با میانگین ۱۵/۸۰ درصد به‌دست آمد و کم‌ترین محتوای نشاسته مربوط کاربرد زئولیت، سوپرفسفات خاکی و عدم کاربرد سوپر جاذب با ۱۲/۶۲ درصد بود. میزان تغییرات نشاسته ریزغده‌های تیمار شده با ریزغده بدون تیمار نشان داد که برخی از تیمار از جمله زئولیت+ سوپرفسفات خاکی+ سوپر جاذب و هم‌چنین کوکوپیت+ سوپرفسفات پوششی+ سوپر جاذب منجر به افزایش نشاسته در مقایسه با شاهد شد و سایر ترکیبات تیماری منجر به افت میانگین این صفت شد (شکل ۲).

نتایج همبستگی ساده بین صفات رشدی، عملکردی، فیزیولوژیکی و کیفی در جدول (۵) ارائه شده است. براساس نتایج به‌دست‌آمده، عملکرد تر و خشک غده با صفات ارتفاع بوته، تعداد ساقه، تعداد غده، عملکرد پروتئین و عملکرد

کل بود. با توجه به نتایج به دست آمده مؤلفه اول را مؤلفه عملکردی و مؤلفه دوم را مؤلفه کیفی می توان نام گذاری کرد که در مجموع ۶۰ درصد از تغییرات را توجیه می نمایند. نتایج مشابهی در مورد گیاه سیب زمینی توسط سایر پژوهشگران نیز گزارش شده است (Deperi et al., 2018).

شکل (۳) ارائه شده است. نتایج نشان داد که مؤلفه اول که حدود ۳۵ درصد از تغییرات با آن قابل توجیه بود شامل صفات عملکرد پروتئین، عملکرد لیزین و عملکرد متیونین بود و مؤلفه دوم که ۲۵ درصد از تغییرات با آن قابل توجیه بود شامل محتوای پروتئین، متیونین، لیزین و نیتروژن



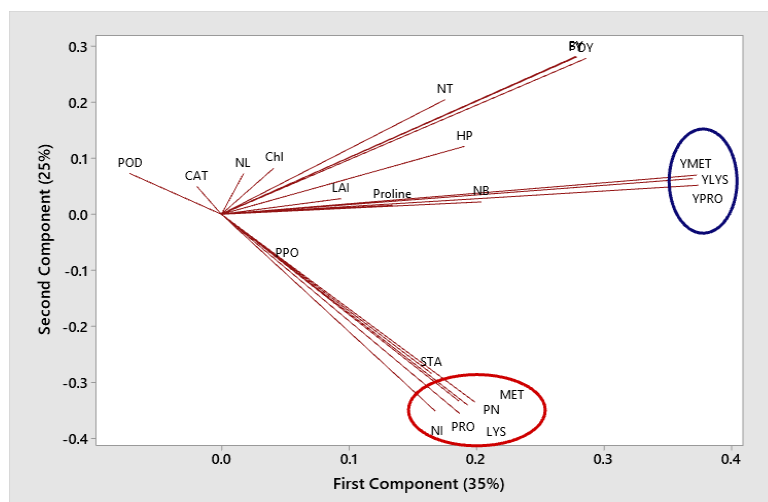
شکل ۲. مقایسه میانگین اثر متقابل پرکننده، سوپرفسفات و سوپر جاذب بر محتوی نشاسته و میزان تغییرات این صفت در مقایسه با تیمار شاهد. (Ze): زئولیت؛ Co: کوکوپیت؛ PP: سوپرفسفات پوششی؛ SP: سوپرفسفات خاکی؛ SA: سوپر جاذب؛ C: عدم کاربرد سوپر جاذب

جدول ۵. ضرایب همبستگی ساده (پیرسون) بین صفات رشدی، عملکردی، فیزیولوژیکی و کیفی ریزغده های سیب زمینی تحت تأثیر تیمارهای مختلف پلت کردن

۲۱	۲۰	۱۹	۱۸	۱۷	۱۶	۱۵	۱۴	۱۳	۱۲	۱۱	۱۰	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱																
																				۰/۵۸																
																			۰/۲	۰/۳۴																
																		۰/۱۵	۰/۰۷	۰/۲۸																
																		۰/۵۷	۰/۰۶	۰/۳۴	۰/۴۶															
																		۰/۹۹	۰/۰۷	۰/۳۴	۰/۴۷															
																		۰/۹۸	۰/۰۷	۰/۳۵	۰/۴۷															
																		۰/۱۱	۰/۱۵	۰/۱	۰/۲۷	۰/۰۹	۰/۰۴	۰/۰۳												
																		۰/۲۲	۰/۱۸	۰/۱۶	۰/۱۸	۰/۰۴	۰/۰۷	۰/۲۴	۰/۱۸											
																		۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۲۵	۰/۱۸	۰/۲۰	۰/۱۵	۰/۰۹	۰/۰۸	۰/۰۴										
																		۰/۱۴	۰/۰۴	۰/۰۸	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۵	۰/۱۴	۰/۰۸									
																		۰/۲۶	۰/۰۲	۰/۱۲	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۵	۰/۱۹	۰/۱۲								
																		۰/۰۹	۰/۰۲	۰/۱۱	۰/۱۲	۰/۰۴	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۱۲	۰/۲۱	۰/۱۲	۰/۱۴							
																		۰/۰۹	۰/۱۶	۰/۱۷	۰/۱۲	۰/۰۲	۰/۰۷	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۱۲	۰/۱۴	۰/۱۵	۰/۰۶	۰/۰۶						
																		۰/۴۱	۰/۰۰۱	۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۳۱	۰/۱۶	۰/۱۳	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۹	۰/۴۹	۰/۰۰۵	۰/۴۲	۰/۴					
																		۰/۳۸	۰/۰۸۹	۰/۰۷	۰/۱۶	۰/۲۳	۰/۱۷	۰/۱۶	۰/۰۶	۰/۱۸	۰/۱۵	۰/۱۸	۰/۰۱	۰/۰۷	۰/۱۹	۰/۰۵				
																		۰/۴۱	۰/۰۹۷	۰/۰۳۳	۰/۰۲	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۳۳	۰/۲	۰/۱۱	۰/۰۸	۰/۰۸۳	۰/۰۸۱	۰/۵۱	۰/۰۳	۰/۴۳	۰/۴۵			
																		۰/۲۹	۰/۰۸۴	۰/۰۳۴	۰/۰۸۷	۰/۱۲	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۱۴	۰/۱۳	۰/۰۷	۰/۱۸	۰/۱۷	۰/۱۸	۰/۱۳	۰/۰۷	۰/۱۷	۰/۰۸		
																		۰/۴۲	۰/۰۹۳	۰/۰۳۴	۰/۰۹۴	۰/۰۳۳	۰/۰۱	۰/۱۳	۰/۱	۰/۳۲	۰/۲۱	۰/۱۲	۰/۰۹	۰/۰۸	۰/۱۵	۰/۱۰	۰/۰۹	۰/۰۸		
																		۰/۲۷	۰/۰۶۸	۰/۰۳	۰/۰۸۵	۰/۰۲۸	۰/۰۸۳	۰/۰۳۳	۰/۰۹	۰/۱۱	۰/۰۹	۰/۰۷	۰/۰۸	۰/۱۵	۰/۱۰	۰/۱۵	۰/۱۰	۰/۱۵	۰/۱۰	
																		۰/۳۳	۰/۰۷۲	۰/۰۳۳	۰/۰۸	۰/۰۳۶	۰/۰۸۸	۰/۰۴۱	۰/۰۹۳	۰/۰۱۱	۰/۰۱۷	۰/۰۱۶	۰/۰۱	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۰۷	۰/۰۸	۰/۰۹	۰/۱
																		۰/۸۶	۰/۰۷۲	۰/۰۳۳	۰/۰۸	۰/۰۳۶	۰/۰۸۸	۰/۰۴۱	۰/۰۹۳	۰/۰۱۱	۰/۰۱۷	۰/۰۱۶	۰/۰۱	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۰۷	۰/۰۸	۰/۰۹	۰/۱

همبستگی مثبت: ۱- ارتفاع بوته، ۲- تعداد شاخه، ۳- تعداد برگ، ۴- تعداد غده، ۵- عملکرد غده تر، ۶- عملکرد غده خشک، ۷- عملکرد بیولوژیک، ۸- شاخص کلروفیل، ۹- شاخص سطح برگ، ۱۰- پرولین، ۱۱- پلی فنل اکسیداز، ۱۲- پراکسیداز، ۱۳- کاتالاز، ۱۴- درصد پروتئین، ۱۵- عملکرد پروتئین، ۱۶- درصد متیونین، ۱۷- عملکرد متیونین، ۱۸- درصد لیزین، ۱۹- عملکرد لیزین، ۲۰- درصد نشاسته، ۲۱- محتوای نیترات، ۲۲- درصد نیتروژن کل.

مطالعه پاسخ‌های عملکردی، مورفو-فیزیولوژیکی و کیفی ریزغده‌های سویرالیته سیب‌زمینی به پوشش‌های مختلف بذر



شکل ۳. تجزیه به مؤلفه‌های اصلی صفات رشدی، عملکردی، فیزیولوژیکی و کیفی ریزغده‌های پلت‌شده سیب‌زمینی

۴. نتیجه‌گیری

این پژوهش از اولین پژوهش‌ها در زمینه پلیتینگ ریزغده قبل از کشت در مزرعه بود، که نتایج قابل‌توجهی داشت. به‌طورکلی، نتایج نشان داد که پلت‌کردن ریزغده‌های سیب‌زمینی با ترکیبات سوپرفسفات تریپل، زئولیت، کوکویت، کیتوزان و سوپرچاذب تفاوت معنی‌دار آماری در خیلی از صفات ایجاد نمی‌کند، اما منجر به افزایش عددی پارامترهای رشدی و عملکردی و کیفی ریزغده‌ها و باعث تغییر صفات فیزیولوژیکی در گیاه سیب‌زمینی شد. به‌طورکلی، مهم‌ترین نتایج به‌دست‌آمده عبارتند از ۱- کاربرد سوپرفسفات تریپل (پوششی یا خاکی) اثر افزایشی بر صفات کمی و کیفی ریزغده‌ها داشت؛ ۲- از نظر صفات کیفی، کاربرد خاکی سوپر فسفات تریپل به‌همراه زئولیت و کاربرد پوششی سوپر فسفات به‌همراه کوکویت نتایج مطلوب‌تری داشت؛ ۳- در مورد صفات فیزیولوژیکی، اثر کیتوزان شاخص‌تر بود و در اکثر موارد منجر به افزایش میانگین شاخص‌های فیزیولوژیکی شد؛ ۴- کاربرد سوپرچاذب همراه با زئولیت در مقایسه با کاربرد آن همراه با کوکویت در مورد صفات رشدی و عملکردی نتایج بهتری داشت. پیشنهاد می‌شود به‌منظور بررسی

بیش‌تر، این دست پژوهش‌ها در کشور به‌ویژه در مناطق اصلی کشت سیب‌زمینی مورد توجه قرار گیرد.

۵. تشکر و قدردانی

از پرسنل و اساتید دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، تشکر و قدردانی می‌گردد.

۶. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۷. منابع

- Aghighi Shahverdi, M., Tobeh, A., Golipouri, A., Godehkahriz, S. J., & Rastgar, Z. (2012). Concentration changes of lysine and methionine amino acids in potatoes varieties affected by different levels of Nitrogen fertilizer. *Tech J Eng Appl Sci*, 2(4), 93-96.
- Aghighi Sahverdi, M., Tobeh, A., & Mosanaiey, H. (2019). Effect of urea fertilizer application rate on nitrogen uptake and allocation and protein content in of potato. *Journal of Plant Ecophysiology*, 35(1), 52-62. (in Persian)
- Al Mahmud, A., Hossain, M., Kadian, M. S., & Hoque, M. A. (2015). Physiological and biochemical changes in potato under water stress condition. *Indian Journal of Plant Physiology*, 20(4), 297-303.

- Alemayehu, M., Jemberie, M., Yeshiwas, T., & Aklile, M. (2020). Integrated application of compound NPS fertilizer and farmyard manure for economical production of irrigated potato (*Solanum tuberosum* L.) in highlands of Ethiopia. *Cogent Food & Agriculture*, 6(1), 172-185.
- Almagro, L., Gómez Ros, L., Belchi-Navarro, S., Bru, R., Ros Barceló, A., & Pedreno, M. (2009). Class III peroxidases in plant defence reactions. *Journal of Experimental Botany*, 60(2), 377-390.
- Ashraf, M., & Foolad, M. R. (2007). Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environmental and Experimental Botany*, 59(2), 206-216.
- Bahador, M., Abdali, A., & Lotfi, A. (2015). Effect of Zeolite and seed priming on grain nitrogen content, leaf chlorophyll and traits dependent to grain yield of Mung bean (*Vigna radiata* L.) cultivars. *Journal of Plant Process and Function*, 4(11), 137-147. (in Persian)
- Bates, L. S., Waldren, R. P., & Teare, I. (1973). Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil*, 39(1), 205-207.
- Chance, B., & Maehly, A. (1955). Assay of catalases and peroxidases. *Methods Biochem Anal*, 1, 357-424.
- Deperi, S. I., Tagliotti, M. E., Bedogni, M. C., Manrique-Carpintero, N. C., Coombs, J., Zhang, R., Huarte, M. A. (2018). Discriminant analysis of principal components and pedigree assessment of genetic diversity and population structure in a tetraploid potato panel using SNPs. *PLoS One*, 13(3), e0194398.
- Dong, Y., Wan, Y., Liu, F., & Zhuge, Y. (2019). Effects of exogenous SA supplied with different approaches on growth, chlorophyll content and antioxidant enzymes of peanut growing on calcareous soil. *Journal of Plant Nutrition*, 42(16), 1869-1883.
- Fernandes, A. M., Soratto, R. P., Souza, E. D. F. C. D., & Job, A. L. G. (2017). Nutrient uptake and removal by potato cultivars as affected by phosphate fertilization of soils with different levels of phosphorus availability. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 41, 1-23.
- Gholamhoseini, M., Ghalavand, A., Khodaei-Joghan, A., Dolatabadian, A., Zakikhani, H., & Farmanbar, E. (2013). Zeolite-amended cattle manure effects on sunflower yield, seed quality, water use efficiency and nutrient leaching. *Soil and Tillage Research*, 126, 193-202.
- Gholinezhad, E., & Eivazi, A. (2019). The effect of super absorbent polymer and manure fertilizer on water use efficiency of wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars under different irrigation regimes. *Journal of Crops Improvement*, 21(3), 275-288.
- Heydari, M., Mir, N., & Mousavinik, S. M. (2017). The effect of phosphorus nanofertilizer modified with a novel organic compound on qualitative parameters of two types of beans. *Journal of Crops Improvement*, 19(2), 517-531.
- Kheiri, F., Barzegar, T., Ghahremani, Z., & Rabiei, V. (2016). Effects of chitosan coating and hot water treatment on postharvest characteristics of fruit pepper. *Journal of Crops Improvement*, 18(3), 595-608. (in Persian)
- Madani, H., Moghimi, A., & Sajedi, N. (2010). Effect of different levels of zeolite and irrigation interval on yield and some trait of potato. *New Finding in Agriculture*, 4(3), 285-293. (in Persian)
- Mahdavi, B., Modarres, S. S., Aghaalikhani, M., & Sharifi, M. (2013). Effect of chitosan on safflower (*Carthamus tinctorius* L.) seed germination and antioxidant enzymes activity under water stress. *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)*, 26, 352-365. (in Persian)
- Mandal, A. B., Mondal, R., Dutta, P. M., & Sourav, P. (2015). Seed enhancement through priming, coating and pelleting for uniform crop stand and increased productivity. *Journal of the Andaman Science Association*, 20(1), 26-33.
- Martins, J. D. L., Soratto, R. P., Fernandes, A., & Dias, P. H. (2018). Phosphorus fertilization and soil texture affect potato yield. *Revista Caatinga*, 31(3), 541-550.
- Muley, A. B., Shingote, P. R., Patil, A. P., Dalvi, S. G., & Suprasanna, P. (2019). Gamma radiation degradation of chitosan for application in growth promotion and induction of stress tolerance in potato (*Solanum tuberosum* L.). *Carbohydrate Polymers*, 210, 289-301.
- Orsji, Z., & Tanha-Khaje, M. (2018). Study the effect of growth improver and chemical fertilizer application on growth and yield of *Solanum tuberosum*. *Journal of Crop Production*, 10(4), 173-186.
- Petros, A. F. Y., & Zelleke, H. (2013). Genetic variability and association between agronomic characters in some potato (*Solanum tuberosum* L.) genotypes in SNNPRS, Ethiopia. *International Journal of Biodiversity and Conservation*, 5(8), 523-528.
- Pirasteh-Anosheh, H., & Emam, Y. (2019). The role of plant growth regulators in enhancing crop yield under saline conditions: from theory to practice. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 21(3), 188-209. (in Persian)

- Ravichandran, G., Venkatasalam, E., Muthuraj, R., & Manorama, K. (2015). A method to use very small size potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers as seed. *African Journal of Plant Science*, 9(9), 352-359.
- Rykaczewska, K. (2016). The potato minituber production from microtubers in aeroponic culture. *Plant, Soil and Environment*, 62(5), 210-214.
- Saadat, F., Ehteshami, S. M., Asghari, J., & Rabiee, M. (2015). Effect of seed coating with growth promoting bacteria and micronutrients on quantitative and qualitative yield of forage corn (*Zea mays* L. Sc. 640). *Iranian Journal of Field Crop Sciences*, 46(3), 485-496. (in Persian)
- Shaddel, R., Hesari, J., Azadmard-Damirchi, S., Hamishehkar, H., Fathi-Achachlouei, B., & Huang, Q. (2018). Use of gelatin and gum Arabic for encapsulation of black raspberry anthocyanins by complex coacervation. *International journal of Biological Macromolecules*, 107, 1800-1810.
- Song, C., Guan, Y., Wang, D., Zewudie, D., & Li, F-M. (2014). Palygorskite-coated fertilizers with a timely release of nutrients increase potato productivity in a rain-fed cropland. *Field Crops Research*, 166, 10-17.
- Soratto, R. P., & Fernandes, A. M. (2016). Phosphorus effects on biomass accumulation and nutrient uptake and removal in two potato cultivars. *Agronomy Journal*, 108(3), 1225-1236.
- Szerement, J., Ambrożewicz-Nita, A., Kędziora, K., & Piasek, J. (2014). Use of zeolite in agriculture and environmental protection. A short review. *Вісник Національного університету Львівська політехніка. Теорія і практика будівництва*, 781, 172-177.
- Taghizoghi, S., Soltani, E., Allahdadi, I., & Sadeghi, R. (2018). The effect of different seed coating treatments on the seed germination of canola under drought and salinity stresses: using modeling approach. *Journal of Crops Improvement*, 20(3), 577-593. (in Persian)
- Tavasolee, A., & Aliasgharzad, N. (2009). Effect of Arbuscular Mycorrhizal fungi on nutrient uptake and Onion yield in a saline soil at field conditions. *Iranian Journal of Water and Soil Science*, 19(1), 145-158. (in Persian)
- Valadabadi, S. A., Shiranirad, A. H., & Farahani, H. A. (2013). Ecophysiological influences of zeolite and selenium on water deficit stress tolerance in different rapeseed cultivars. *Journal of Ecology and the Natural Environment*, 2(8), 154-159.
- Wang, X., Guo, T., Wang, Y., Xing, Y., Wang, Y., & He, X. (2020). Exploring the optimization of water and fertilizer management practices for potato production in the sandy loam soils of Northwest China based on PCA. *Agricultural Water Management*, 237, 106180.
- Yaghbani, M., & Mohammadzadeh, J. (2005). Study on physico-chemical properties of starch from potato cultivars in Golestan province. *FSCT*, 2(7), 71-79.
- Yari, S., Khalighi-Sigaroodi, F., & Moradi, P. (2013). Effects of different levels of zeolite on plant growth and amount of gel production in *Aloe vera* L. under different irrigation. *Journal of Medicinal Plants*, 4(48), 72-81. (in Persian)