علوم و تحقیقات بذر ایران
سال نهم/ شماره چهارم/ ۱۴۰۱ (۳۰ - ۱۵)
مقاله پژوهشی
DOI: 10.22124/jms.2023.6168

پلتینگ مینی‌تیوبر سیب‌زمینی روشی نوین جهت بهبود برخی صفات کلیدی سیب‌زمینی

سودا قاسمی گرمی[۱]، مرتضی برمکی[۲*]، سلیم فرزانه[۳]، ماندانا امیری[۴]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۵/۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۸/۱۰

چکیده

پلت‌کردن با اضافه‌کردن مواد بی‌اثر جاذب به‌منظور تغییر در اندازه و شکل بذر و بهبود عملکرد بذر و توانایی رشد گیاه صورت می‌گیرد. پژوهش حاضر به‌منظور بررسی پلتینگ مینی‌تیوبر سیب‌زمینی (رقم آگریا) جهت بهبود برخی صفات کلیدی سیب‌زمینی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه محقق اردبیلی در سال ۹۸-۱۳۹۷ انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل نه ترکیب متفاوت از چسباننده صمغ عربی یا چسب سلولزی، پرکننده‌های زئولیت یا کوکوپیت و کیتوزان به‌همراه تیمار شاهد (بدون پلت) بودند و صفات مورد مطالعه از قبیل تعداد برگ، عملکرد تر، عملکرد ماده خشک غده سیب‌زمینی، هدایت روزنه‌ای برگ، محتوای کربوهیدرات غده، اسیدیته غده، وزن مخصوص ظاهری غده، محتوای کلروفیل برگ بود. نتایج حاکی از اثر معنی‌دار پلتینگ مینی‌تیوبر سیب‌زمینی بر صفاتی تعداد برگ، عملکرد تر، عملکرد ماده خشک غده سیب‌زمینی، هدایت روزنه‌ای برگ، وزن مخصوص ظاهری غده و محتوای کلروفیل b برگ بود. نتایج نشان داد پلت‌کردن مینی تیوبرها با صمغ عربی، زئولیت و کیتوزان بیش‌ترین تعداد برگ و وزن مخصوص ظاهری غده را نشان داد، که در مقایسه با شاهد به‌ترتیب افزایش ۵۰/۸۸ و ۱۵/۹ درصدی را نشان داد. طبق نتایج به‌دست آمده، بیش‌ترین عملکرد تر غده و عملکرد ماده خشک غده در ترکیب تیماری صمغ عربی با زئولیت به‌دست آمد که به‌ترتیب افزایش ۴۷/۱۴ و ۳۹/۴۶ درصدی را نسبت به شاهد نشان داد. بیش‌ترین میزان هدایت روزنه‌ای برگ در ترکیب تیماری چسب سلولزی+ کوکوپیت مشاهده شد که افزایش ۷۰/۲۱ درصدی نسبت به تیمار شاهد را به‌همراه داشت. بیش‌ترین محتوای کلروفیلb برگ در پلت‌کردن مینی‌تیوبر با صمغ عربی، کوکوپیت و کیتوزان به‌دست آمد که در مقایسه با تیمار شاهد، افزایش۴۲/۷۷ درصدی داشت. به‌طور کلی از نظر صفات عملکردی کاربرد صمغ عربی با زئولیت به‌همراه کیتوزان منجربه بهبود اکثر صفات عملکردی و فیزیولوژیک گردید.

واژه‌های کلیدی: چسب سلولز، رنگدانه‌های فتوسنتزی، زئولیت، کوکوپیت، کیتوزان

۱- دانشجوی دکتری زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران. sevdaghasemi@gmail.com
۲- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران. m_barmaki@uma.ac.ir
۳- استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران. salimfarzaneh@yahoo.com
۴- دانشیار، گروه شیمی، دانشکده علوم، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران. mandanaamiri@uma.ac.ir
*نویسنده مسئول: m_barmaki@uma.ac.ir

مقدمه

سیب‌زمینی از محصولات غده‌ای بسیار مهم در تغذیه مردم جهان می‌باشد و یک منبع انرژی ارزان محسوب می شود (Van Wart *et al.,*2013). بر اساس آمار فائو سیب زمینی با تولید ۳۸۷ میلیون تن، در ۹۲ درصد کشورهای دنیا کشت می‌شود که ایران با ۵/۱۶۵ میلیون تن تولید و سهم ۱/۳۳ درصدی در جایگاه سیزدهم در جهان و در آسیا بعد از چین و هند در رتبه سوم بزرگ‌ترین تولیدکننده‌ها قرار دارد (Fao, 2019). استان اردبیل دومین رتبه تولید این محصول را بعد از استان همدان به‌خود اختصاص داده است (Agriculture Statictics, 2018). کشت غده‌های بذری سیب‌زمینی، همچنین کشت مداوم این گیاه از یک توده اولیه بذری، پس از چند سال منجربه کاهش چشمگیر میزان محصول آن می‌شود. علت این پدیده که اصطلاحاً به آن تحلیل رفتن (تباهی نژادی) بذر سیب‌زمینی گفته می شود، نتیجه آلودگی غده‌های بذری به عوامل بیماری‌زای گیاهی خصوصاً ویروس‌ها می‌باشد (Thomas-Sharmaa *et al.,* 2016). یکی از مهم‌ترین ضرورت‌های سرمایه‌گذاری در بخش کشاورزی، می‌توان به کاربرد بذرهای با کیفیت اشاره کرد. در واقع کیفیت غده‌ها عوامل مهمی هستند که تاثیر مستقیم بر کشت سیب‌زمینی دارند. از طرفی مهم‌ترین عامل کاهش تولیدات سیب‌زمینی در اغلب کشورهای تولید کننده سیب‌زمینی کیفیت پایین غده‌ها می‌باشد (Batukaev *et al.,* 2018; Zhevora and Anisimov, 2018). بنابراین، با توجه به اهمیت زراعت سیب‌زمینی در کشور و نقش راه‌بردی این محصول در امنیت غذایی، استفاده از بذر سالم سیب‌زمینی در کشور امری ضروری است. با وجود تلاش‌های فراوانی که انجام شده است، اما هنوز تولید غده‌های سالم و پرمحصول، جایگاه مناسبی پیدا نکرده و هر ساله بذور وارداتی سوپرالیت و الیت از کشورهای آلمان و هلند منبع تأمین‌کننده بذر مورد نیاز کشاورزان در کشورمان است که منجربه خروج ارز از کشور و ورود آفات و بیماری‌های جدید می‌گردد (Asfarm *et al.,* 2020).

امروزه تکنیک‌های زیادی به‌منظور سهولت کاشت، افزایش استقرار و رشد گیاه‌چه و جوانه‌زنی تحت شرایط محدودکننده محیطی و بسترهای کاشت به‌کار می‌رود. یکی از بهترین روش‌های افزایش کارایی بذر پلت‌کردن بذر است. پلت‌کردن از روش‌هایی است که در آن علاوه بر ضدعفونی بذر مواد مورد نیاز دیگر از جمله افزودن موادغذایی به بذر و گرد کردن آن نیز صورت می‌گیرد (Mandal *et al.,* 2015). بیش‌تر بذرهای زراعی و باغی موجود در بازارهای اروپا پوشش‌دار شده است و این تکنولوژی به‌سرعت در حال گسترش در کشورهای درحال توسعه می‌باشد (Taylor and Trimmer, 2020). امروزه با استفاده از فن‌آوری پلت بذر، بخشی از مشکلات زراعت بذرهای خاص رفع شده است. در مطالعه‌ای که محققان بر روی تأثیر پوشش‌دار کردن بذر با باکتری‌های محرک رشد و عناصر ریزمغذی بر شاخص‌های جوانه‌زنی ذرت انجام دادند، مشاهده گردید که پوشش‌دار کردن بذر بهبود اکثر صفات مهم کمی و کیفی را به دنبال داشت (Saadat and Ehteshami, 2016). پلت‌کردن کردن بذر جو با فسفر باعث بهبود صفات مورفولوژیک گیاه شد (Peltonen *et al.,* 2006). پلت-کردن بذر آفتابگردان با سولفات روی منجر به افزایش سرعت جوانه‌زنی گردید (Hall, 2002). پلت بذر برنج با بر (۲ گرم در کیلوگرم بذر) باعث افزایش قابل توجه عملکرد دانه و محتوای بور گردید (Rehman and Farooq, 2013).

هدررفت مواد مغذی در روش پلت‌کردن بذر نسبت به روش کاشت بذر در خاک کم‌تر صورت گرفته و منجربه کاهش هزینه تولید می‌گردد (Guan *et al.,* 2013). پلت-کردن بذر باعث افزایش قابل توجه عملکرد غلات گردید (Farooq *et al.,* 2012). کند شدن روند آزادسازی عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم در بذر ذرت پلت شده منجربه بهبود ویژگی‌های جوانه‌زنی و عملکردی در مقایسه با کاربرد خاکی شد. پلت بذر برنج با کلسیم پراکسید منجربه بهبود استقرار و جوانه‌زنی بذور گردید. پوشش بذر با پلیمر و عناصر غذایی نظیر منگنز، روی و مس منجربه افزایش عملکرد گندم و سویا گردید (Wiatrak, 2013). در مطالعه‌ای که توسط امیرخانی و همکاران (Amirkhani *et al.,* 2019) صورت گرفت پلت بذور با ورمی‌کمپوست و محرک‌های رشدی باعث افزایش رسیدگی همزمان بذور و افزایش شاخص‌های رشدی و عملکردی بذور گردید. همچنین کیو و همکاران (Qio *et al.,* 2020) گزارش کردند که بذور شبدر قرمز پلت‌شده با مواد مغذی و محرک های رشدی باعث افزایش درصد جوانه‌زنی گردید.

در مطالعه‌ای دیگر ورما و مهتا (Verma and Mehta, 2019) دریافتند که پلت‌کردن بذر ارزن مروارید با ورمی کولیت و میکروسلولز اثر معنی‌داری بر بهبود برخی

شاخص‌های جوانه‌زنی و بنیه گیاه داشت. بذور پیاز پلت‌شده با ورمی‌کمپوست، متیل‌سلولز، پلی‌وینیل الکل باعث بهبود جوانه‌زنی و عملکرد پیاز گردید (Yoghisha *et al.,* 2017). در بررسی منابع داخلی مشخص گردید که در خصوص پلتینگ مینی‌تیوبر سیب‌زمینی هیچ مطالعه‌ای صورت نگرفته است و با توجه به اینکه سیب‌زمینی در سطح استان و کشور یک محصول استراتژیک می‌باشد بنابراین به‌منظور بهبود عملکرد و غلبه بر مشکلاتی نظیر کمبود جذب آب، مشکلات ناشی از کوددهی، کودپذیری غده، همچنین گران‌بودن مینی‌تیوبر، نیاز مبرم به حفظ و نگهداری غده‌های تولیدی و نیازمندی به ارائه راه‌کارهایی کاربردی و عملی، برای غلبه بر این مشکلات بر آن شدیم تا با تمرکز بر روی این امر این طرح اولویت‌دار را بررسی نماییم. هدف از پژوهش حاضر پلتینگ مینی‌تیوبر سیب‌زمینی با ترکیبات مختلف جهت بهبود برخی صفات کلیدی سیب‌زمینی بود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی پلتینگ مینی‌تیوبر سیب‌زمینی با ترکیبات مختلف جهت بهبود برخی صفات کلیدی سیب‌زمینی در شرایط مزرعه‌ای، آزمایشی در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی در سال زراعی ۱۳۹۸ انجام شد. محل اجرای آزمایش دارای اقلیم معتدل و نیمه سردسیر در استان اردبیل بوده و با ارتفاع ۱۳۵۰ متر از سطح دریا، طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲۰ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و ۱۵ دقیقه بود. تیمارهای آزمایشی شامل نه ترکیب با استفاده از چسباننده صمغ عربی، چسب سلولزی، پرکننده‌های زئولیت و کوکوپیت، کیتوزان و تیمار شاهد (عدم پلت‌کردن بذر) بودند که جزئیات آن‌ها در جدول شماره یک ارائه شده است. در این پژوهش از رقم آگریا با طول دوره رشد ۱۲۰ تا ۱۳۰ روز استفاده شد که در جدول شماره دو به برخی خصوصیات ظاهری و زراعی این رقم اشاره شده است. به‌منظور تهیه محلول صمغ عربی، ابتدا ۱/۵ لیتر آب مقطر را به دمای ۷۰ درجه سلسیوس رسانده و سپس به ازای هر لیتر آب ۵۰ گرم صمغ عربی که کاملاً توسط هاون چینی پودر شده و الک شده بود، اضافه شد و سپس به‌مدت نیم ساعت بر روی همزن مغناطیسی قرار گرفته تا صمغ به‌طور کامل با آب حل شده و غلیظ گردد (Shaddel *et al.,* 2018). برای تهیه چسب سلولزی ۲۰ گرم پودر چسب سلولزی را به یک لیتر آب مقطر اضافه کرده و با قاشق هم زدیم تا چسب غلیظی حاصل شود (Almasi *et al.,* 2010). برای تهیه محلول نانو ذرات کیتوزان، مقادیر مشخص این نانو ذرات در اسید استیک یک درصد (حجمی- حجمی) حل و سپس با آب مقطر رقیق شد و در روی هیتر به‌مدت دو ساعت در دمای ۹۰ درجه سلسیوس با ۱۴۰۰ دور قرار داده شدند و اسیدیته محلول با سدیم هیدروکسید یک درصد به اسیدیته ۶/۵ تنظیم گردید (Li *et al.,* 2018).

نحوه اعمال تیمارها

مینی‌تیوبرهای سیب‌زمینی با وزن حداکثر ۲۰ گرم از شرکت دشت زرین استان اردبیل تهیه و به‌مدت یک هفته در انبار با نور غیرمستقیم در دمای ۱۸ تا ۲۰ درجه سلسیوس قرار داده شد تا پیش‌جوانه‌دار گردند و مواد برای پلت‌کردن بر روی آن‌ها اعمال گردید.

جدول ۱- ترکیب تیمارهای مورد آزمایش

Table 1. Combination of experimental treatments in the present study

ردیف Row	ترکیب Combination
T1	صمغ عربی+زئولیت+کیتوزان Arabic Gum+ Zeolite+Chitosan
T2	صمغ عربی+زئولیت Arabic Gum+ Zeolite
T3	صمغ عربی+کوکوپیت+کیتوزان Arabic Gum+Cocopeat+Chitosan
T4	صمغ عربی+کوکوپیت Arabic Gum+Cocopeat
T5	چسب سلولزی+زئولیت+کیتوزان Arabic Gum+Cocopeat+Chitosan
T6	چسب سلولزی+زئولیت Cellulose Adhesive+Zeolite
T7	چسب سلولزی+کوکوپیت+کیتوزان CelluloseAdhesive+Cocopeat+ Chitosan
T8	چسب سلولزی+کوکوپیت Cellulose Adhesive+Cocopeat
T9	شاهد(عدم پلتینگ) Control (No Pelleting)

جدول ۲- برخی خصوصیات رقم آگریا

Table2. Some characteristics of Agria cultivar

رقم Cultivar	بلوغ Maturity	شاخ و برگ Foliage	رنگ پوست Skin color	رنگ گوشت Meat color	شکل غده Tuber shape	عملکرد Yield	ماده خشک Dry matter
آگریا Agria	نیمه دیررس Half late	خوب Good	زرد Yellow	زرد Yellow	بیضی Oval	بسیار بالا Very high	متوسط/خوب Medium/good

ابتدا مینی‌تیوبرها بر اساس تیمارهای آزمایشی به چسب صمغ عربی یا سلولزی آغشته شدند سپس با ژئولیت یا کوکوپیت پوشانده و به‌مدت یک روز در محیط آزمایشگاه و دمای اتاق حدود ۲۵ درجه سلسیوس قرار داده شد تا خشک گردد. پس از اطمینان از خشک‌شدن، مینی‌تیوبرها در محلول کیتوزان خیسانده شدند و بدین صورت عمل پلت کردن به اتمام رسید پلت‌کردن به‌صورت دستی صورت گرفت و به‌مدت یک روز پس از اطمینان از خشک‌شدن مینی‌تیوبرها در تاریخ ۱۰ اردیبهشت مینی‌تیوبرهای پلت شده جهت کاشت به مزرعه انتقال داده شد. کاشت به‌صورت جوی و پشته‌ای با فاصله بین بوته‌های ۲۵ سانتی‌متری، عمق کاشت ۱۰ سانتی‌متری و در پنج ردیف کشت در کرت‌های با ابعاد (۳ در۲ مترمربع) و برداشت در تاریخ ۱۰ اردیبهشت انجام گردید. جهت نمونه‌برداری از برگ‌ها، بعد از مرحله گلدهی از برگ‌های جوان و انتهایی به‌طور تصادفی نمونه‌برداری انجام گرفته و به فریزر ۸۰- درجه سلسیوس انتقال داده شد. در طول فصل رشد و قبل از خشک‌شدن اندام هوایی، اندازه‌گیری صفات رشدی از سه ردیف وسط با حذف اثر حاشیه‌ای با انتخاب ۱۰ بوته به‌طور تصادفی، صفاتی نظیر تعداد برگ، تعداد غده، عملکرد غده تر و عملکرد بیولوژیک محاسبه و اندازه‌گیری شدند. برداشت در تاریخ ۱۴ مرداد ماه صورت گرفت. در نهایت بعد از جمع-آوری و نرمال‌سازی داده‌های آزمایشی، تجزیه واریانس و مقایسه میانگین داده‌ها به‌روش آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹/۲) و رسم اشکال با نرم‌افزار Origin 2021 انجام گرفت.

اندازه‌گیری وزن مخصوص غده‌ها

برای اندازه‌گیری وزن مخصوص غده ابتدا وزن غده‌های برداشت‌شده در یک بوته اندازه‌گیری شد و سپس حجم غده‌های همان بوته اندازه‌گیری شد بدین صورت که دو عدد استوانه مدرج ۱۰۰۰ میلی‌متری انتخاب شد یکی از استوانه-ها با آب پر شد در استوانه دیگر غده‌ها بعد از این‌که به قطعات کوچک‌تری تقسیم شدند، قرار گرفت در مرحله بعد به استوانه حاوی غده‌ها تا درجه هزار میلی‌متر آب اضافه گردید. بدیهی است که آب باقی‌مانده در استوانه اول حجم غده‌های یک بوته را نشان می‌داد. در نهایت وزن مخصوص غده از رابطه زیر به‌دست آمد.

(gr/cm^3) = (وزن تر غده‌ها) / (حجم غده‌ها) (رابطه ۱)

وزن مخصوص غده

این کار، به خاطر دقت بیش‌تر برای پنج بوته تکرار گردید و در نهایت میانگین آن‌ها برای تیمار مورد نظر گزارش گردید.

استخراج وسنجش محتوای کلروفیل و کارتنوئید

برای سنجش کلروفیل از بافت تازه برگی برداشت‌شده پس از کاشت استفاده شد. ۰/۱ گرم از بافت برگی با استون۸۰ درصد هموژن شد و به حجم محلول ۲ میلی‌لیتر رسانده شد. محلول حاصل به‌مدت ۱۰ دقیقه در ۴۰۰ دور سانتریفوژ شد و پس از جداسازی فاز رویی، جذب نوری روشنایی در طول موج‌های ۶۴۵، ۴۷۰ و ۶۶۳ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتری Carry 300 قرائت شد. مقدار کلروفیل و کاروتنوئیدها طبق روابط زیر محاسبه شد (Arnon, 1967).

$Chlorophylla=(19.3\times A_{663}0.86\times A_{645})V/100W$ (رابطه ۲)

$Chlorophyll\ b=(19.3\times A_{645}-3.6\times A_{663})V/100W$ (رابطه ۳)

Chlorophyll t= chlorophyll a + chlorophyll b (رابطه ۴)

$Carotenoids=(1000A_{470}-1.82C_a-85.02C_b)/19$ (رابطه ۵)

اندازه‌گیری محتوای کربوهیدرات‌های محلول

کربوهیدرات‌های محلول از ۰/۱ گرم بافت غده برداشت شده با استفاده از ۲/۵ میلی‌لیتر اتانول ۸۰ درصد در دمای ۹۰ درجه به‌مدت ۶۰ دقیقه استخراج شدند و رسوب حاصل در ۲/۵ میلی‌لیتر آب مقطر حل شد. از هر نمونه ۲۰۰ میکرولیترجدا شد و ۵ میلی‌لیتر معرف آنترون اضافه گردید. پس از مخلوط شدن، لوله‌های آزمایش به‌مدت ۱۷ دقیقه در حمام آب گرم در ۹۰ درجه سلسیوس قرار گرفتند و پس از سردشدن در طول موج ۶۲۵ نانومتر قرائت شدند (Fales, 1951).

اندازه گیری هدایت روزنه‌ای برگ

هدایت روزنه‌ای با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری هدایت روزنه‌ای مدل (SC-1 Leaf porometer, USA. Inc) بین ساعت ۱۲-۱۱ ظهر و در جوان‌ترین بافت برگ سیب‌زمینی کاملاً توسعه‌یافته پس از گلدهی اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری اسیدیته غده

اسیدیته در بافت غده برداشت‌شده با دستگاه pH متر رومیزی مدل ۸۲۷ ساخت کمپانی متروم سوئیس اندازه-گیری شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارSAS 9.2 و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت. رسم نمودار همبستگی با استفاده از نرم افزار R و گروه‌بندی به‌کمک SPSS-24 انجام شد. رسم نمودارها با کمک نرم‌افزار Origin 2019 انجام شد.

جدول ۳- نتایج تجزیه فیزیکیوشیمیایی خاک مزرعه محل آزمایش

Table2. Physico-chemical characteristics of experimental soil at depths of 0 to 30 cm (on average)

بافت خاک	درصد اجزای بافت خاک			ظرفیت تبادل کاتیونی	اسیدیته	کربن آلی	نیتروژن	فسفر	پتاسیم
Soil pattern	Soil pattern component%			EC	pH	C	N	P	K
سانتی‌متری (cm) ۰-۳۰	شن Sand	رس Clay	سیلت Silt	دسی‌زمینس بر متر $dS.m^{-1}$	درصد (٪)			میلی‌گرم بر کیلوگرم $mg.kg^{-1}$	
لومی شنی Loam/Sand	52	26	22	2.68	7.09	1.17	0.056	6.1	198

نتایج و بحث

تعداد برگ: بر اساس مشاهدات جدول تجزیه واریانس اثر تیمار پلت‌کردن مینی‌تیوبر در سطح احتمال پنج درصد بر روی تعداد برگ معنی‌دار بود (جدول ۳). با توجه به نتایج مقایسات میانگین بیش‌ترین تعداد برگ در تیمار T1 (صمغ عربی+ زئولیت + کیتوزان) با میانگین ۷۳/۳ عدد بود که در مقایسه با تیمار شاهد افزایش ۵۰/۸۸ درصدی داشت. کم-ترین تعداد برگ در تیمار شاهد، با میانگین ۳۶ عدد مشاهده شد (شکل۱). به‌طور معمول سیب‌زمینی به‌عنوان گیاهی با نیاز آبی بالا شناخته می‌شود. لذا مدیریت و برنامه‌ریزی صحیح برای استفاده بهینه از آب امری ضروری است. امروزه استفاده از زئولیت یکی از راه‌های جلوگیری از کاهش رطوبت خاک است (Armandpisheh *et al.,* 2009). کیتوزان به‌صورت یک مکانیسم حفاظتی اتمسفر درونی را تغییر داده، باعث تنظیم انتقال اکسیژن، دی-اکسیدکربن و بخار آب می‌شود و تنفس، تبخیر و زوال میوه را به حداقل می‌رساند. کیتوزان همچنین دارای خاصیت ضد میکروبی می‌باشد که گستره وسیعی از میکروارگانیزم-ها شامل: قارچ‌ها، باکتری‌ها و ویروس‌ها را در برمی‌گیرد (Rabea *et al.,* 2003). در آزمایشی که بذر با کیتوزان پرایمینگ شده بود مشاهده شد که پرایمینگ بذر با کیتوزان سرعت جوانه‌زنی بذر ذرت را بهبود بخشید و برای رشد گیاهچه تحت تنش دمای پایین مفید بود (Guan *et al.*, 2009). علاوه بر این نتایج یک پژوهش دیگر نشان داد که کاربرد غلظت کیتوزان ۰/۲ درصد باعث افزایش درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، شاخص بنیه گیاهچه، طول و وزن خشک هیپوکوتیل و ریشه‌چه در مقایسه با شاهد شد، آن‌ها بیان کردند که پرایمینگ بذر با کیتوزان علاوه بر جوانه زنی و رشد زنیان ممکن است اثر بازدارندگی تنش شوری بر رشد گیاه را کاهش دهد (Mahdavi and Rahimi, 2013).

نتایج همبستگی صفات نشان داد که تعداد برگ با کلروفیل‌های a، b، کلروفیل کل و کارتنوئیدها همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت. با این وجود تعداد برگ با تعداد غده، عملکرد غده تر و عملکرد خشک غده همبستگی منفی و معنی‌داری نشان داد (جدول ۵).

تعداد غده: پلت‌کردن مینی‌تیوبر سیب‌زمینی تاثیر معنی‌داری بر روی صفت تعداد غده نشان نداد، هر چند اعمال موارد پلتینگ توانست تا حدودی باعث افزایش تعداد غده در بوته شود ولی این افزایش از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۳). از لحاظ عددی بیش‌ترین تعداد مینی‌تیوبر با میانگین ۱۱/۴۴ عدد در تیمار T6 با ترکیب تیماری (چسب سلولزی با زئولیت) به‌دست آمد که در مقایسه با

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر تیمارهای پلت کردن مینی‌تیوبر بر صفات رشدی و عملکردی

Table 3. Analysis of variance of effects of potato minituber pelleting on morphological and functional traits

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean Squares					
		تعداد برگ Number of leaves	تعداد غده Number of Tuber	عملکرد غده تر Tuber Fresh Yield	عملکرد غده خشک Tuber Dry Yield	هدایت روزنه‌ای برگ Stomatal conductance	کربوهیدرات محلول غده Total soluble carbohydrate
بلوک Block	2	311.14	29.12	85.17	8.28	0.012	0.041
تیمار Treatment	8	353.82**	4ns	71.56**	2.81**	0.03**	2.44ns
خطا Error	16	72.41	5.22	6.64	0.58	0.0035	1.41
ضریب تغییرات (درصد) C.V.%	-	16	24.4	15.25	19.25	24.82	10.71

ns، * و** به‌ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشد

No symptoms, *and **: Significant at α= 0.05 and α= 0.01, respectively.

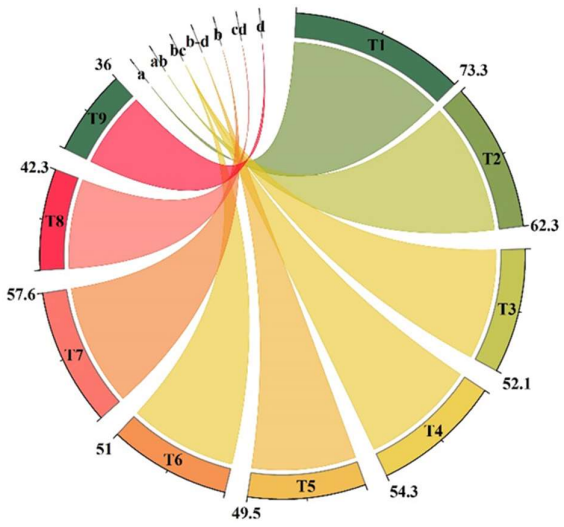
جدول ۴- تجزیه واریانس اثر تیمارهای پلت کردن مینی‌تیوبر بر صفات فیزیولوژیک

Table 4. Analysis of variance of effects of potato minituber pelleting on physiological traits

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean Squares					
		اسیدیته غده pH	چگالی غده Density	کلروفیل a برگ Chlorophyll a	کلروفیل b برگ Chlorophyll b	کلروفیل کل برگ Total Chlorophyll	کارتنوئید برگ Carotenoid
بلوک Block	2	0.28	0.00003	0.719	0.09	0.8	0.0057
تیمار Treatment	8	0.43ns	0/0089*	0.113ns	0.16*	0.128ns	0.019ns
خطا Error	16	0.172	0/0031	0.08	0.06	0.09	0.013
ضریب تغییرات (درصد)C.V.%	-	6.78	5.04	9.35	19.37	9.12	10.47

ns، * و** به‌ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشد

No symptoms, *and **: Significant at α= 0.05 and α= 0.01, respectively.



شکل ۱- مقایسات میانگین تیمارهای مختلف پلتینگ بر تعداد برگ. میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون، از نظر آماری فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد با آزمون LSD می‌باشند.

Figure 1. The mean Comparison of influence of different pelleting treatments on Number of leave. Means containing similar letters in each column are not significantly different at 5% level of probability according to LSD's Test.

شاهد افزایش ۲۹/۱۰ درصدی را نشان داد. همچنین کمترین تعداد غده با میانگین ۸/۱۱ عدد مربوط به تیمار شاهد بود که می‌توان نتیجه گرفت علاوه بر خصوصیات ژنتیکی، شرایط محیطی از جمله تامین عناصر غذایی، که پتانسیل فتوسنتزی گیاه را تحت تاثیر قرار می‌دهد بر تعداد غده موثر است. به‌نظر می‌رسد پلتینگ بذرها می‌تواند با تاثیر بر خصوصیات گیاه در جذب بهتر عناصر و مواد مغذی سبب افزایش تعداد غده شود که در پژوهش حاضر این افزایش از نظر آماری معنی‌دار نبود. (Deblonde and Ledent, 2001). نتایج همبستگی صفات نشان داد که تعداد غده با هدایت روزنه‌ای برگ همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت. اما تعداد غده با کربوهیدرات محلول غده، اسیدیته غده، وزن مخصوص ظاهری غده، کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل برگ و کاروتنوئید برگ همبستگی منفی و معنی‌داری داشت (جدول ۵).

عملکرد تر و خشک غده: نتایج به‌دست آمده از جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمار پلت‌کردن بر صفات عملکرد تر و خشک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳). کاربرد همزمان صمغ عربی و زئولیت در پوشش مینی‌تیوبر (T2) منجر به تولید بیش‌ترین عملکرد تر و خشک غده به‌ترتیب با میانگین های ۲۷/۸۷ و ۵/۹۳ تن در هکتار گردید که در مقایسه با شاهد به‌ترتیب افزایش ۴۷/۱۴ و ۳۹/۴۶ درصدی را به دنبال داشت. کم‌ترین عملکرد تر و خشک غده در T5 (ترکیب تیماری چسب سلولزی، زئولیت و کیتوزان) با میانگین‌های ۱۱/۹۳ و۲/۸۴ تن در هکتار به‌دست آمد (شکل ۲ و۳). جذب انتخابی و آزادسازی کنترل‌شده عناصر غذایی از زئولیت باعث می‌شود در صورت انتخاب صحیح نوع زئولیت مصرفی، هنگامی که این مواد به‌عنوان اصلاح‌کننده به خاک اضافه می‌شوند، از طریق فراهمی طولانی‌مدت عناصر غذایی به بهبود رشد گیاه کمک می‌کنند. نتایج همبستگی صفات نشان داد که عملکرد خشک غده با هدایت روزنه‌ای برگ و وزن مخصوص ظاهری غده همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت (جدول ۵). همچنین عملکرد غده تر با کربوهیدرات محلول غده، اسیدیته غده، وزن مخصوص ظاهری غده و کاروتنوئید برگ همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت (جدول ۵).

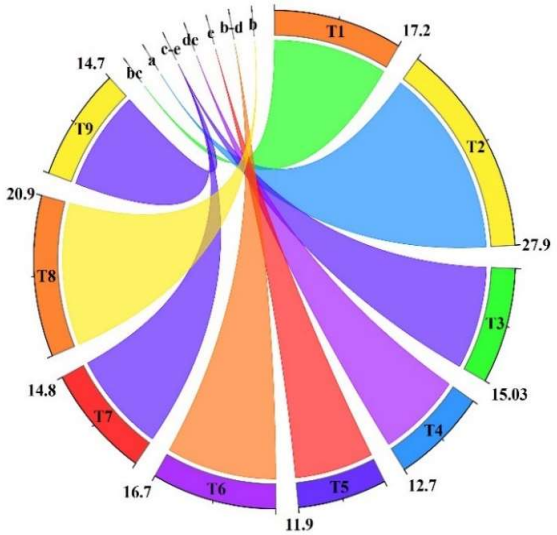
از دیگر ویژگی‌های مهم زئولیت‌ها افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC)، توانایی جذب یون‌های آمونیوم و تخلخل خاک است. برخی از این ویژگی‌ها موجب افزایش پتانسیل

بهبوددهندگی خاک، انتشار آهسته کود نیتروژن و بهبود محیط رشد گیاه می‌شوند (Santoso *et al.*, 2022). به‌طوری‌که با توجه به نتایج سایر پژوهش‌ها افزودن زئولیت می‌تواند، سطح ریشه‌های گیاه را افزایش دهد و در نتیجه توانایی ریشه در جذب عناصر غذایی افزایش می‌یابد که این مساله موجب افزایش ارتفاع گیاه و تعداد برگ‌ها و در نتیجه رشد افزایش می‌یابد (Cataldo *et al.*, 2021). بنابراین می توان نتیجه گرفت ماده پلتینگ به‌کار رفته به‌خصوص زئولیت قادر به افزایش جذب آب و دسترسی مواد غذایی و همچنین آزادسازی آهسته آن‌ها بیش‌تر در محیط اطراف ریشه گردید و شرایط مساعدی را برای جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه ایجاد می‌کند.

هدایت روزنه‌ای برگ: اثر تیمار پلتینگ مینی‌تیوبر بر صفت هدایت روزنه‌ای برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها حاکی از تفاوت معنی‌دار بین تیمارهای مختلف پلت‌کردن مینی‌تیوبر سیب-زمینی با ترکیبات مختلف از نظر هدایت روزنه‌ای بود، استفاده از ترکیب چسب سلولزی وکوکوپیت (T6) در پلت-کردن مینی‌تیوبر سیب‌زمینی با میانگین ($mol.m^{-2}.s^{-1}$ ۰/۴۷) باعث افزایش قابل توجه ۷۰/۲۱ درصدی هدایت روزنه‌ای برگ در مقایسه با تیمار شاهد گردید و کم‌ترین میزان هدایت روزنه‌ای برگ در ترکیب صمغ عربی و کوکوپیت (T4) با میانگین ($mol.m^{-2}.s^{-1}$ ۰/۱۶) مشاهده گردید (شکل ۴).

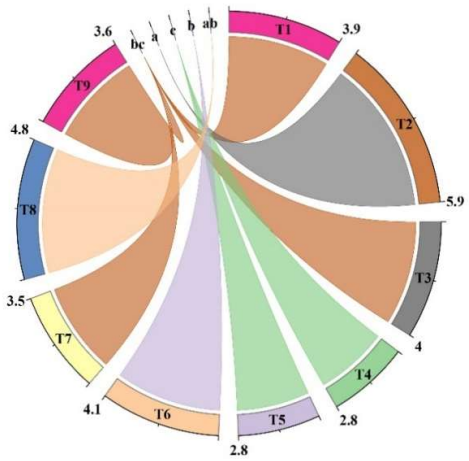
از آن‌جایی‌که ترکیباتی مانند کوکوپیت با داشتن منافذ زیاد، می‌تواند حجم زیادی از آب و ماده‌های مغذی محلول را جذب کند و نیاز به آبیاری‌های پی‌در پی و در فاصله‌های کوتاه را کاهش دهد (Bahrampour *et al.*, 2019) این در حالی است که پوشش‌دهی با صمغ عربی که پلی‌ساکاریدی با طبیعت آب‌گریز است از نفوذ آب و اکسیژن جلوگیری می‌کند (Kawhena *et al.*, 2020).

بنابراین به‌نظر می‌رسد این ترکیب این دو ماده میزان هدایت روزنه‌ای را کاهش دهند، زیرا در سلول نگهبان برای کاهش اتلاف آب، افزایش کارایی مصرف آب و تحمل خشکی لازم است که روزنه‌ها از طریق تنظیم منفی یک ناقل آنیون موجب کاهش هدایت روزنه‌ای در شرایط نامساعد شود (Eamus and Shanahan, 2002). سایرپژوهشگران نیز گزارش کردند که کاربرد کوکوپیت به تنهایی در پوشش منجر به محدودیت تبادل گازی و تغییر در میزان هدایت روزنه‌ای می‌گردد (Perira *et al.*, 2005). درحالی‌که کاربرد کوکوپیت در ترکیب با چسب سلولزی به-دلیل محلول در آب بودن چسب سلولزی، در ترکیب با آب منجر به تسهیل تبادل گازی گشته و به‌دنبال آن به‌دلیل افزایش سرعت و یکنواختی در جوانه‌زنی با بهبود استقرار، بنیه بذر و شرایط رشدی و فتوسنتزی گیاه منجر به تولید



شکل ۲- مقایسات میانگین تیمارهای مختلف پلتینگ بر عملکرد تر غده. میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون، از نظر آماری فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد با آزمون LSD **می‌باشند.**

Figure 2. The mean Comparison of influence of different pelleting treatments on Tuber fresh yield. Means containing similar letters in each column are not significantly different at 5% level of probability according to LSD**'s Test.**



شکل ۳- مقایسات میانگین تیمارهای مختلف پلتینگ بر عملکرد خشک غده. میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون، از نظر آماری فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد با آزمون LSD می‌باشند.

Figure 3. The mean Comparison of influence of different pelleting treatments on Tuber dry yield. Means containing similar letters in each column are not significantly different at 5% level of probability according to LSD's Test.

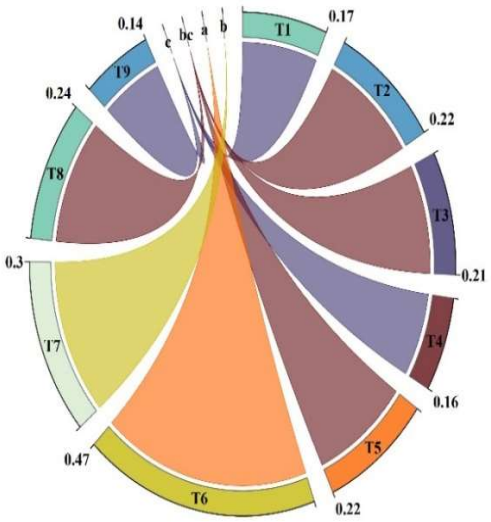
گیاهچه‌های قوی‌تر گردید که به‌دنبال آن منجر به افزایش هدایت روزنه‌ای و فعالیت فتوسنتزی گیاه گردید که با نتایج (Peske and Novembre, 2011). در مورد پلتینگ ارزن مروارید با چسب سلولزی همخوانی دارد.

محتوای کربوهیدرات محلول غده: با توجه به نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه اثر تیمار پلت‌کردن بر محتوای کربوهیدرات محلول غده از لحاظ آماری معنی‌دار نبود (جدول ۳) اما از لحاظ عددی بیش‌ترین محتوای کربوهیدرات محلول غده با ترکیب تیماری صمغ عربی و کوکوپیت در تیمار (T4) با میانگین ۱۲/۹۱ میلی‌گرم بر گرم به‌دست آمد. نتایج همبستگی صفات نشان داد که کربوهیدرات محلول غده با اسیدیته غده و وزن مخصوص ظاهری غده همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت. در حالی که کلروفیل a و کلروفیل کل همبستگی منفی و معنی‌داری با کربوهیدرات کل نشان داد (جدول ۵). زئولیت می‌تواند تأثیر مثبتی بر رشد گیاه، فتوسنتز (De Smedt *et al.*, 2015) و کربوهیدرات (Donati *et al.*, 2022) داشته باشد.

تجمع کربوهیدرات‌ها ممکن است مربوط به محتوای زیست توده بالاتری باشد که در گیاهان تیمار شده مشاهده می‌شود و با گزارش‌های قبلی در مورد تأثیر مثبت زئولیت بر متابولیسم کربوهیدرات مطابقت دارد. به‌طور خاص، افزایش غلظت کربوهیدرات کل می تواند به‌دلیل نرخ فتوسنتز بالاتر باشد که با افزایش محتوای کلروفیل کل آشکار می شود (Donati *et al.*, 2022).

اسیدیته غده: اثر تیمار پلت‌کردن مینی‌تیوبر بر اسیدیته غده معنی‌دار نبود (جدول ۴) اما از لحاظ عددی بیش‌ترین میزان اسیدیته غده با میانگین ۶/۹۱ در ترکیب تیماری صمغ عربی با کوکوپیت و کیتوزان (T3) مشاهده گردید. با وجود این‌که اطلاعات کمی در مورد تاثیر زئولیت بر اسیدیته غده وجود دارد اما پژوهش‌ها نشان می‌دهد که زئولیت اسیدی نیست و حتی خاصیت قلیایی دارد. بنابراین استفاده از آن همراه با کودها به حفظ سطح pH خاک کمک می‌کند (Cataldo *et al.*, 2021). بنابراین به‌نظر می‌رسد که پلیت‌کردن سیب‌زمینی با زئولیت می‌تواند به کاهش اسیدیته غده کمک کند.

وزن مخصوص غده: بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس اثر تیمار پلت‌کردن بر وزن مخصوص غده در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. (جدول ۴) نتایج مقایسات میانگین نشان داد که، بیش‌ترین وزن مخصوص غده در پلت‌کردن مینی‌تیوبر سیب‌زمینی با صمغ عربی، زئولیت و کیتوزان (T1) با میانگین ۱/۱۹گرم بر سانتی‌مترمکعب به‌دست آمد که در مقایسه با شاهد افزایش ۱۵/۹ درصدی را داشت و تیمار T1، با تیمارهای T2، T3، T6، T5 و T7 در یک گروه آماری قرار گرفتند و کم‌ترین وزن مخصوص

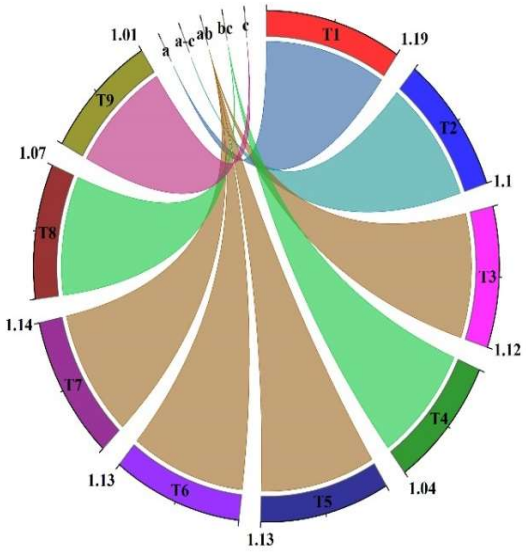


شکل ۴- مقایسات میانگین تیمارهای مختلف پلتینگ بر هدایت روزنه‌ای. میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون، از نظر آماری فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد با آزمون LSD می‌باشند.

Figure 4. The mean Comparison of influence of different pelleting treatments on Stomatal conductance. Means containing similar letters in each column are not significantly different at 5% level of probability according to LSD's Test.

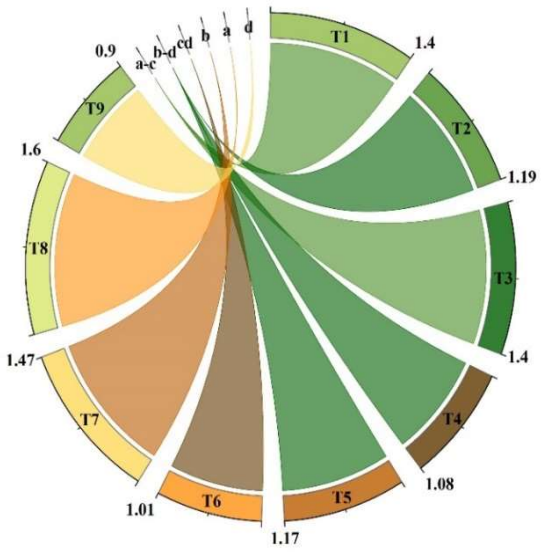
ظاهری غده در تیمار شاهد با میانگین ۱/۰۱ گرم بر سانتی-مترمکعب به‌دست آمد (شکل ۵). همچنین در مطالعه‌ای مشاهده گردید که پلت‌کردن بذر برنج باعث بهبود استقرار گیاه گردید و منجر به توسعه ریشه گردید و با بهبود توسعه ریشه گیاه قادر به جذب آب بیش‌تری گردید (Ismail *et al.*, 2009). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت، ترکیب تیماری به‌کار رفته با افزایش تخصیص منابع و با توسعه رشد ریشه گیاه منجر به افزایش جذب آب و مواد غذایی در طول دوره رشدی گیاه می‌گردد (Dadrasi and Aboutalebian, 2015). همچنین با تسهیل دسترسی گیاه به آب و مواد غذایی نیاز آبی گیاه را کاهش داد (Ismail *et al.*, 2009) و باعث کاهش میزان آب مصرفی و صرفه‌جویی در مصرف آب در تمام طول دوره رشدی شد که منجر به بهبود صفات عملکردی و افزایش وزن مخصوص ظاهری غده‌ها گردید.

محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی: بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس تیمار پلت‌کردن مینی‌تیوبر بر صفات محتوای کلرفیل a، کل و کاروتنوئید بافت برگ از لحاظ آماری معنی‌دار نشد. اما صفت محتوای کلروفیل b در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار گردید (جدول ۴). از لحاظ عددی پلت‌کردن مینی‌تیوبر سیب‌زمینی با صمغ عربی، زئولیت و کیتوزان (T1) با میانگین‌های ۳/۴۰ و ۳/۶۹ بیشترین محتوای کلروفیل a و کلروفیل کل برگ را نشان داد که در مقایسه با شاهد به‌ترتیب افزایش ۱۶/۷۶ و ۲۱/۴ را داشت. بیش‌ترین محتوای کلروفیل b برگ در ترکیب تیماری T8 (چسب سلولزی+ کوکوپیت+ کیتوزان) با میانگین ۱/۶۶ و کاروتنوئید در ترکیب تیماری چسب سلولزی و کوکوپیت (T6) با میانگین ۱/۱۸ به‌دست آمد که در مقایسه با شاهد به‌ترتیب افزایش ۴۲/۷۷ و ۱۵/۲۵ درصدی را به همراه داشتند (شکل ۶). احتمالا کیتوزان با تاثیر بر ژن‌های مسئول سازنده کلروفیل، تولید کلروفیل را افزایش داد (Malekpour *et al.*, 2017). در مطالعات انجام‌شده دیگر در سویا و بادام‌زمینی و قهوه نیز کیتوزان منجر به افزایش مقدار رنگدانه‌های فتوسنتزی شده است که با نتایج این آزمایش مطابقت داشت (Dzung and Thang, 2011).



شکل ۵- مقایسات میانگین تیمارهای مختلف پلتینگ بر وزن مخصوص ظاهری. میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون، از نظر آماری فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد با آزمون LSD می‌باشند.

Figure 5. The mean Comparison of influence of different pelleting treatments on Density. Means containing similar letters in each column are not significantly different at 5% level of probability according to LSD's Test.



شکل ۶- مقایسات میانگین تیمارهای مختلف پلتینگ بر وزن محتوی کلروفیل b . میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون، از نظر آماری فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد با آزمون LSD می‌باشند.

Figure 6. The mean Comparison of influence of different pelleting treatments on Chlorophyll b. Means containing similar letters in each column are not significantly different at 5% level of probability according to LSD's Test.

جدول ۵- ضرایب همبستگی ساده (پیرسون) بین صفات عملکردی و فیزیولوژیکی مینی‌تیوبر سیب‌زمینی

Table 5. Simple correlation coefficients (Pearson) between yield and physiological traits

	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
2											-0.57812
3										-0.2098	-0.43435
4									0.25749	-0.12645	-0.56374
5								0.24568	-0.07829	0.16955	0.19119
6							-0.12858	-0.13094	0.27487	-0.27351	0.03045
7						0.15812	0.21301	-0.05229	0.25899	-0.3276	-0.06199
8					0.28953	0.14831	0.16085	0.15012	0.38683	-0.43466	0.01613
9				0.07478	-0.06341	-0.43305	-0.29718	-0.44422	-0.15492	-0.34933	0.62781
10			-0.2388	-0.15962	-0.02549	0.01086	0.0783	-0.1663	-0.10358	-0.04631	0.25589
11		0.32157	-0.17051	0.00517	-0.06387	-0.37158	-0.23894	-0.44136	-0.17047	-0.30616	0.62581
12	0.47808	0.28584	0.17921	0.15286	0.13876	-0.15393	-0.04032	-0.08988	0.1775	-0.22784	0.14664

-1 -0/9 -0/8 -0/7 -0/6 -0/5 -0/4 -0/3 -0/2 -0/1 0 0/1 0/2 0/3 0/4 0/5 0/6 0/7 0/8 0/9 1

همبستگی منفی — بدون همبستگی — همبستگی مثبت

۱: تعداد برگ (Number of leaves) ۲: تعداد غده (Number of tuber)،۳: عملکرد غده تر (Tuber fresh yield ton/ha)، ۴: عملکرد خشک غده (Tuber dry weight ton/ha)،۵: هدایت روزنه‌ای برگ (Leaf stomatal conductance $mol.m^{-2}.s^{-1}$)، ۶: کربوهیدرات محلول غده (Tuber Total soluble carbohydrate mg/gr)، ۷: اسیدیته غده (pH)، ۸: وزن مخصوص ظاهری غده (Tuber Density gr/cm^3)، ۹: کلروفیل a برگ (Leaf Chlorophyll a)، ۱۰: کلروفیل b برگ (Leaf chlorophyll b)، ۱۱: کلروفیل کل برگ (Leaf total chlorophyll)، ۱۲: کاروتنوئید برگ (Leaf carotenoid).

نتیجه‌گیری کلی

این پژوهش با هدف ارتقاء رشد، عملکرد و بهبود صفات فیزیولوژیک سیب‌زمینی از طریق پوشش بذر انجام شد. نتایج نشان داد که پوشش‌دادن بذر با ترکیبات صمغ عربی، چسب سلولزی (CMC)، زئولیت، کوکوپیت وکیتوزان می‌تواند به گیاهان در بهبود استقرار و جوانه‌زنی یا دستیابی به عملکرد و کیفیت بالا، کمک کند. ترکیب تیماری صمغ عربی و زئولیت در پوشش مینی‌تیوبر (T2) ترکیب مناسب به‌عنوان پوشش بذر بود که توانست ابزار قدرتمندی برای افزایش عملکرد تر و خشک غده سیب‌زمینی باشد. از طرفی مشاهده شد که نیمار T6 با ترکیب تیماری (چسب سلولزی با زئولیت) نسبت به سایر تیمارها تعداد غده و هدایت روزنه ای برگ را به‌طور معنی‌داری افزایش دادند و بر اساس جدول همبستگی، رابطه بین تعداد غده و عملکرد خشک غده منفی بود که نشان می‌دهد در این پژوهش افزایش عملکرد غده خشک سیب‌زمینی تحت تاثیر سایر اجزای عملکرد می‌باشد. به‌طور کلی در این پژوهش مشاهده شد که کاربرد زئولیت نسبت به کوکوپیت اثر افزایشی بر اکثر صفات داشت. همچنین استفاده از صمغ عربی در مقایسه با چسب سلولزی جهت پلت‌کردن مینی‌تیوبر سیب‌زمینی نتیجه بهتری را نشان داد. در مورد اکثر صفات مورد بررسی، اثرکیتوزان شاخص‌تر بود، منجر به افزایش میانگین شاخص‌های عملکردی و فیزیولوژیک گردید. در نهایت می‌توان ترکیب تیماری صمغ عربی، زئولیت و کیتوزان را به‌عنوان بهترین ترکیب تیماری معرفی نمود. با این که مطالعات کم‌تری در مورد تاثیر پوشش سیب‌زمینی با تیمارهای صمغ عربی، چسب سلولزی (CMC)، زئولیت، کوکوپیت وکیتوزان برای افزایش رشد و عملکرد محصول سیب‌زمینی وجود دارد و علی‌رغم نتایج امیدوارکننده این پژوهش، هنوز چالش‌هایی وجود دارد که عمدتاً مربوط به افزایش مقیاس از آزمایشگاه و مزرعه تحقیقاتی به مزارعی با وسعت بیش‌تر است که پیشنهاد می‌شود از بهترین تیمارهای این پژوهش در تحقیقات میدانی و مزارع بزرگ استفاده شود.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از زحمات مسئولین مزرعه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

Agricultural Statistics. 2018. Deputy Ministeration of Economic Affairs of the Ministry of Jihad-e-Agriculture**. (Handbook)**

Almasi, H., Ghanbarzadeh. B. and Entezami, A.A. 2010. Physicochemical properties of starch–CMC–nanoclay biodegradable films. International Journal of Biological Macromolecules, 46(1): 1-5. **(Journal)**

Amirkhani, M., Mayton, H.S., Netravali, A.N. and Taylor, A.G.A. 2019. Seed coating delivery system for bio-based biostimulants to enhance plant growth. Sustainability, 11: 5304. **(Journal)**

Armandpisheh, O.H., Irannejad, I., Allahdadi, R., Amiri, A., Ebadi, G.H. and Koliaei, A. 2009. Application of Zeolite in Drought Stress on Vigority of canola seed (Zarfam cultivar). Journal of Agricultural Environment Science, 5(6): 832-837. **(Journal)**

Arnon, A. 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agronomy Journal, 23: 112–121. **(Journal)**

Asfarm, M.H., Mirshekari, B., Hassanpannah, D., Farahvash, F. And Yarnia, M. 2020. Effect of date and planting depth on agronomic traits of potato (*Solanum tuberosum L*.) cultivars in autumn and spring cultivars. Scientific Journal of Crop Physiology, 12: 47. (**Journal**)

Bahrampour, M., Dehdani Ardakani, M., Gholamnejad, J., Shirmardi, M. 2019. Effect of Different Substrates and Nano Potassium Fertilizer on Morpho-Physiological Characteristics of Pot Marigold (*Calendula officinalis* L.) under Drought Stress. Iranian Journal of Horticultural Science and Technology, 20(1): 65 -78 (In Persian) **(Journal)**

Batukaev, A.A., Bamatov, I.M. and Khadzhimuradova, E.A. 2018. The system of production of healthy planting material for potato under the conditions of the Chechen Republic. Journal of Pharmaceutical Sciences and Research, 10: 106–109. **(Journal)**

Cataldo, E., Salvi, L., Paoli, F., Fucile, M., Masciandaro, G., Manzi, D., Masini, C.M. and Mattii, G.B. 2021. Application of Zeolites in Agriculture and Other Potential Uses: A Review. Agronomy, 11: 1547. **(Journal)**

Dadrasi, V.A. and Aboutalebian, M.A. 2015. Effect of seed seed priming on morphological triets, seed protein and water use efficiency of two mid maturing maize hybrids in farm conditions. (In Persian) **(Journal)**

De Smedt, C., Someus, E. and Spanoghe, P. 2015. Potential and actual uses of zeolites in crop protection. Pest management science, 71(10): 1355-67 **(Journal)**

Deblonde, P.M.K. and Ledent, J.F. 2001. Effects of moderate drought conditions on crop growth parameters and earliness of six potato cultivars under field conditions. Agronomie, 20: 595-608. **(Journal)**

Donati, L., Bertin, S., Gentili, A., Luigi, M., Taglienti, A., Manglli, A., Tiberini, A., Brasili, E., Sciubba, F. and Pasqua, G. 2022. Effects of Organic Biostimulants Added with Zeolite on Zucchini Squash Plants Infected by Tomato Leaf Curl New Delhi Virus. Viruses, 14(3-607): 1-13. **(Journal)**

Dzung, N.A., Phuong Knanh, V.T. and Dzung, T.T. 2011. Research on impact of chitosan oligomers on biophysical characteristics, growth, development and drought resistance of coffee. Carbohydrate Polymers, 84(2): 751-755. **(Journal)**

Eamus, D. and Shanahan, S.T. 2002. A rate equation model of stomatal responses to vapour pressure deficit and drought. BMC Ecology, 2(8): 1-14. **(Journal)**

Farooq, M., Wahid, A. and Siddique, K.H. 2012. Micronutrient application through seed treatments. Journal of soil science and plant nutrition, 12: 125–142. **(Journal)**

Food and Agricultural Organization. 2019. FAOSTAT database for agriculture. **(Handbook)**

Fsles, F.W. 1951. The assimilation and degradation of carbohydrates of yeast cells. Journal of Biological Chemistry, 193: 113-116. **(Journal)**

Guan, Y.J., Wang, J.C., Hu, J., Tian, Y.X., Hu, W.M. and Zhu, S.J.A. 2013. Novel fluorescent dual-labeling method for anti-counterfeiting pelleted tobacco seeds. Seed Science Technology, 41: 158–163. **(Journal)**

Guan, YJ., Hu, J., Wang, X.J. and Shao, C.X. 2009. Seed priming with chitosan improves maize germination and seedling growth in relation to physiological changes under low temperature stress. Journal of Zhejiang University-Science B, 10(6): 427-33. **(Journal)**

Hall, J.L. 2002. Cellular mechanisms for heavy metal detoxification and tolerance. Journal of Experimental Botany, 53: 1-11. **(Journal)**

Ismail, A.M., Ella, E.S., Vergara, G.V. and Mackill, D.J. 2009. Mechanisms associated with tolerance to flooding during germination and early seedling growth in rice (*Oryza sativa*). Annals of Botany, 103: 197–209. **(Journal)**

Kawhena, T.G., Tsige, A.A., Opara, U.L. and Fawole, O.A. 2020. Application of Gum Arabic and Methyl Cellulose Coatings Enriched with Thyme Oil to Maintain Quality and Extend Shelf Life of "Acco" Pomegranate Arils. Plants (Basel), 1(12):1690 **(Journal)**

Li, J., Cai, C., Sun, T., Wang, L., Wu, H. and Yu, G. 2018. Chitosan-Based Nanomaterials for Drug Delivery. Molecules, 23(10): 2661. **(Journal)**

Mahdavi, B. and Rahimi, A. 2013. Seed priming with chitosan improves the germination and growth performance of ajowan (*Carum copticum*) under salt stress. Eurasian Journal of Biosciences, 7: 69-76. **(Journal)**

Malekpoor, F., Salimi, M. and Ghasemi Pirbalouti, A. 2017. Effect of bioelicitor of chitosan on physiological and morphological properties in purpule basil (*Ocimum basilicum L.*) under water deficit. Journal of Plant Ecophysiology, 8(27): 56-71. **(Journal)**

Mandal, A.B., Mondal, R., Dutta, P.M. and 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. **(Journal)**

Peltonen, S.P., Kontturi, M. and Peltonen, J. 2006. Phosphorus seed coating enhancement on early growth and yield components in oat. Agronomy Journal, 98: 206–211. **(Journal)**

Perira, A.S., Fernandes, E.J., Rodrigues, T.J.D. and Turco, J.E.P. 2005. Stomatal conductance in leaves of bean plants submitted to different irrigation regimes. Engenharia Agrícola, 25: 161-169. **(Journal)**

Peske, F.B. and Novembre, E.A.D.L.C. 2011. Pearl millet seed pelleting. Revista Brasileira de Sementes, 33(2): 352–62. (**Journal**)

Qiu, Y., Amirkhani, M., Mayton, H., Chen, Z. and Taylor, A.G. 2020. Biostimulant seed coating treatments to improve cover crop germination and seedling growth. Agronomy Journal, 10(154): 1-14. **(Journal)**

Rabea, E.I., Badawy, M.E.T., Stevens, C.V., Smagghe, G. and W. Steurbaut, W. 2003. Chitosan as antimicrobialagent: applications and mode of action. Biomacromolecules, 4(6): 1457-1465. **(Journal)**

Rehman, A.U. and Farooq, M. 2013. Boron application through seed coating improves the water relations, paniclefertility, kernel yield, and biofortification of fine grain aromatic rice. Acta Physiologiae Plantarum, 35: 411- 418. **(Journal)**

Saadat. F. and Ehteshami, S.M.R. 2016. Effect of seed coating with growth promoting bacteria and micronutrients on germination characteristics of corn. Iranian Journal of Seed Science and Research, 3(2): 81-94. (In Persian) **(Journal)**

Santoso, B., Cholid, M. and Wijayanto, R.A. 2022. Effect of zeolite and cow manure application on soil nitrogen content in ramie (*Boehmeria nivea*) plant growth. The 2nd International Conference on Sustainable Plantation, IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, 974. **(Conference)**

Shaddel, R., Hesari, J., Azadmard-Damirchi, S., Hamishehkar, H., Fathi-Achachlouei, B. and 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. **(Journal)**

Taylor, A.G. and Trimmer, M. 2020. DunhamTrimmer International Bio Intelligence, Lakewood Ranch, Florida. Global market value of biostimulant seed treatments, 33: 4-18. **(Journal)**

Thomas-Sharmaa, S., Abdurahmanb, S.A., Alic, S., Andrade-Piedrad, J.L., Baoe, S., Charkowskif, A.O., Crookg, D., Kadianc, M., Kromannh, P., Struikb, P.C., Torrance, L., Garrettaj, K.A. and Forbes, G.A. 2016. Seed degeneration in potato: the need for an integrated seed health strategy to mitigate the problem in developing countries. Plant Pathology, 65(1): 3–16. (**Journal**)

Van Wart, J., Kersebaum, K.C., Peng, S., Milnera, M. and Cassman, K.G. 2013. Estimating crop yield potential at regional to national scales. Field Crops Research, 143: 34-43. **(Journal)**

Verma, R. and Mehta, D.K. 2019. Effect of Seed Pelleting on Seed Quality Parameters of Bell pepper (*Capsicum annuum L.*) under Laboratory and Nursery Conditions. International Journal of Microbiology Research, 11(1): 1452-1454. **(Journal)**

Wiatrak, P. 2013. Influence of seed coating with micronutrients on growth and yield of winter wheat in Southeastern Coastal Plains. American Journal of Agricultural and Biological Sciences, 8: 230-238. **(Journal)**

Yoghisha, H.S., Panneerselvam, P., Bhanuprakash, K. and Hebbar, S.S. 2017. Standardization of protocol for seed pelleting in onion (*Allium cepa*) to improve seed handling. Indian Journal of Agricultural Sciences, 87(7): 975–80 **(Journal)**

Zhevora, S.V and Anisimov, B.V. 2021. Potato Seed Production, pp:720. **(Book)**

Potato minituber pelleting new way to improve some key traits of potatoes

Sevda Ghasemi Germi[1], Morteza Barmaki[2*], Salim Farzaneh[3], Mandana Amiri[4]

Received: July 25, 2022 Accepted: November 1, 2022

Abstract

Pelleting is done by adding inert adsorbents to change seed size and shape and improve seed yield and plant ability. This present study was conducted to investigate potato minituber pelleting (Agria cultivar) to improve some key potato traits in a randomized complete block design with three replications in the research farm of Mohaghegh Ardabili University in 2018-2019. Experimental treatments included 9 different combinations of Arabic gum or cellulose adhesive, zeolite or cocopeat fillers and chitosan with control treatment (without pellets). The studied traits were leaf number of leaves, fresh yield, dry matter yield of potato tuber, leaf stomatal conductance, tuber carbohydrate content, tuber density and chlorophyll content in leaves. The results showed a significant effect of potato minituber pelleting on traits such as Number of leaves, Fresh and dry matter yield of potato tubers, leaf stomatal conductance, tuber acidity, density and chlorophyll b content. Pelleting of minitubers with Arabic gum + zeolite + chitosan had the highest number of leaves and density of potato tubers it showed an increase of 50.88 and 15.9 percent, respectively to the control treatment. According to the results, the highest fresh yield and dry matter yield of potato tuber were obtained in the treatment of Arabic gum with zeolite, which showed an increase of 47.14 and 39.46 percent, respectively, compared to the control. The highest amount of leaf stomatal conductance was observed in the cellulose adhesive + cocopeat treatment combination, which resulted in a 70.21% increase compared to the control treatment. The highest amount of chlorophyll b in cellulose adhesive + cocopeat + chitosan treatment combination showed an increase of 42.7% respectively, compared to the control treatment. In general, in terms of quantitative traits, application of Arabic gum with zeolite along with chitosan led to the improvement of most morphological, functional and physiological traits.

Keywords: Cellulose adhesive; Chitosan; Cocopeat; Photosynthetic content; Zeolite

How to cite this article
Ghasemi Germi, S., Barmaki, M., Farzaneh, S. and Amiri, A. 2023. Potato minituber pelleting new way to improve some key traits of potatoes. Iranian Journal of Seed Science and Research, 9(4): 15-30. (In Persian) **(Journal)**
DOI: 10.22124/jms.2023.6168

COPYRIGHTS
Copyrights for this article are retained by the author(s) with publishing rights granted to the Iranian Journal of Seed Science and Research
The content of this article is distributed under Iranian Journal of Seed Science and Research open access policy and the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY4.0) License. For more information, please visit http://jms.guilan.ac.ir/

1. PhD Student of Agronomy, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Mohaghegh Ardebili University, Ardebil, Iran. sevdaghasemi@gmail.com
2. Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Mohaghegh Ardebili University, Ardebil, Iran. m_barmaki@uma.ac.ir
3. Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Mohaghegh Ardebili University, Ardebil, Iran. salimfarzaneh@yahoo.com
4. Associate Professor, Department of Chemistry, Faculty of Science, Mohaghegh Ardebili University, Ardebil, Iran. mandanaamiri@uma.ac.ir
*Corresponding author: m_barmaki@uma.ac.ir