نشریه علمی پژوهشی دانش کشاورزی و تولید پایدار
جلد ۳۲ شماره۱ / سال ۱۴۰۱ صفحات ۲۷۷-۲۶۱

# Evaluating the Production of Potato Superelite Tubers by Applying Different Pelleting Methods

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

Received: 03 February 2021 Accepted: 02 September 2021
1-PhD Student in Agriculture, Faculty of Agriculture, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil, Iran.
2-Assoc. Prof., and Assist. Prof., Dept. of Agriculture and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil, Iran.
3- Assoc. Prof., Dept. of Chemistry, Faculty of Science, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil, Iran.
*Corresponding Author Email: m_barmaki@uma.ac.ir

**Abstract**

**Background and Objective:** Seed pelleting technology means covering the seeds with composite materials such as nutrients, hormones, moisture-absorbing materials, etc., which are used for specific purposes with the aim of seed quality.

**Materials and Methods:** This study aimed to Evaluating the production of potato superolite tubers by applying different pelleting methods based on randomized complete block design with three replications in Research Farm of Mohaghegh Ardabili University in 2018-19. Experimental treatments included 17 different combinations of zeolite or cocopeat fillers, coating or soil application of triple superphosphate, superabsorbent polymer, and chitosan along with control (without pelleting).

**Results:** The results showed, Pelleting of minitubers with zeolite and soil application of triple superphosphate had the largest diameter of the main stem, compared to the control, it showed an increaseof 29.31 percent, pelleting the tuber with cocopeat and soil application of triple superphosphate had the highest plant fresh weight and plant dry weight, which showed an increase of 33.8% and 29.72%, respectively, compared to the control. Also, the highest number and yield of potato superelite tuber was obtained in T14 treatment (cocopeat+ soil application of triple superphosphat+ chitosan) with an increase of 29.9 and 33.89% compared to the control.treatment of potato minituber with (zeolite+ superphosphate coating+ chitosan+ superabsorbent polymer) led to an increase in chlorophyll a, b and total chlorophyll, which compared to the control showed an increase of 21.92, 34.40 and 23.92%, respectively. The highest amount of carotenoids was observed in T13 (cocopeat + soil application of triple superphosphate + chitosan + superabsorbent polymer) which had an increase of 18.10% compared to the control treatment. The highest quantum yield of photosystem II was in T7 treatment (zeolite + soil application of triple superphosphate +superabsorbent polymer) Comparison with control treatment showed an increase of 21.29%. Treatment of tuber with zeolite+ soil application of triple superphosphate+ chitosan+ superabsorbent polymer (T5) had the highest protein yield which a 52.62% increase had compared to the control treatment.

**Conclusion:** In general, the results showed that the application of superabsorbent polymer and chitosan in tuber pelleting had good results in most traits. In addition, the use of zeolite with these compounds led to the improvement of most traits. Also, Potato tuber yield showed positive and significant correlation with most morphological traits.

**Keywords:** Chitosan, Protein Yield, Tuber Yield, Superabsorbent Polymer, Zeolite

# ارزیابی تولید غده‌های سوپرالیت سیب‌زمینی با اعمال روش‌های مختلف پلتینگ

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

تاریخ دریافت: ۹۹/۱۱/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۶/۱۱
۱-دانشجوی دکتری زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی،اردبیل، ایران
۲- دانشیارو استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
۳- دانشیار گروه شیمی، دانشکده علوم، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
*مسئول مکاتبه Email: m_barmaki@uma.ac.ir

**چکیده**

**اهداف:** فن‌آوری پلت بذربه معنای پوشش دادن بذر با مواد ترکیبی مانند، موادغذایی، هورمون‌ها، مواد جاذب رطوبت و... که بامقاصد خاص با هدف ارتقا کیفیت بذر مورد استفاده قرار می‌گیرد.

**مواد و روش‌ها:** پژوهش حاضر به منظور ارزیابی تولید غده‌های سوپرالیت سیب‌زمینی با اعمال روش‌های مختلف پلتینگ جهت افزایش عملکرد کمی و کیفی غده‌های سوپرالیت سیب‌زمینی (رقم آگریا) به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه محقق اردبیلی در طی سال‌های زراعی ۹۸-۱۳۹۷ انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل۱۷ ترکیب متفاوت از پرکننده‌های زئولیت یا کوکوپیت، کاربرد پوششی یا خاکی سوپرفسفات تریپل، پلیمر سوپرجاذب و کیتوزان به‌همراه تیمار شاهد (بدون پلت) بودند.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد، پوشش غده‌چه با زئولیت و سوپرفسفات خاکی بیشترین قطر ساقه اصلی T8 (زئولیت+ سوپرفسفات خاکی) بدست آمد که در مقایسه با شاهد افزایش ۲۹/۳۱ درصدی را نشان داد. پوشش غده‌چه با کوکوپیت بیشترین وزن تر و وزن خشک بوته را داشت که در مقایسه با تیمار بدون پوشش به‌ترتیب افزایش ۳۳/۸ و۲۹/۷۲ درصدی را نشان دادند. همچنین بیشترین تعداد و عملکرد غده سوپرالیت سیب‌زمینی در تیمار T14 (کوکوپیت+ سوپرفسفات خاکی+ کیتوزان) با افزایش ۲۹/۹ و۳۳/۸۹ درصدی نسبت به شاهد بدست آمد. تیمار غده‌چه سیب‌زمینی با (زئولیت+ پوشش سوپرفسفات+ کیتوزان+ پلیمرسوپرجاذب) منجر به افزایش میزان کلروفیل a، b و کلروفیل کل گردید که در مقایسه با شاهد به ترتیب افزایش ۲۱/۹۲ ، ۳۴/۴۰ و ۲۳/۹۲ درصدی را نشان داد. بیشترین میزان کاروتنوئید در T13 (کوکوپیت+ سوپرفسفات خاکی+ کیتوزان+ پلیمرسوپرجاذب) مشاهده گردید که نسبت به تیمار شاهد افزایش ۱۸/۱۰ درصدی را داشت بالاترین عملکرد کوانتومی فتوسیستم II (fv/fm) در تیمار T7 (زئولیت+ سوپرفسفات خاک+ پلیمرسوپرجاذب) بود که در مقایسه با تیمار شاهد افزایش ۲۱/۲۹ درصدی را نشان داد. تیمار غده‌چه با زئولیت+ سوپرفسفات خاکی+ کیتوزان+ پلیمر سوپرجاذب (T5) بیشترین عملکرد پروتئین به دست آمد که افزایش ۵۲/۶۲ درصدی در مقایسه با تیمار شاهد (بدون پلت) داشت

**نتیجه گیری:** به‌طور کلی، نتایج نشان داد کاربرد پلیمرسوپرجاذب و کیتوزان در پوشش غده‌چه در بیشتر صفات نتایج مطلوبی را داشت، به علاوه، کاربرد زئولیت با این ترکیبات منجر به بهبود اکثرصفات گردید. همچنین، عملکرد غده سیب-زمینی با اکثر صفات مورفولوژیکی همبستگی مثبت و معنی‌دار نشان داد.

**واژه های کلیدی:** پلیمرسوپرجاذب، زئولیت، عملکرد پروتئین، عملکرد غده، کیتوزان

**مقدمه**

سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) بعد از گندم، برنج و ذرت بعنوان چهارمین گیاه با ارزش و اقتصادی در سراسر جهان کشت می‌شود (فائو ۲۰۱۵). سیب‌زمینی بخش مهمی از تولیدات کشاورزی در کشورهای در حال توسعه را شامل می‌شود. بیش از یک سوم تولید جهانی سیب‌زمینی در کشورهای در حال توسعه می‌باشد. به همین دلیل، افزایش عملکرد آن منجر به افزایش کار، درآمد و بهبود امنیت غذایی می‌شود (بتونی و مویل ۲۰۱۹). با توجه به اهمیت سیب‌زمینی بذری در تولید، اقتصاد و تغذیه مردم و وابستگی کشور از نظر تهیه بذور سوپرالیت و الیت به کشورهای اروپایی، همچنین اهمیت استفاده از بذر سالم در تولید این محصول، از جمله مهم‌ترین عوامل مؤثر در افزایش عملکرد محصول سیب‌زمینی در واحد سطح می باشد. غده‌چه‌های سیب‌زمینی که در شرایط درون‌شیشه‌ای تولید می‌شوند، یکی از روش‌های مورد تایید و مطمئن جهت تولید سیب‌زمینی عاری از ویروس می باشد (حسن پناه و عظیمی ۲۰۱۱) . غده‌چه‌های سیب‌زمینی اندازه‌ای در محدوده ۰/۱ تا ۱۰ گرم یا بیشتر، قطر ۴ تا ۷ میلی‌متر و طول ۱۰ تا ۱۲ میلی‌متر دارند. سیب‌زمینی به علت تکثیر رویشی یکی از گیاهان حساس به انواع بیماری‌های گیاهی با منشاء ویروسی است که ابتلا به این بیماری‌ها سبب کاهش عملکرد در سطح می‌شود. یکی از مهمترین عوامل موثر در سلامت و افزایش تولید سیب‌زمینی استفاده از غده بذری سالم و مناسب است که بنا به گفته کارشناسان کشاورزی تا ۳۰ درصد بر میزان تولید سیب‌زمینی تاثیر می‌گذارد زیرا اگر یک غده بذری سیب-زمینی به صورت کامل کشت شود به علت وجود غالبیت جوانه انتهایی تنها تعداد کمی از جوانه‌های موجود در قسمت انتهایی آن رشد می‌کند و موجب اتلاف هزینه می گردد به این دلیل یک غده بذری کوچک ممکن است با یک غده که چندین برابرآن وزن دارد، محصول تقریبا یکسانی تولید نماید. کاشت مستقیم غده‌چه های سیب-زمینی روش مناسبی جهت تولید غده‌های سوپرالیت سیب‌زمینی می‌باشد که با کاشت غده‌چه، رشد کلیه جوانه های موجود روی غده‌ها ی بذ ری سیب‌زمینی تحریک می شود، که علاوه بر افزایش سهم جوانه‌های تولید کننده استولون و شاخ و برگ، از جنبه کاهش مخارج تولید وافزایش کارایی اقتصادی نظام‌های تولید سیب-زمینی نیز می‌تواند مفید باشد (اوینگ ۱۹۹۷). لومن و استروییک (۱۹۹۵) در مطالعه‌ای نشان داد که عملکرد وتولید غده به میزان بسیار زیادی تحت تأثیر وزن غده-های بذری می باشد و غده‌های کوچک‌تر دارای دوره خواب طولانی تری هستند. گیاهان حاصل از غده‌های کوچک‌تر مدت بیشتری را برای جوانه‌زنی صرف می کنند و جوانه‌ها ساقه‌های باریک‌تری دارند، اندازه ریشه کوچک‌تر است و نسبت ساقه به ریشه بالاتری دارند. غده‌های کوچک تر به دلیل پوشش آهسته‌تر زمین، شاخص برداشت کمتری دارند. همچنین، تعداد و وزن غده‌های تولید شده در گیاه کمتر بود. تفاوت بین عملکرد غده‌چه‌ها وابسته به وزن و سن غده‌های بذری و روش-های زراعی می‌باشد. یکی از محدودیت‌ها در تولید غده‌چه سیب‌زمینی هزینه بالای آن می باشد. همچنین افزایش اندازه غده‌چه سیب‌زمینی یکی از مهم‌ترین چالش‌های در حال حاضر می باشد. یکی از روش‌های افزایش اندازه این غده‌چه برای قابل قبول بودن کشت در شرایط مزرعه پلت کردن آن‌ها با استفاده از مواد مغذی، تنظیم کننده‌های رشد و مواد بی‌اثر می‌باشد (ریچاواندران و همکاران ۲۰۱۵). این روش نه‌تنها منجر به افزایش وزن و حجم غده‌چه می‌شود، بلکه اندازه بذر را نیز استاندارد می‌کند (ریکازوسکا ۲۰۱۶). پلت کردن از روش‌هایی است که با ایجاد پوششی از موادمعدنی، کودها، مواد کنترل‌کننده آفات و بیماری‌ها و... باعث تغییر شکل، افزایش وزن و اندازه بذر می‌گردد و باعث بهبود قابلیت کاشت بذر می-گردد (تیلور ۱۹۹۸). پلت کردن بذربا مدیریت مواد مغذی و تامین مداوم و متعادل موادمغذی در طول رشد گیاه منجر به افزایش عملکرد گیاه می‌گردد همچنین هزینه پایین و ساده بودن روش پلتینگ این روش را برای کشاورزان قابل استفاده کرده است (روهیت و مهتا ۲۰۱۹). تحقیقات بسیار اندکی در مورد پلت کردن غده‌چه سیب‌زمینی صورت گرفته است و کشورهای توسعه‌یافته

از انتشار و ارائه ترکیبات مؤثر یا روش‌های آن، خودداری می‌کنند. پلت کردن بذرفلفل‌دلمه‌ای با شش مواد مغذی مختلف منجر به بهبود استقرار، جوانه زنی، دسترسی به منابع غذایی و افزایش عملکرد گردید (ورما و مهتا ۲۰۱۹). میل و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند که پلت کردن بذر برنج با کلسیم اکسید باعث افزایش جوانه-زنی، عملکرد و فعالیت آنزیم‌های مختلف برنج گردید. روی و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند که پلت کردن بذر کنجد با خاک رس و ورمی‌کولیت منجر به افزایش ۱۰/۲ درصدی عملکرد گردید. همچنین در مطالعه‌ای بررسی گردید که، پلت کردن بذر سویا با آمونیوم مولیبدن و سولفات آهن صفات فیزیولوژیکی و عملکردی گیاه را در حد قابل‌توجهی بهبود بخشید (عشقی و همکاران ۲۰۱۰). در مطالعه‌ای دیگر مشاهده گردید که پلت کردن بذور برنج با رس درصد جوانه زنی بذور را تا ۲۵ الی ۴۵ درصد در مقایسه با بذور بدون پلت افزایش داد (آسایی و یونو ۲۰۰۸). با توجه به الگوی توزیع متنوع سیب‌زمینی این محصول به‌عنوان گیاه استراتژیک در جهان و کشور به‌ویژه در مناطق محروم باعث تأمین امنیت غذایی گردیده است. از این‌رو نوآوری‌های مبتنی بر علم کاشت سیب‌زمینی که منجر به افزایش صفات کمی هم‌راستا با صفات کیفی گردد، از اهمیت قابل‌توجهی برخوردار است (وروبل ۲۰۱۴ ). هدف از این پژوهش ارزیابی تولید غده های سوپرالیت سیب¬زمینی با اعمال روش‌های مختلف پلتینگ در راستای معرفی بهترین ترکیب برای پلت غده سیب‌زمینی که انواع نیازهای دوره‌ی جوانه‌زنی و استقرار آن را تامین نموده و بالاترین عملکرد غده‌های سوپرالیت را به‌دست بیاورد، می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

آزمایش در مزرعه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی در طی سال‌های زراعی ۹۸-۱۳۹۷ صورت گرفت. اردبیل از نظر مختصات جغرافیایی، در عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و ۱۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۱۵ دقیقه شرقی واقع شده است. هم‌چنین به خاطر داشتن زمستان‌های خیلی سرد و بهار و تابستان معتدل و قرار گرفتن در ارتفاع ۱۳۵۰ متر بالاتر از سطح دریا و میانگین بارش سالیانه حدود ۴۰۰ میلی‌متر، شرایط مناسبی را برای کشت سیب‌زمینی فراهم کرده است. این آزمایش به منظور ارزیابی تولید غده‌های سوپرالیت سیب‌زمینی با اعمال روش‌های مختلف پلتینگ به‌صورت طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار انجام گردید. آزمایش در مجموع شامل ۱۷ ترکیب تیماری با استفاده از کود سوپرفسفات تریپل در پوشش ریزغده یا به‌صورت نواری در مزرعه، کاربرد پرکننده‌های زئولیت و کوکوپیت، کاربرد پلیمر سوپرجاذب و در نهایت استفاده از کیتوزان، همراه تیمار شاهد (عدم پلت کردن بذر) که جزئیات آن در جدول ۱ ارائه شده است، بود. در این پژوهش از رقم آگریا استفاده شد. رقم آگریا دارای ویژگی‌های دیررس تا متوسطرس، دارای عملکرد خیلی بالا، غده‌ها درشت تا خیلی درشت با ظاهر بازارپسند، درصد ماده خشک بالا، دوره رکود طولانی، دارای توسعه شاخ و برگ سریع، پوشش خوب، ارتفاع زیاد، دارای ساقه‌های قوی ، تقریباً حساس به بلایت غده، خیلی مقاوم به پوسیدگی غده و ویروس Yn ، X ، A و حساس به پیچیدگی برگ است. طول دوره رشدی رقم آگریا ۱۲۰ تا ۱۳۰ روز می‌باشد.

### تهیه محلول کیتوزان

برای تهیه‌ی محلول کیتوزان، مقادیر مشخص این نانوذرات در اسید استیک یک درصد (حجمی-حجمی) حل و سپس با آب مقطر رقیق و در روی هیتر به مدت 2ساعت در دمای 90 درجه سلسیوس با 1400 دور قرار داده شدند و اسیدیته محلول با سدیم هیدروکسید 1%به اسیدیته ۶/۵ تنظیم گردید (لی و همکاران ۲۰۱۴).

### تهیه چسب سلولزی

به‌منظور تهیه چسب سلولزی از فیلم کربوکسی متیل سلولز با کمی تغییر به روش پیشنهادی الماسی و همکاران (۲۰۱۰) تهیه شد به‌صورتی‌که به ازای یک لیتر آب ۲۰ گرم پودر چسب سلولزی اضافه کرده و توسط قاشق یا همزن دستی هم زده شد و چسب غلیظی به دست آمد.

**جدول ۱- ترکیب تیمارهای مورد آزمایش در پژوهش حاضر**

| ردیف | ترکیب | ردیف | ترکیب |
|---|---|---|---|
| T۱ | SP + CH + CS + Z | T۱۰ | CH + CS + C |
| T۲ | CH + CS + Z | T۱۱ | SP + CS + C |
| T۳ | SP + CS + Z | T۱۲ | CS + C |
| T۴ | CS + Z | T۱۳ | SP + CH + SS + C |
| T۵ | SP + CH + SS + Z | T۱۴ | CH + SS + C |
| T۶ | CH + SS + Z | T۱۵ | SP + SS + C |
| T۷ | SP + SS + Z | T۱۶ | SS + C |
| T۸ | SS + Z | T۱۷ | Control |
| T۹ | SP + CH + CS + C | | |

Z: زئولیت، C: کوکوپیت، CS: پوشش سوپرفسفات، SS: کاربرد خاکی سوپرفسفات، SP: سوپرجاذب، CH: کیتوزان

غده‌چه‌های سیب‌زمینی از شرکت دشت زرین استان اردبیل تهیه و به مدت یک هفته در انبار با نورغیرمستقیم در دمای ۱۸ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد تا پیش‌جوانه‌دار گردند و مواد برای پلت کردن بر روی آن‌ها اعمال گردید. بدین‌صورت که ابتدا غده‌چه‌ها به چسب سلولزی 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 گردد. برای اعمال تیمار سوپرفسفات پس از اطمینان از خشک شدن غده‌چه‌ها، پودر سوپرفسفات تریپل که با استفاده از خرد کن برقی پودر گردید پوشش داده شد. برای تیمار سوپرفسفات خاکی نیز در مرحله کاشت به ازای هر غده‌چه حدود ۰/۲ گرم سوپرفسفات تریپل در خاک اضافه گردید. در ادامه غده-چه‌ها در محلول کیتوزان خیسانده شدند و سپس پلیمرسوپرجاذب به صورت خشک براساس تیمارهای آزمایشی روی غده‌چه‌ها اضافه شد و بدین‌صورت عمل پلت کردن به اتمام رسید. پس از اطمینان از خشک شدن، غده‌چه‌های پلت شده جهت کاشت به مزرعه انتقال یافت. وزن هر پلت حدوداً ۰/۱ تا ۰/۲ گرم در نظر گرفته شد.

پلت کردن با ترکیبات مختلف به گونه‌ای انجام شد که یک لایه پوشش در سطح غده‌چه ایجاد گردید و تمامی سطح آن آغشته به ترکیب مورد نظر شد. با توجه به استفاده از چسب سلولزی این امر به سهولت صورت گرفت. کوددهی براساس آزمون خاک (جدول ۲) بر مبنای ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در دو مرحله از منبع اوره، ۱۲۰ کیلوگرم فسفر در هکتار از منبع سوپرفسفات تریپل 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 ۱۰ سانتی‌متر در پنج ردیف کشت (کرت ۲×۳ مترمربع) در ۱۰ اردیبهشت 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 سه بار 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.

**جدول ۲- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه محل آزمایش**

| بافت خاک | درصد اجزای بافت خاک | | | EC | pH | کربن آلی | نیتروژن | فسفر | پتاسیم |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۰-۳۰ سانتی-متری | شن | رس | سیلت | $dS.m^{-1}$ | | (٪) | | $mg.kg^{-1}$ | |
| لومی شنی | ۵۲ | ۲۶ | ۲۲ | ۲/۶۸ | ۷/۰۹ | ۱/۱۷ | ۰/۰۵۶ | ۶/۱ | ۱۹۸ |

بعد از مرحله گلدهی، میزان کلروفیل و کاروتنوئیدها در زمان توسعه کامل برگها به روش آرنون(۱۹۹۴) انجام شد و از روابط زیر برای تعیین غلظت کلروفیل‌های a، b و کاروتنوئیدها استفاده گردید.

Chlorophyll a = (19.3 * A663 - 0.86 * A645) V/100W
Chlorophyll b = (19.3 * A645 - 3.6 * A663) V/100W
Carotenoides = 100(A470) + 3.27(mg chl. a) - 104(mg chl. b)/227

Cchlo(a+b) = 0.0202A645+0.00802A663 Ccarrotenoid (mg/g.f.w) = 0.0076A480-0.00149A510

برای اندازه‌گیری شاخص فلورسانس کلروفیل با استفاده از دستگاه فلورومتر .chlorophyll fluorometer (OS_30P U.S.A) اندازه‌گیری شد که با قرار دادن قسمت میانی پهنک جوانترین برگ کاملاً توسعه یافته به مدت ۱۵ دقیقه در داخل گیره در شرایط تاریکی اعداد مربوط قرائت وعملکرد کوانتومی فتوسیستمII (Fv/Fm) به دست آمد.

در طول فصل رشد و قبل از خشک شدن اندام هوایی، اندازه‌گیری صفات رشدی و مورفولوژیک از سه ردیف وسط با حذف اثر حاشیه‌ای با انتخاب ۱۰ بوته به‌طور تصادفی، صفات قطر ساقه اصلی (با کولیس)، درصد ماده خشک (با تناسب وزن خشک به وزن تر غده)، وزن تر و خشک بوته (آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به-مدت ۴۸ ساعت) ، تعداد غده در بوته، عملکرد غده و شاخص برداشت محاسبه و اندازه‌گیری شدند. برداشت در تاریخ ۱۴ مرداد ماه صورت گرفت. عملکرد پروتئین با روش پیشنهادی فرل و همکاران (۱۹۶۹) انجام شد. در نهایت بعد از جمع‌آوری و نرمال‌سازی داده‌های آزمایشی، تجزیه واریانس و مقایسه میانگین داده‌ها به روش آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح ۵ درصد با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹/۲) انجام شد. همبستگی ساده بین صفات با استفاده از نرم-افزارهای SAS (نسخه ۹/۲) و Microsoft Excel (نسخه ۲۰۱۳) و گروهبندی ترکیب تیمارها و تجزیه به مولفه های اصلی صفات با نرم افزار مینی تب (نسخه ۲۰۱۹) انجام شد.

## نتایج و بحث

نتایج نشان داد که اثر تیمارهای پلت کردن غده‌چه بر صفات رشدی و عملکردی ( قطر ساقه اصلی وزن تر و خشک اندام های هوایی، عملکرد غده تر و عملکرد بیولوژیک)، صفات فیزیولوژیکی ( تعداد غده در بوته، عملکرد غده تر، عملکرد کوانتوم فتوسیستم II (fv/fm) و صفت کیفی غده (عملکرد پروتئین ) معنی‌دار بودند. اما اثر پلت کردن بر درصد ماده خشک و شاخص برداشت معنی‌دار نبود.

### قطر ساقه اصلی

پوشش غده‌چه با زئولیت و سوپرفسفات در خاک بیشترین قطر ساقه اصلی در تیمار T8 (۵/۹۷) میلی‌متر بدست آمد که در مقایسه با شاهد افزایش ۲۹/۳۱ درصدی را نشان داد و تیمارهای T5، T3، T14، T1، T2، T11 و T7 با بیشترین قطر ساقه در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۳). زئولیت از ترکیبات مفیدی است که

جنبه‌های کاربردی گوناگونی در کشاورزی دارد. استفاده از زئولیت در زمین‌های کشاورزی به دلیل افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک و تمایل زیاد آن‌ها برای جذب و نگهداری آمونیوم میتواند نقش مؤثری در کاهش شستشوی عناصر غذایی به ویژه عناصر متحرک‌تر مانند نیتروژن داشته باشد ( مومپتون ۱۹۹۹) همچنین زئولیت به دلیل داشتن تخلخل بالا و ساختار کریستالی میتواند تا بیش از ۷۰ درصد وزنی خود آب را جذب کرده و به تدریج آن را در اختیار گیاه قراردهد (پولیت و همکاران ۲۰۰۴). افزایش عملکرد گیاهان مختلف مانند گندم، جو و سیب‌زمینی در اثر کاربرد زئولیت گزارش شده است ( باسو و ریتچی ۲۰۰۷). زاهدی (۲۰۱۱) در بررسی که بر روی گیاه کلزا انجام داد بیان نمود مصرف زئولیت به میزان 19 تن در هکتار باعث افزایش ارتفاع گیاه، قطر ساقه ، تعداد برگ و شاخه‌های فرعی شده است.در مطالعه‌ای تأثیر بستر کشت در افزایش قطر ساقه گل‌دهنده گل رز این افزایش قطر احتمالاً ناشی از جذب بیشتر مواد غذایی و سهولت در دسترس قرار گرفتن مواد غذایی برای ریشه‌های مویین گیاه و همچنین به دلیل خاصیت جذب زیاد عناصر غذایی در بستر کشت زئولیت می باشد ظاهراً زئولیت به دلیل مواد غذایی کافی و مواد نظیم‌کننده رشد، می تواند سبب افزایش تقسیمات سلولی، بزرگترشدن گیاه و افزایش قطر ساقه شود.

**درصد ماده خشک**

پلت کردن غده‌چه بر درصد ماده خشک معنی‌دار نبود اما در مقایسه بین دو سال بیشترین درصد ماده خشک با افزایش ۱۱/۵۷ درصد در سال اول نسبت به سال دوم بدست آمد (جدول ۴).

**جدول ۳- مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف پلت کردن بر برخی صفات رشدی و عملکردی سیب‌زمینی**

| تیمار | قطر ساقه اصلی (mm) | وزن تر بوته (g) | وزن خشک بوته (g) | تعداد غده تر | عملکرد غده تر ($t.ha^{-1}$) |
|---|---|---|---|---|---|
| SP + CH + CS + Z | ۵/۵۲ a-c | ۳۷٤/۱۷ab | ۶۲/۱۷ ab | ۷/۲۷a-d | ۱۸/۷۰ab |
| CH + CS + Z | ۵/۵۰a-c | ۳٦٤/۹۲ab | ۵۷/۸۸a-c | ۷/۲۷a-d | ۱۸/۲٤ab |
| SP + CS + Z | ۵/٦۸ab | ۳۳۱/٤۲b-d | ۵۳/۱۰a-d | ۵/۹۲cd | ۱٦/۵۷b-d |
| CS + Z | ۵/۵۵a-c | ۳۵٦/۸a-c | ۵۸/۱۹a-c | ۵/۸۲d | ۱۷/۸٤a-c |
| SP + CH + SS + Z | ۵/۷۵ab | ۳۳۷/۷۵bc | ٦۰/۸۹ab | ۸/٦۱a-d | ۱٦/۸۸bc |
| CH + SS + Z | ۵/۰۰b-d | ۲٦۸/۵cd | ٤۲/۱۰c-e | ۱۰/۰۵ab | ۱۳/٤۲cd |
| SP + SS + Z | ۵/۳۵a-d | ۲٦۲/٤۲cd | ٤۱/٤۳de | ۹/۲۷a-c | ۱۳/۱۲cd |
| SS + Z | ۵/۹۷a | ۳۲٦/۰۸b-d | ۵۳/۰۲a-d | ۹/۱٦a-c | ۱٦/۳۰b-d |
| SP + CH + CS + C | ٤/٤۲cd | ۲۳۷/۱۵d | ۳۵/٤۲e | ٦/۲۹cd | ۱۱/۸۵d |
| CH + CS + C | ٤/۸۸b-d | ۲۹۱/۳b-d | ٤۳/۰۳c-e | ۷cd | ۱٤/۵٦b-d |
| SP + CS + C | ۵/۴۹a-c | ۲٦۵/۵cd | ٤۱/۱۰de | ٦/۵۵cd | ۱۳/۲۷cd |
| CS + C | ٤/۷۷b-d | ٤۵۰/۸۳a | ٦۷/۷۸a | ۸/٤۹a-d | ۲۲/۵٤a |
| SP + CH + SS + C | ٤/٦٦b-d | ۳۳۰/۵۸b-d | ۵۱/۵٦b-d | ۱۰/۱٦6 a | ۱٦/۵۳b-d |
| CH + SS + C | ۵/٦۷ab | ۳٤۲/٤۲bc | ۵۵//۳٤a-d | ۱۰/۲۲a | ۱۷/۱۲bc |
| SP + SS + C | ٤/٦٦b-d | ۲۹۱/۲b-d | ٤۳/٦٤c-e | ۷/۱۱b-d | ۱٤/۵٤b-d |
| CS + C | ۵/۱۹b-d | ۳۵۲/۰۸bc | ۵۵/٤۸a-d | ۸/۲۲a-d | ۱۷/٦۰bc |
| Control | ٤/۲۲d | ۲۸٦/۳۹b-d | ٤۷/٦۳b-e | ۷/٤۷a-d | ۱٤/۹۱b-d |
| LSD ($p\leq0.05$) | ۱/۲۳ | ۹۴/۵۹ | ۱۶/۰۹ | ۳/۰۱ | ۴/۷۲ |
| Pr > F | ۰/۰۰۰۴ | ۰/۰۰۰۱ | ۰/۰۰۰۱ | ۰/۰۲ | ۰/۰۰۰۱ |

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشابه تفاوت معنی‌دار آماری از نظر آزمون مقایسه میانگین حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

**ادامه جدول ۳ مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف پلت کردن بر برخی صفات رشدی و عملکردی سیب‌زمینی**

| تیمار | کلروفیل a | کلروفیل b | کلروفیل (a+b) | کاروتنوئید | Fv/fm | عملکرد پروتئین ($kg.ha^{-1}$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| SP + CH + CS + Z | ۳/۷٤a | ۱/۸٦a | ٤/۱۸a | ۰/۹۳b-d | ۰/۹٥b-d | ۱۷٦/۹۱a |
| CH + CS + Z | ۳/۰٤b-f | ۱/۳٤b-f | ۳/۳۷b-e | ۰/۹٦b-d | ۰/۹٤b-e | ۱۲۰/٤٤c-g |
| SP + CS + Z | ۳/۳۲b | ۱/۳۹b-d | ۳/٦۱b | ۱/۰۸ab | ۱/۰۱a-c | ۱٦۲/۰۲a-c |
| CS + Z | ۲/۷۸f | ۱/۳٥b-e | ۳/۰۹ef | ۰/۹٤b-d | ۰/۹۱c-f | ۱۱۳/۸۷c-g |
| SP + CH + SS + Z | ۲/۹۳d-f | ۱/٥۱bc | ۳//۳۱c-f | ۰/۸٥cd | ۱/۰٤ab | ۱۸۸/۳۲a |
| CH + SS + Z | ۳/۰۸b-e | ۱/٦۰ab | ۳/٥۱bc | ۰/۸٤d | ۰/۹۹a-c | ۱٤۳/۱a-e |
| SP + SS + Z | ۲/۸۰ef | ۱/۳٦b-e | ۳/۱۲d-f | ۰/۹۹b-d | ۱/۰۸a | ۱۳۱/٤٤b-f |
| SS + Z | ۲/۹۷c-f | ۱/۳۹b-d | ۳/۳۰c-f | ۰/۹۳b-d | ۱/۰۰a-c | ۹۸/۳۳d-g |
| SP + CH + CS + C | ۲/۹۳d-f | ۱/۰۱f | ۳/۱٥d-f | ۱/۰٥a-c | ۰/۸٤e-g | ۱۳۷/۹٥a-f |
| CH + CS + C | ۳/۰۱c-f | ۱/٥۲bc | ۳/۳۸b-e | ۰/۹٦b-d | ۰/۸٥d-g | ۷۲/۹g |
| SP + CS + C | ۳/۲۳bc | ۱/٦٤ba | ۳/٦۳b | ۱/۰۳b-d | ۰/۸۱f g | ۱۰۸/٥۸c-g |
| CS + C | ۲/۸۳d-f | ۱/۱٤d-f | ۳/۰۷ef | ۱/۰۹ab | ۰/۸۲f g | ۱۰۳/۸۲d-g |
| SP + CH + SS + C | ۳/۱۱b-d | ۱/۳۲b-f | ۳/٤۰b-d | ۱/۱٦a | ۰/۸۲d-g | ۱۱۳/۲٤c-g |
| CH + SS + C | ۲/۸۸d-f | ۱/٥٦ab | ۳/۲۹c-f | ۰/۹۳b-d | ۰/۸٤e-g | ۱۰۷/۸۳d-g |
| SP + SS + C | ۲/۸٦d-f | ۱/۰٥ef | ۳/۰٥f | ۱/۰٥a-c | ۰/۸۳fg | ۹۲/٤f g |
| SS + C | ۳/۰٥b-f | ۱/٤۸bc | ۳/٤۰b-d | ۱/۰٦ab | ۰/۷۸g | ۱٥۰/۲٦a-d |
| Control | ۲/۹۲d-f | ۱/۲۲c-f | ۳/۱۸d-f | ۰/۹٥b-d | ۰/۸٥d-g | ۸۹//۲۲fg |
| LSD ($p$≤0.05) | ۰/۲۹ | ۰/۳۲ | ۰/۲۷ | ۰/۲۰ | ۰/۱۱ | ۵۳/۴۷ |
| Pr > F | ۰/۰۰۰۱ | ۰/۰۰۰۱ | ۰/۰۰۰۱ | ۰/۰۰۱ | ۰/۰۰۰۱ | ۰/۰۰۳ |

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشابه تفاوت معنی‌دار آماری از نظر آزمون مقایسه میانگین حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

**وزن تر و خشک اندام‌های هوایی**

براساس نتایج مقایسه میانگین اثر تیمارهای پلیتینگ، کاربرد کوکوپیت و سوپرفسفات خاکی (T12) به ترتیب با میانگین‌های ۴۵۰/۸۳ و ۶۷/۷۸ گرم منجر به تولید بالاترین میزان وزن تر و خشک اندام‌های هوایی گردید که در مقایسه با تیمار شاهد به‌ترتیب افزایش۳۳/۸ و ۲۹/۷۲ درصدی نشان دادند همچنین تیمارها T1، T2 و T4 نیز با میانگین به ترتیب ۳۴۷/۱۷، ۳۶۴/۹۲ و۳۵۶/۸ بیشترین وزن تر بوته را به خود اختصاص دادند و تیمارهای T1، T5، T4، T2 ، T16، T16، T14، T3، T17، T7، T13، T11 وT16 با بیشترین وزن خشک بوته در گروه مشترک قرار گرفتند. کمترین وزن تر و خشک بوته مربوط به تیمار T5 (چسب سلولزی+ کوکوپیت+ پوشش سوپرفسفات+ کیتوزان+ پلیمر سوپرجاذب ) به ترتیب با میانگین (۲۳۷/۱۵ گرم) و (۳۵/۴۲ گرم) به دست آمد (جدول ۳). نتایج مقایسه بین دو سال اجرای آزمایش

نشان داد که در سال دوم آزمایش وزن خشک بوته افزایش ۱۳/۸۴درصدی در مقایسه با سال اول داشت (جدول ۴). در تحقیق مطلبی و رسائی (۲۰۱۴) بر روی گیاه ژربرا مشخص گردید که بیشترین میزان رشد رویشی، وزن تر و خشک ریشه، طول ریشه و تعداد گل در بستر کوکوپیت: خاک برگ دیده شد. این نتایج را می-توان به ویژگی‌های فیزیکی مناسب کوکوپیت مانند تخلخل مناسب وظرفیت نگه داری رطوبت بالا نسبت داد. احتمالاً کوکوپیت در ترکیب با سایر مواد محیط مناسبی برای تأمین آب و عناصر غذایی گیاه فراهم کرده است (نوگرا و همکاران ۲۰۰۰).

**جدول ۴-مقایسه میانگین اثر سال بر برخی صفات رشدی و عملکردی سیب‌زمینی**

| سال اجرای آزمایش | درصد ماده خشک | وزن خشک بوته (g) | تعداد غده در بوته | شاخص برداشت غده تر | کلروفیل b | کلروفیل (a+b) | کاروتنوئید | عملکرد کوانتوم فتوسنتزی Fv/fm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| اول | ۱۴/۹۰ a | ۴۷/۳۶a | ۷/۵۶a | ۸۴/۲۹a | ۱/۴۸a | ۳/۴a | ۰/۹۲b | ۰/۸۸b |
| دوم | ۱۶/۸۵ b | ۸/۳۱b | ۵۴/۹۷b | ۸۲/۶۹a | ۱//۳۱b | ۳/۳۱b | ۱/۰۶a | ۰/۹۳a |

**تعداد غده در بوته**

بیشترین تعداد غده در بوته در تیمار T14 (کوکوپیت+ سوپرفسفات خاکی + کیتوزان) با میانگین۱۰/۲۲ و تیمار T13 (کوکوپیت+ سوپرفسفات خاکی+ کیتوزان+ پلیمر سوپرجاذب) با میانگین ۱۰/۱۶ عدد به دست آمد که به ترتیب افزایش۹/ ۲۹و ۲۶/۴۷ درصدی در مقایسه با تیمار شاهد داشتند، همچنین تیمارهای T6، T7، T8، T5، T12، T16، T17، T2 و T1 با بیشترین وزن تر غده در بوته در گروه مشترک قرار گرفتند. کمترین میانگین صفت مربوط به تیمار T4 (زئولیت+ پوشش سوپرفسفات) با میانگین ۵/۸۲ عدد بود (جدول ۳). بیشترین تعداد غده در سال دوم با میانگین ۸/۳۱ عدد به دست آمد که در مقایسه با سال اول افزایش۹/۰۲ درصدی داشت (جدول ۴).

همچنین بیشترین عملکرد غده تر در تیمار T14 (کوکوپیت+ سوپرفسفات خاکی + کیتوزان) با میانگین ۲۲/۵۴ تن در هکتار بدست آمد که در مقایسه با شاهد افزایش ۳۳/۸۹ درصدی را داشت. تیمارهای T1، T2 و T4 به ترتیب با میانگین های ۱۸/۷، ۱۸/۲۴ و ۱۷/۸۴ تن در هکتار با بیشترین عملکرد غده سوپرالیت سیب‌زمینی در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۳). اسپکت و هاروی (۲۰۰۰) درمطالعه بر روی لوبیا قرمز مشاهده کردند که غلظت بالاتر سوپرجاذب قادر است میزان برخی از صفات همچون اجزای عملکرد، طول غلاف، تعداد دانه در غلاف، تعداد غلاف در بوته و شاخص برداشت را به طور معنی‌داری افزایش می‌دهد. نتایج این آزمایش با نتایج پوراسماعیل و همکاران (۲۰۱۰) بر روی ارقام مختلف لوبیا قرمز مطابقت داشت. طبق نتایج این محققین بامصرف سوپرجاذب با غلظت هفت درصد عملکرد دانه در ارقام مختلف لوبیا قرمز، افزایش پیدا کرد. از طرفی افزایش عملکرد دانه تحت تاثیر غلظت بالای کیتوزان احتمالاً به دلیل جذب بیشتر و تاثیر آن بر تحریک فرایند-های فیزیولوژیکی، بهبود رشد رویشی و افزایش تثبیت $CO_2$ می‌باشد. نتایج برخی گزارش‌ها نشان می‌دهد که مصرف کیتوزان در گیاهان سویا (لوئان و همکاران ۲۰۰۶) و برنج (نیتار و همکاران ۲۰۰۴) سبب افزایش عملکرد دانه گردید.

**شاخص برداشت غده**

نتایج تجزیه تحلیل داده‌های آزمایش نشان داد که پلتینگ غده‌چه‌های سیب‌زمینی تاثیر معنی‌داری بر شاخص برداشت نگذاشت، اما در مقایسه بین سال‌های اجرای آزمایش، سال اول دارای بیشترین میانگین شاخص برداشت (۸۴/۲۹ درصد) بود که افزایش جزئی

(۱/۸۹ درصدی) در مقایسه با سال دوم داشت (جدول ۴).

**رنگدانه‌های فتوسنتزی**

نتایج نشان داد که تیمار غده‌چه سیب‌زمینی با (زئولیت+ پوشش سوپرفسفات+ کیتوزان+ پلیمرسوپرجاذب) T1 منجر به افزایش میزان کلروفیل a، b و کلروفیل کل گردید که در مقایسه با شاهد به ترتیب افزایش ۲۱/۹۲، ۳۴/۴۰ و۲۳/۹۲ درصدی را نشان داد. همچنین تیمارهای T11، T6 وT14 با میانگین‌های به ترتیب ( ۱/۶۴، ۱/۶۰ و ۱/۵۶ میلی گرم بر گرم وزن تر) بعد از تیمار T1 بیشترین میزان کلروفیل b را نشان دادند. همچنین کمترین میزان کلروفیل a، b و کل در تیمارهای T4 با میانگین (۲/۷۸)، T9 با میانگین (۱/۶۰) و تیمار T15 با میانگین (۱/۵۷ میلی گرم بر گرم وزن تر) را به خود اختصاص دادند(جدول۳). در مقایسه میانگین اثر سال مشاهده گردید که بیشترین میزان کلروفیل b و کل (a+b) در سال دوم با میانگین ۱/۴۸ و ۳/۴۰ میلی‌گرم بر گرم وزن تر به دست آمد که در مقایسه با سال اول به ترتیب افزایش ۱۱/۴۸ و ۲/۶۴ درصدی داشتند (جدول ۴).

محتوی کلروفیل در برگ‌ها شاخص مهمی در تعیین میزان فتوسنتز است (کوجا و همکاران ۲۰۰۷). سوپرجاذب در شرایط تنش خشکی سبب افزایش محتوای کلروفیل و پایداری غشای سیتوپلاسمی در گیاه ذرت، ریحان و آفتابگردان شد (سیدی وهمکاران ۲۰۱۴). کود دامی سبب افزایش مقدار کلروفیل a وb در گیاه بابونه در شرایط تنش خشکی شد (احمدیان و همکاران ۲۰۱۰) سوپرجاذب به‌عنوان یک ماده جذب کننده آب وسایر محلول‌ها عمل کرده در نتیجه باعث افزایش مقدار کلروفیل می شود(دهباشی و همکاران ۲۰۱۴). همچنین کیتوزان می‌تواند با افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی و حفظ آنها تحت شرایط تنش شوری و فعال نمودن فعالیت تعدادی از آنزیم‌ها نظیر سوپر اکسید دیسموتاز و کاتالاز، مقاومت گیاه را در شرایط تنش افزایش می‌دهد (مهدوی و رحیمی ۲۰۱۳). کیتوزان می‌تواند فتوسنتز، رشد گیاه، تحریک جذب مواد غذایی، جوانه‌زنی و سبز شدن گیاهانی از قبیل پنبه، ذرت، سیب‌زمینی، سویا، چغندرقند، گوجه-فرنگی و گندم را از طریق تاثیر بر رشد ریشه، افزایش سطح برگ، افزایش فعالیت آنزیم‌های مؤثر در جوانه‌زنی افزایش دهد (اسمایلی و همکاران ۲۰۱۴؛ دیپمالا و همکاران ۲۰۰۲). همچنین محققان اعلام کردند که کاربرد کیتوزان باعث کاهش اثر منفی تنش خشکی بر کلروفیل و افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی در گیاه انگور گردید (گورنیک ۲۰۰۸) که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد.

**کاروتنوئید**

نتایج مقایسات میانگین نشان داد که بیشترین میزان کاروتنوئید در T13 (کوکوپیت+ سوپرفسفات خاکی+ کیتوزان) با میانگین ۱/۱۶ مشاهده گردید که نسبت به تیمار شاهد افزایش ۱۸/۱۰ درصدی را داشت و تیمارهای T12 ، T3، T16، T3 و T12 با میانگین های (۱/۰۹، ۱/۰۸، ۱/۰۶، ۱/۰۵ و ۱/۰۵ میلی گرم بر گرم وزن تر) با بیشترین مقدار کاروتنوئید در یک گروه آماری قرار گرفتند. کمترین میزان کاروتنوئید مربوط به تیمار T6 با میانگین ۰/۸۴ میلی‌گرم بر گرم بافت تر بدست آمد (جدول۳). همچنین بیشترین میزان کاروتنوئید در سال دوم با میانگین ۱/۰۶ میلی‌گرم بر گرم بافت تر بدست آمد (جدول۴). لیمپارچ و همکاران (۲۰۰۸) دریافتند، کیتوزان در افزایش محتوی کلروفیل نقش دارد و میتواند بیان ژن کلروپلاست برگ را تحت تأثیر قرار دهد، به‌طوریکه موجب تغییرات در اندازه و توسعه کلروپلاست گردد. در همین راستا نتایج برخی تحقیقات نشان داد که مصرف کیتوزان باعث افزایش کلروفیل a، b ، کل و کاروتنوئید گردید (شیخا و الملکی ۲۰۱۱؛ دانگ و همکاران ۲۰۱۱).

**بیشینه عملکرد کوانتومی فتوسیستم II (Fv/Fm)**

نسبت فلورسانس متغیر به حداکثر فلورسانس (Fv/Fm) نشان‌دهنده پتانسیل یا بیشینه عملکرد کوانتومی فتوسیستمII می‌باشد (ژاو و همکاران ۲۰۰۷). بالاترین عملکرد کوانتومی فتوسیستم II در تیمار T11 (زئولیت + سوپرفسفات خاکی + پلیمر سوپرجاذب) با میانگین ۱/۰۸ بود که در مقایسه با تیمار شاهد (عدم پلیتینگ) افزایش ۲۱/۲۹ درصدی نشان داد و پس از آن تیمارهای T5 ، T3،

T8 وT6 با میانگین‌های (۱/۰۴، ۱/۰۱، ۱ و ۰/۹۹) بیشترین نسبت را به خود اختصاص دادند و کمترین میانگین این صفت مربوط به تیمار T16 (کوکوپیت+ پوشش سوپرفسفات+ کیتوزان+ پلیمر سوپرجاذب) با میانگین ۰/۷۸ بود (جدول ۳). بیشینه عملکرد کوانتومی فتوسیستم II در سال دوم آزمایش افزایش ۵/۳۷ درصد در مقایسه با سال اول داشت (جدول ۴). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت استفاده از مواد جاذب رطوبت مثل زئولیت و پلیمر سوپرجاذب در پوشش غده‌چه آب بیشتری در اختیار غده‌چه قرار داده و سبب افزایش عملکرد کوانتومی گردید. که با نتایج آزمایش محمودی و افکاری(۲۰۲۰) که کاربرد پلیمر سوپرجاذب سبب افزایش عملکرد کوانتومی در گندم گردید. مطابقت دارد.

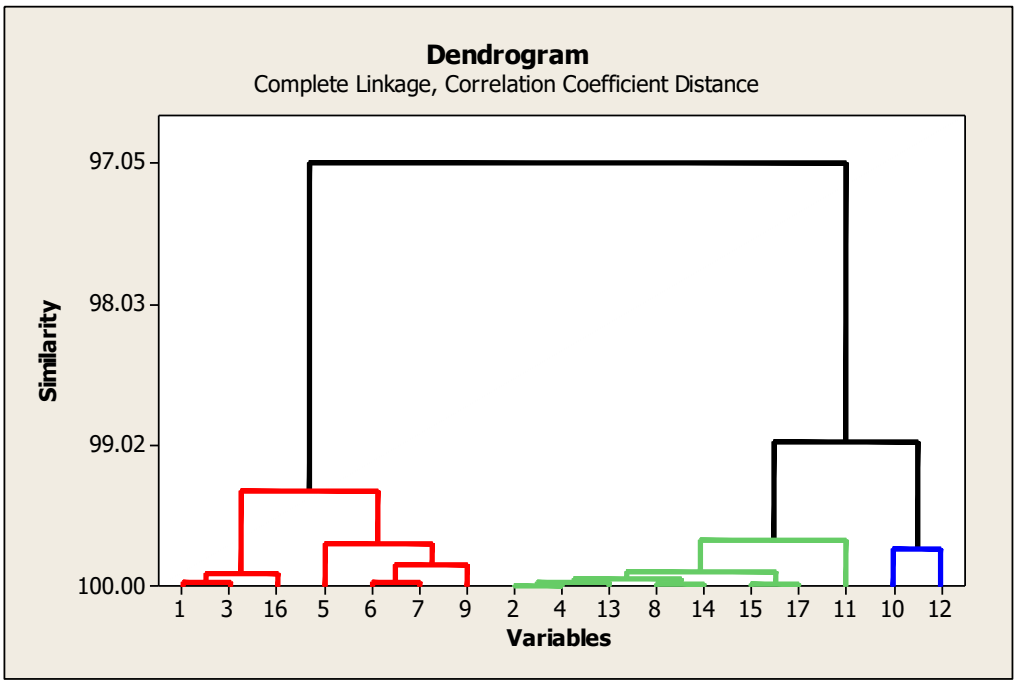
**عملکرد پروتئین**

نتایج تجزیه و تحلیل داده‌های به دست آمده نشان داد که بیشترین عملکرد پروتئین (۱۸۸/۳۲ کیلوگرم در هکتار) در تیمار T5 (زئولیت+ سوپرفسفاتخاکی+ کیتوزان+ پلیمرسوپرجاذب) به دست آمد که افزایش ۵۲/۶۲ درصدی در مقایسه با تیمار شاهد(عدم پلتینگ) داشت و همچنین در گروه مشترک با تیمارهای T1، T3،T16، T6و T9 قرار داشتند. کمترین میانگین عملکرد پروتئین غده در تیمار T10 (کوکوپیت+ پوشش سوپرفسفات+ کیتوزان) با میانگین ۷۲/۹ کیلوگرم در هکتار به دست آمد (جدول۳). به نظر می‌رسد به کاربردن زئولیت از طریق جلوگیری از اتلاف نیتروژن چه در توده کودی و یا در خاک توانسته نیتروژن بیشتری در اختیار گیاه قرار دهد و با افزایش مصرف نیتروژن، پروتئین غده را افزایش دهد. هر گونه اثرگذاری بر جذب وسوخت و ساز نیتروژن میتواند اثر مستقیم بر سرعت سنتز اسید نوکلئیک و پروتئین‌ها به همراه داشته باشد (دانشیان ۲۰۰۹) در مطالعه ای بر روی تاثیر پلیمر سوپرجاذب و کود دامی بر خواص کمی و کیفی گیاه سویا مشاهده گردید که کاربرد پلیمر سوپرجاذب و کود دامی باعث افزایش عملکرد پروتئین نسبت به تیمار شاهد شد (روستایی و همکاران ۲۰۱۲).

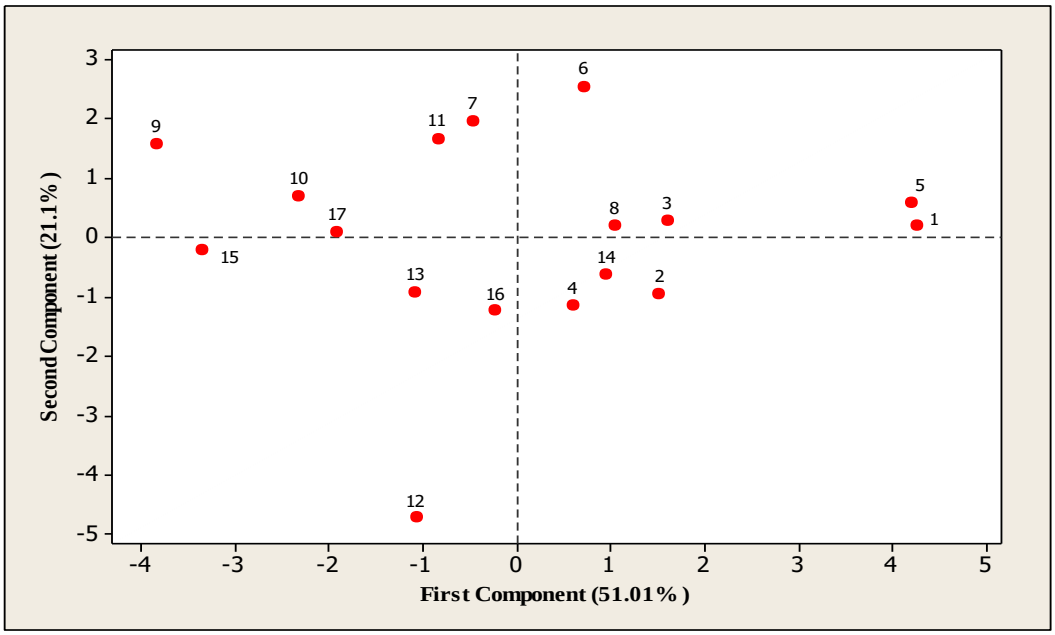
نتایج همبستگی ساده بین صفات رشدی، عملکردی، فیزیولوژیکی و کیفی در جدول۵ ارائه شده است. براساس نتایج به‌دست آمده، عملکرد تر غده با صفات درصد ماده خشک، وزن تر بوته، وزن خشک بوته و تعداد غده همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت و شاخص برداشت با قطر ساقه، وزن خشک بوته، تعداد و عملکرد غده همبستگی منفی و معنی‌دار داشتند. عملکرد پروتئین به‌عنوان صفت مهم کیفی در سیب‌زمینی با صفات همچون کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل، بیشینه عملکرد کوانتومی فتوسیستم II (Fv/Fm) ، درصد ماده خشک و وزن خشک بوته همبستگی مثبت و معنی‌دار و با صفات تعداد غده و شاخص برداشت همبستگی منفی و معنی دار داشت (جدول ۵).

به‌منظور خلاصه کردن تعداد تیمارهای آزمایشی و همچنین تعیین مؤثرترین ترکیب تیماری، گروه‌بندی ترکیبات تیماری(تجزیه خوشه‌ای) انجام شد که نتایج آن در شکل ۱ ارائه شده است. براساس نتایج به‌دست آمده،۱۷ تیمار مورد آزمایش در سه کلاستر دسته‌بندی شدند که کلاستر اول شامل شش ترکیب تیماری (T1، T3، T5، T7، T9، T16)، کلاستر دوم شامل هشت ترکیب تیماری (T2، T4، T5، T13، T25، T8، T14، T15، T17، T11) و کلاستر سوم شامل دو ترکیب تیماری (T10، T12) بودند. کلاستر اول از نظر صفات فیزیولوژیکی (از جمله قطر ساقه، درصد ماده خشک، کلروفیلa، کلروفیل b، کلروفیل کل(a+b)، عملکرد کوانتوم و عملکرد پروتئین) وکلاستر دوم شامل صفات عملکردی (وزن تر بوته، وزن خشک بوته، تعداد غده و عملکرد غده) که تیمار شاهد نیز در این کلاستر قرار گرفت و کلاستر سوم (شاخص برداشت و کارتنوئید) دارای بیشترین ضرایب بودند(شکل۱). به‌منظور درک بهتر همبستگی بین صفات و تعیین صفات مهم، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی انجام شد که نتایج آن در شکل 2 ارائه شده است. نتایج نشان داد که مؤلفه اول حدود ۵۱ درصد از تغییرات با آن قابل توجیه بود نماینده صفات قطر ساقه، درصد ماده خشک، تعداد غده، کلروفیل a ، کلروفیلb ، کلروفیل کل(a+b) و عملکرد پروتئین غده بود و مؤلفه دوم که ۲۱ درصد از تغییرات را شامل شده بود نماینده صفات وزن تر بوته،

وزن خشک بوته و عملکرد غده بود. با توجه به نتایج به دست آمده مؤلفه اول را مؤلفه فیزیولوژیکی و مؤلفه دوم را مؤلفه عملکردی می‌توان نام‌گذاری کرد که در مجموع ۷۶ درصد از تغییرات را توجیه می‌نمایند. نتایج تجزیه به مولفه های اصلی، نتایج تجزیه خوشه ای را تایید کرد چراکه دو مولفه بیشتر از ۷۶ درصد تغییرات را توجیه می کنند.




**شکل ۱- گروه‌بندی ترکیب تیمارهای پلت کردن غده‌چه‌های سیب‌زمینی**

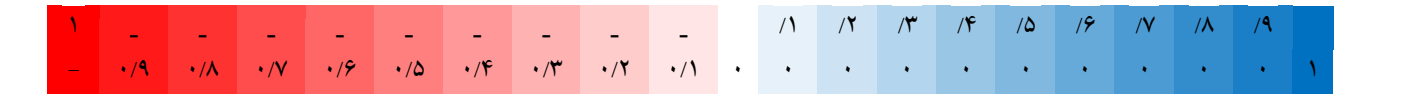



**شکل ۲- تجزیه به مؤلفه‌های اصلی صفات غده‌چه‌های پلت شده سیب‌زمینی**

۱: قطر ساقه ۲: درصد ماده خشک، ۳: وزن تر بوته ۴: وزن خشک بوته، ۵: تعداد غده، ۶: عملکرد غده تر، ۷: شاخص برداشت، ۸: کلروفیلa ، ۹ : کلروفیل b 10: کلروفیل کل، ۱۱: کارتنوئید ۱۲ :fv/fm13: عملکرد پروتئین

**جدول ۵- ضرایب همبستگی ساده (پیرسون) بین صفات غده سیب‌زمینی تحت تأثیر تیمارهای مختلف پلت بذر**

| | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ | ۶ | ۷ | ۸ | ۹ | ۱۰ | ۱۱ | ۱۲ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۲ | ۰/۰۷ | | | | | | | | | | | |
| ۳ | ۰/۱۵ | -۰/۰۲ | | | | | | | | | | |
| ۴ | ۰/۱۷ | ۰/۳۱ | ۰/۹۴ | | | | | | | | | |
| ۵ | ۰/۰۲ | ۰/۱۸ | ۰/۱۸ | ۰/۲۱ | | | | | | | | |
| ۶ | ۰/۱۵ | -۰/۰۲ | ۱ | ۰/۹۴ | ۰/۱۸ | | | | | | | |
| ۷ | -۰/۰۸ | -۱ | ۰/۰۱ | -۰/۳۲ | -۰/۱۹ | ۰/۰۱ | | | | | | |
| ۸ | ۰/۱ | ۰/۰۸ | -۰/۰۳ | ۰/۰۲ | -۰/۱۹ | -۰/۰۳ | -۰/۰۸ | | | | | |
| ۹ | ۰/۳۱ | -۰/۰۲ | ۰/۱ | ۰/۱۲ | -۰/۱۲ | ۰/۱ | ۰/۰۲ | ۰/۴۴ | | | | |
| ۱۰ | ۰/۲ | ۰/۰۷ | ۰/۰۱ | ۰/۰۵ | -۰/۱۹ | ۰/۰۱ | -۰/۰۷ | ۰/۹۳ | ۰/۷۳ | | | |
| ۱۱ | -۰/۲۹ | ۰/۰۴ | ۰/۰۳ | ۰/۰۱ | ۰/۲۱ | ۰/۰۳ | -۰/۰۵ | ۰/۰۳ | -۰/۶۷ | -۰/۲۷ | | |
| ۱۲ | ۰/۲۸ | ۰/۵۵ | -۰/۰۳ | ۰/۱۶ | ۰/۱۹ | -۰/۰۳ | -۰/۵۶ | ۰/۱ | ۰/۱ | ۰/۱۲ | -۰/۱۶ | |
| ۱۳ | ۰/۱۳ | ۰/۳۹ | ۰ | ۰/۱۵ | -۰/۱۲ | ۰ | -۰/۴ | ۰/۳۵ | ۰/۲۸ | ۰/۳۸ | -۰/۰۹ | ۰/۴۷ |




همبستگی مثبت بدون همبستگی همبستگی منفی

۱: قطر ساقه ۲: درصد ماده خشک، ۳: وزن تر بوته ۴: وزن خشک بوته، ۵: تعداد غده، ۶: عملکرد غده تر، ۷: شاخص برداشت، ۸: کلروفیل a، ۹: کلروفیل b ۱۰: کلروفیل کل، ۱۱: کارتنوئید ۱۲: fv/fm ۱۳: عملکرد پروتئین

## نتیجه‌گیری

درحالت کلی پلت‌کردن غده‌چه‌ها با کوکوپیت، زئولیت، کیتوزان و پلیمر سوپرجاذب منجر به افزایش صفات رشدی و عملکردی از جمله افزایش قطر ساقه، وزن تر بوته، وزن خشک بوته، تعداد و عملکرد غده تر گردید. همچنین کاربرد کود سوپرفسفات در خاک نسبت به کاربرد پوششی آن در اکثر صفات نتایج بهتری را نشان داد. در مورد تاثیر پرکننده ها(زئولیت یا کوکوپیت) هر دو به یک نسبت اثر مطلوبی بر رشد و عملکرد گیاه داشتند. همچنین اثر کیتوزان و پلیمر سوپرجاذب بر صفاتی از قبیل کلروفیل a ، b، کل (a+b) و کاروتنوئید غالب بود و منجر به افزایش این صفات گردید. در مورد عملکرد پروتئین کاربرد زئولیت ، کیتوزان و پلیمر سوپرجاذب در پلتینگ غده‌چه منجر به افزایش عملکرد پروتئین گردید. به طور کلی پلت کردن با ترکیبات مختلف مورد آزمایش در این پروژه در مقایسه با عدم پلتینگ نتایج بسیار مطلوبی را به همراه داشت و منجر به افزایش صفات رشدی و عملکردی گردید. همچنین در مقایسه دو سال به طور کلی سال اول از سال دوم عملکرد بهتری را نشان داد.

## سپاسگزاری

مولفین بر خود وظیفه می‌دانند از رئیس مرکز تحقیقات کشاورزی استان اردبیل آقای دکتر حسین کربلایی که در اجرای این تحقیق همکاری و مساعدت نمودند، کمال تشکر و قدردانی را داشته باشد.

**منابع مورد استفاده**

Ahmadian AA, Ghanbari BA ,Syasr M, Heydari M, Ramroudi M and Mousavi Nick SM. 2010. Residual effects of chemical and animal fertilizers and compost on yield, yield components physiological characteristics and essential oil content of matricaria *chamommilla L*. under drought stress conditions. Iranian Journal of Field Crop Research, 8(4): 668-676. (In Persian)

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

Arnon DL. 1994. Copper enzymes in isolated chloroplasts, polyphenol oxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiology, 24:1-15

Asagi N, Ueno H, Sekiya H and Ogiwara H. 2008. Establishment of rice seedlings by direct sowing of multiple seed pellets on paddy soil covered with legume living mulch. Plant Production Science, 11: 361–365.

Basso B and Ritchie JT. 2005. Impact of compost, manure and inorganic fertilizer on nitrate leaching and yield for a 6 year maize- alfalfa rotation in Michigan. Agriculture, Ecosystems & Environment, 108:329-341.

Daneshian J, Hadi H and Jonoubi P.2009. Study of quantitative and quality characteristics of soybean genotypes in deficit irrigation conditions. Iranian Journal of Crop Sciences, 11 (4):393-409.(in Persian).

Dehbashi S, Ladanmoghadam RA and Ghafourian A. 2014. The effect of superabsorbent in reducing drought stress on some physiological traits of marigold (Tagetes marigoid). Journal of Plant Environmental Physiology, 3: 72-81. (In Persian).

Deepmala K, Hemantaranjan A, Bharti S and Nishant Bhanu A. 2014. A future perspective in crop protection: chitosan and its oligosaccharides. Advances in Plants and Agriculture Research, 1 (1): 23-30.

Eshghi S, Mahmoodabadi MR, Abdi GR and Jamali B. 2010. Zeolite ameliorates the adverse effect of cadmium contamination on growth and nodulation of soybean plant (*Glycine max* L.). Journal of Biodiversity and Environmental Sciences, 4(10):43-50.

Ewing EE. 1997. The Physiology of vegetable crops. CAB International. United Kingdom. Pp. 295-344.Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2015. Statistical Pocketbook, World Food and Agriculture. Accessed March 18, 2016. http://www.fao.org/3/a-i4691e.pdf

Ferrel RE, Fellers DA and Shepherd AD. 1969. Determination of free Lysineand Methioninein Amino acid-Forttified Wheat. Cereal Chemistry, 46: 614-620.

Gornik K, Grzesik M and Duda BR. 2008. The effect of chitosan on rooting of grapevine cuttings and on subsequent plant growth under drought and temperature stress. Journal of Fruit and Ornamental Plant Research, 16: 333-343.

Hassanpanah, D. and Azimi, J. 2011. Mini-tuber production potential of potato cultivars in repeated and conventional harvesting under in vivo condition. Journal of Food, Agriculture and Environment, 9(1): 398-403.

Koch E, Dittmann W, Lipa A, Menzel J, Necovar A, Van Vlieth A and Zach S. 2007. COST Action 725. Applications: Overview and erste ergebnisse. Proceedings of the Meteorologentagung, Hamburg, 10-14 September. COST 725, http://topshare. wur.nl/cost725.

Li X, He JZ, Hughes JM, Liu YR, Zheng YM, 2014. Effects of Super-absorbent Polymers on a soil-corn system in the field. Applied soil Ecology, 73: 58-63.

Limpanavech P , Chaiyasuta S, Vongpromek R, Pichyangkura R, Khunwasi C and Chadchawan S. 2008. Chitosan effects on floral production, gene expression, and anatomical changes in the Dendrobium orchid. Scince Horticulture, 116: 65-72.

Luan LQ, Nagasawa N and Tamada M. 2006. Enhancement of plant growth activity of irradiated chitosan by molecular weight fractionation. Radioisotopes, 55: 21–27.

LommenWJM and Struik PC. 1995. Field performance of potato minitubers with different fresh weights and conventional seed tubers: Multiplication factors and progeny yield variation. Potato Research, 38(2):159–169.

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 Bioscience,7: 69-76.

Mahmoudi H and Afkari A. 2020. Physiological traits of wheat in drought stress conditions. Crop Physiology Journal,

46(12): 131-147.(in Persian).

Mei1 J, Wang W, Shaobing P and Lixiao N.2017. Seed pelleting with calcium peroxide improves crop establishment of direct-seeded rice under waterlogging conditions. Scientificreports. Pp:16.

Mumpton F. 1999. La roca magica: Uses of natural zeolite in agriculture and industry. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 96: 3467-3470.

Nitar N, Chandrkrachang S and Stevens SW. 2004. Application of chitosan in Myanmar's agricultural sector. In proceedings of sixth asia-pacific: chitin and chitosan symposium, Singapore.

Noguera P, Abad M, Noguera V, Puchades R, and Maquieia E. 2000. Coconut coir waste, a new and ecologically-friendly peat substitute. International Society for Horticultural Science, 517, 279-286.

Pouresmail P, Habibi D, Tvasoli A, Zahedi H and Touhidi moghadam H. 2010. The Effect of Water Super Absorbent Polymer on Agronomic and Physiological characters of Redrought stress in greenhouse condition. d Bean varities under and Water Consumption Efficiency of Different Cultivars under Drought Stress under Greenhouse Condition. Plant and Ecosystem, 5(21): 75-91.

Polat E, Karaca M, Demir H and Naci Onus, A, 2004. Use of natural zeolita (clinoptilolite) in agriculture. Journal of Fruit and Ornamental Plant Research, 12:183-189.

Ravichandran G, Venkatasalam E, Muthuraj R and 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.

Verma R and Mehta DK.2019. Effect of seed pelleting and integrated nutrient management on seed quality of bell pepper (*Capsicum annuum L.*). International Journal of Chemical Studies, 7(1): 1419-1423.

Roustaie kh. Movahedi Dehnavi M. Khadem SA and Owliaie HR. 2012. Effect of different super absorbent polymer and animal manure ratios on the quantitative and qualitative characteristics of soybean under drought stress. Journal of Crops Improvement.Tehran. Iran. Pp.33-42.(in Persian).

Rykaczewska K. 2016. The potato minituber production from microtubers in aeroponic culture. Plant, Soil and Environment, 62(5): 210-214.

Ryu CHM, Jinwoo K, Okhee Ch, a, Seuk Hyun K and Chang Seuk P. Improvement of biological control capacity of Paenibacillus polymyxa E681 by seed pelleting on sesame. 2006. Biological Control, 39 :282–289

Seydi M, Safarinya H, Ghanbari F, and Sayari M. 2014. Evaluation of physiological indices of tomato plant under different irrigation intervals and super absorbent polymer A200. Journal of Crop Production and Processing, 12: 335-346. (In Persian).

Sheikha SA and AL-Malki FM. 2011. Growth and chlorophyll responses of bean plants to the chitosan applications. European Journal of Scientific Research, 50(1): 124-134.

Smiley R, Cook RJ, and Pauliz T. 2002. Seed treatment for sample grain cereals. Oregon State University, Pp: 87-97

TaylorAG, Allen PS, Bennet MA, Bradford KJ, Burris JS and Misra MK. 1998. Seed enhancements. Seed Science Research, 8:245-256.

Wijesinha-Bettoni R and Mouille B. 2019.The Contribution of Potatoes to Global Food Security, Nutrition and Healthy Diets. American Journal of Potato Research, 96: 139-149.

Wróbel S. 2014. Assessment of possibilities of microtuber and in vitro plantlet seed multiplication in field conditions. Part 1: PVY, PVM and PLRV Spreading. American Journal of Potato Research, 91: 554–565.

Zahedi H and Tohidi Moghadam HR. 2011. Effect of drought stress on antioxidant enzymes activities with zeolite and selenium application in canola cultivars. Research on Crops Journal, 12(2): 388-392.

Zhao GQ , Ma BL and Ren CZ. 2007. Growth, Gas Exchange, chlorophyll fluorescence, and ion content of naked oat in response to salinity. Journal of Crop Scince, 41: 123-131.