

Humic priming of Agria potato seedlings for production of seed minitubers

Shamsaldin Vahid Tazeh-Kand¹, Reza Shahryari^{2*}

1- M.Sc. Graduate, Department of Agriculture, Ardabil Branch, Islamic Azad University, Ardabil, Iran

2- Assistant Professor, Department of Agriculture, Ardabil Branch, Islamic Azad University, Ardabil, Iran

*Corresponding author: rshbio@gmail.com

(Received: 12 April 2023

Revise: 02 July 2023

Accepted: 12 August 2023)

Extended Abstract

- 1. Introduction:** Potato (*Solanum tuberosum* L.) is one of the main crops for food security in the world. This plant has a cultivated area of more than 16 million hectares and a production of 360 million tons per year. This plant is propagated sexually (true potato seeds (TPS)), and asexually (tuber formation), but for commercial purposes mainly seed tubers are used. The most important issue for the production of agricultural plants is the choosing appropriate method to propagate them (Rashtian et al., 2024). Minitubers are used to prevent diseases and pests and increase product yield (Askari et al., 2023). Minitubers are small seed potato tubers that are obtained from seedlings propagated in laboratory conditions. Minituber production is one of the important methods of potato seed production and has created a bridge between rapid propagation of seedlings in glass and field propagation of seed tubers all over the world (Struik et al., 2006). Various agricultural factors, including the type of variety and the type and amount of fertilizer used in plant nutrition, can affect the quantity and quality of tubers produced (Bolandi and Hamidi, 2017). In recent decades, agriculture based on the use of biological fertilizers has been considered with the aim of eliminating or significantly reducing the consumption of chemical inputs. In sustainable agricultural systems, the use of biological fertilizers is of particular importance in increasing the quality yield (Barzegari Barogh et al., 2023). Among the organic fertilizers that are used in agriculture today is humic (Sardashti and Mohammadian Moghadam, 2016). Humic matter is a natural polymer and is extracted from various sources such as soil, humus, peat, oxidized lignite (Sebahattin and Necdet, 2005). In this experiment, effect of pretreatment of potassium humate in different time levels investigated on production of potato seed minitubers.
- 2. Materials and Methods:** The efficiency of potassium humate consumption levels through pretreatment times for potato seed minitubers cv. Agria was conducted as an experiment at greenhouse of Behparvar Sabalan Company in Ardabil. A factorial experiment was carried out based on completely randomized design with three replications. Treatments including were powder potassium humate fertilizer levels (0, 0.25, 0.5, 0.75, 1, 1.25 and 1.5 g/ L) and time of pretreatment levels (0, 3, 6, 9 and 12 hours). Plant fresh weight, dry weight, plant height, compound leaves number, the average number of minituber per pot, the average number of minituber per seedling, average minituber weight, and average minituber diameter traits were studied. Data were analyzed using SAS version 9.4 software and means comparison was done through the Least Significant Difference at five percent probability level.
- 3. Results and Discussion:** Analysis of variance showed that the interaction of potassium humate levels and pretreatment time levels on fresh and dry weight, plant height and numbers of compound leaves were significant at 5% probability level. The best treatment combination for fresh and dry weight was 1.5 g/l potassium humate consumption by 12 hours of pretreatment. In term of plant height, the lowest value was obtained in the combined treatments 0.5 g/l potassium humate without pretreatment, also by treatments combined with 12 hours pretreatment and consumption of 1.5 g/l of potassium humate, the highest number of compound leaves was observed. The average number of minituber per pot and seedling, average minituber weight and diameter minituber significantly affected by potassium humate levels and pretreatment levels at 1% probability level. 1.25 and 1.5 g/L consumption of potassium humate led to a significant increase in the number of minituber per pot compared to control, as well as

the highest attribute was from 12 hours pretreatment. The highest average number of minitubers per seedling was obtained from consumption 1.5 g/l of potassium humate and 12 hours pretreatment had the highest value of this trait. In the absence of potassium humate consumption, average minituber weight was the lowest value, while the highest value was in 1.5 g/l of potassium humate.

- 4. Conclusion:** Increasing of the pretreatment duration with potassium humate caused significant improvement in minituber number and weight compared to control. It concluded that pretreatment of Agria potato seedlings with potassium humate before culture in greenhouse affected significantly positive effect on number and weight of potato seed minitubers, and this effect increased by more times pretreatment in high concentrations of potassium humate.

Keywords: Humic acid, Seed, Minituber, Seedling.

Citation: Vahid Tazeh-Kand, Sh. & Shahryari, R. (2025). Humic priming of Agria potato seedlings for production of seed minitubers. *Journal of Vegetables Sciences*, 16(2), 167-182. doi:10.22034/iuvs.2023.1999972.1279

Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to Journal of Vegetables Sciences. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>).





اثر هیومیک پرایمینگ گیاهچه‌های سیب‌زمینی آگریا برای تولید غده‌چه‌های بذری

شمس‌الدین وحید تازه‌کنند^۱ و رضا شهریاری^{۲*}

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد زراعت، گروه کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، اردبیل، ایران

۲- استادیار گروه کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، اردبیل، ایران

*نویسنده مسئول: rshbio@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۵/۲۱

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۴/۱۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۱/۲۳

چکیده

به منظور بررسی کارایی خیساندن گیاهچه‌های سیب‌زمینی رقم آگریا در غلظت‌های مختلف هیومات پتاسیم در طی زمان‌های مختلف برای تولید غده‌چه‌های بذری، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایشی غلظت‌های مختلف هیومات پتاسیم (صفر، ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵، ۱، ۱/۲۵ و ۱/۵ گرم در لیتر) و سطوح مختلف مدت زمان پیش‌تیمار (صفر، ۳، ۶، ۹ و ۱۲ ساعت) بود. اثر متقابل غلظت هیومات پتاسیم و مدت زمان پیش‌تیمار روی صفات وزن تر و خشک بوته، ارتفاع بوته و تعداد برگ مرکب معنی‌دار شد. مصرف ۱/۲۵ و ۱/۵ گرم در لیتر هیومات پتاسیم منجر به افزایش معنی‌دار میانگین تعداد غده‌چه در هر گلدان نسبت به تیمار شاهد شد، همچنین بیشترین مقدار این صفت از پیش‌تیمار ۱۲ ساعته به دست آمد. بالاترین میانگین تعداد غده‌چه در گیاهچه با مصرف ۱/۵ گرم در لیتر هیومات پتاسیم به دست آمد و ۱۲ ساعت پیش‌تیمار نیز منجر به ثبت بیشترین میزان این صفت شد. بالاترین میانگین وزن غده‌چه‌ها با مصرف ۱/۵ گرم در لیتر هیومات پتاسیم به دست آمد. افزایش مدت زمان پیش‌تیمار کردن باعث بهبودی معنی‌دار در میانگین وزن غده‌چه‌های بذری نسبت به شاهد شد. پیش‌تیمار کردن گیاهچه‌های سیب‌زمینی با هیومات پتاسیم می‌تواند اثر مثبت و معنی‌داری روی تعداد و وزن غده‌چه‌های سیب‌زمینی بذری داشته باشد و هر چه مدت زمان بیشتری برای پیش‌تیمار کردن سپری شود، این تاثیر بیشتر می‌شود.

واژه‌های کلیدی: هیومیک اسید، بذر، مینی تیوبر، گیاهچه.

استناد: وحید تازه‌کنند، ش. و شهریاری، ر. (۱۴۰۳). اثر هیومیک پرایمینگ گیاهچه‌های سیب‌زمینی آگریا برای تولید غده‌چه‌های بذری. علوم سبزی‌ها، ۱۶(۲)، ۱۸۲-۱۶۷.

حق چاپ:



حق چاپ برای نویسنده (گان) این مقاله محفوظ است. بر اساس قوانین انتشارات با دسترسی آزاد، تمام مطالعات چاپ شده در این مجله به صورت آزاد در وب سایت مجله برای عموم بدون پرداخت هزینه قابل دسترس است.

مقدمه

(Roodbar Shojaei *et al.*, 2007). در نظام‌های کشاورزی پایدار کاربرد کودهای زیستی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و کشاورزی بر پایه مصرف کودهای زیستی با هدف حذف یا کاهش قابل ملاحظه در مصرف نهاده‌های شیمیایی مورد توجه قرار گرفته است (Barzegari Barogh *et al.*, 2023). از جمله کودهای آلی و زیستی که امروزه در کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد، هیومیک است (Sardashti & Mohammadian Moghadam, 2016). هیومیک یک پلیمر طبیعی بوده و از منابع مختلف نظیر خاک، هوموس، پیت و لیگنیت اکسیده شده استخراج می‌شود (Sebahattin & Necdet, 2005).

مواد هیومیکی دارای اثرات مستقیم و غیرمستقیم روی رشد گیاه هستند (Soleimani Aghdam *et al.*, 2012). این تاثیرات از طریق بهبود فعالیت‌های فیزیولوژیک مانند سنتز کلروفیل و افزایش فعالیت فتوسنتزی (Leonard, 2008؛ Harun *et al.*, 2013)؛ بهبود ساختار فیزیکی و شیمیایی خاک (Selim *et al.*, 2010) و تاثیر بر بهبود ساختار ریشه (Garcia *et al.*, 2008)؛ قابلیت دسترسی و جذب عناصر (Mauromicale *et al.*, 2011)؛ تحریک فعالیت هورمون‌های گیاهی و افزایش هورمون‌های اکسین، سیتوکینین و جیبرلین در گیاه (Abdel-Mawgoud *et al.*, 2007)؛ افزایش کارایی عناصر و کاهش مصرف کودهای شیمیایی (Huang *et al.*, 2005؛ Patil, 2010؛ Leonard, 2008)؛ کنترل تنش‌های زنده و غیرزنده (Mauromicale *et al.*, 2011؛ Unlu *et al.*, 2010؛ Albers *et al.*, 2008؛ Luo & Gu., 2009) و بهبود فعالیت‌های میکروارگانیسم‌ها (Leonard, 2011؛ Selim *et al.*, 2011) صورت می‌گیرد.

Honardust و همکاران (۲۰۱۸) با کاربرد هیومات پتاسیم در تولید غده‌چه در شرایط گلخانه‌ای اثر سطوح هیومیک را بر کلیه صفات از جمله تعداد و وزن غده‌چه معنی‌دار گزارش کردند. نتایج مشابهی توسط

سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum*) یکی از محصولات اصلی برای حفظ امنیت غذایی در جهان است. این گیاه بیش از ۱۶ میلیون هکتار سطح زیر کشت و سالانه ۳۶۰ میلیون تن تولید دارد (Askari *et al.*, 2023). میزان تولید سیب‌زمینی در کشور حدود ۳/۲ میلیون تن است. بیشترین میزان تولید سیب‌زمینی را به ترتیب استان‌های همدان، اردبیل و زنجان به خود اختصاص داده‌اند (Statistics of the Ministry of Agriculture, 2022). در کشور ما تقریباً تمامی غده‌های سیب‌زمینی مورد استفاده برای کشت دارای آلودگی ویروسی می‌باشند و به ندرت می‌توان در سطح کشور مزرعه‌ای عاری از ویروس یافت (Roodbar Shojaei *et al.*, 2007). مهم‌ترین موضوع در تولید گیاهان زراعی، انتخاب روش مناسب برای تکثیر آنهاست (Rashtian *et al.*, 2024). یکی از راه‌هایی که تا حد زیادی مشکل کاهش عملکرد محصول سیب‌زمینی در اثر پاتوژن‌های گیاهی، به‌ویژه ویروس‌ها را بر طرف می‌کند، استفاده از بذر سالم سیب‌زمینی است (Struik *et al.*, 2006). روش اصلی تکثیر و پرورش سیب‌زمینی استفاده از غده‌های سیب‌زمینی است؛ اما به دلیل بروز آفات و بیماری‌های مرتبط موجب کاهش عملکرد محصول می‌گردد. استفاده از غده‌چه‌های (mini tuber) گیاهان عاری از ویروس کشت بافتی رویکرد مناسبی جهت مقابله با موانع است (Askari *et al.*, 2023). اما راندمان پایین در تکثیر با استفاده از غده‌چه‌ها را باید به طریقی از میان برد.

غده‌چه، غده سیب‌زمینی بذری کوچکی می‌باشد که از گیاهچه‌های تکثیر یافته در شرایط آزمایشگاهی به دست می‌آید. تولید غده‌چه از روش‌های مهم تولید بذر سیب‌زمینی می‌باشد و در سراسر دنیا یک پل ارتباطی میان تکثیر سریع گیاهچه‌های درون شیشه‌ای و تکثیر مزرعه‌ای غده‌های بذری به‌وجود آورده است (Struik *et al.*, 2006). عوامل مختلف زراعی از جمله نوع رقم و نوع و میزان کود مصرفی در تغذیه گیاه می‌تواند روی کمیت و کیفیت غده‌چه‌های تولید شده تاثیر بگذارد

معنی‌دار با تعداد و وزن غده، وزن تر و خشک بوته، قطر غده و تعداد برگ مرکب در بوته داشت. بین تعداد غده با وزن غده، وزن تر و خشک بوته، قطر غده و تعداد برگ مرکب نیز همبستگی مثبت و معنی‌دار وجود داشت. ارتباط بین تعداد برگ مرکب با وزن تر بوته، وزن خشک بوته و تعداد و وزن غده نیز معنی‌دار بود. در مطالعه Bolandi و Hamidi (۲۰۱۷) همبستگی عملکرد کل با صفات تعداد غده در مترمربع و وزن غده در هر بوته مثبت و معنی‌دار بود. علاوه بر این همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد کل با صفات قطر غده و تعداد غده در هر بوته مشاهده گردید.

عاملی که باعث باصرفه‌تر بودن تولید غده‌چه‌ها در گلخانه می‌شود، قیمت محصول در زمان تولید و امکان تولید خارج از فصل غده‌های بذری سیب‌زمینی با حفظ سلامت غده‌ها و کاهش هزینه‌های تولید است. تراکم پایین کاشت گیاهچه در گلخانه‌ها باعث افزایش وزن تر غده‌چه‌های تولیدی به ازای هر گیاهچه می‌شود، ولی تعداد غده‌چه‌های تولیدی را به ازای واحد سطح گلخانه کاهش می‌دهد. این موضوع بر ضرورت انجام چنین تحقیقاتی تاکید دارد تا با تکیه بر نتایج حاصل سطح بهره‌وری از واحد سطح گلخانه‌ها را برای تولید بذر سیب‌زمینی افزایش داد. تولید انبوه مینی‌تیوبر سیب‌زمینی می‌تواند نواقص شیوه‌های سنتی تولید بذر سیب‌زمینی را جبران نموده، از خروج سالانه بیش از دو میلیون دلار ارز از کشور جلوگیری کند. این تحقیق برای تعیین اثر پیش‌تیمار کردن گیاهچه‌های سیب‌زمینی با محلول‌های هیومیکی برای تولید غده‌چه‌های بذری سیب‌زمینی در گلخانه به انجام رسید.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۹۶ در گلخانه شرکت به‌پرور سبلان در ۱۱ کیلومتری شهرستان اردبیل با مختصات جغرافیایی ۳۸ درجه و ۲۰ دقیقه شمالی و ۴۸ درجه و ۲۴ دقیقه شرقی اجرا شد. گیاهچه‌های سیب‌زمینی رقم آگریا (cv. Agria) تکثیر شده در شرایط آزمایشگاهی، تحت تیمارهای مختلف هیومیک پیش‌تیمار شدند.

Azimi و Hassanpanah (2012) در تولید غده‌چه با مصرف هیومیک گزارش شده است. Mahmoud و Asmaa Hafez Magda (2010) گزارش کردند که پارامترهای رشد و نمو سیب‌زمینی از جمله ارتفاع بوته، تعداد برگ، وزن خشک و تر، قطر غده و عملکرد و اجزای عملکرد غده با افزایش سطوح هیومیک به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. نتایج آزمایش دیگری نشان داد که مصرف مواد هیومیکی باعث بهبود تعداد برگ‌ها، تعداد غده، ارتفاع بوته و عملکرد غده سیب‌زمینی می‌شود (Al-Sawary *et al.*, 2013). در آزمایش Ghannad و همکاران (2014) کاربرد هیومیک در مقایسه با شاهد باعث افزایش معنی‌دار بیوماس اندام هوایی، تعداد غده در بوته و عملکرد غده شد. Faried و همکاران (۲۰۱۴) گزارش دادند که هیومیک اسید تعداد برگ، عملکرد و اجزای عملکرد غده سیب‌زمینی را بهبود بخشید. آنها بیان داشتند که استفاده از مواد هیومیکی با دارا بودن پتانسیل بسیار زیاد به عنوان کود طبیعی (آلی)، تولید کم هزینه و عملکرد پایدار به همراه خواهد داشت. مصرف مواد هیومیکی بهره‌وری مواد مغذی جذب شده را بهبود داده و در کاهش آلودگی محیط زیست در کشاورزی می‌تواند موثر واقع شود.

مطالعه همبستگی بین صفات به‌نژادگران این امکان را می‌دهد که به ارتباطات دو جانبه بین صفات مختلف پی ببرند و صفاتی را که می‌توان گزینش ژنوتیپ‌های برتر را براساس آنها انجام داد و بهترین نتیجه را گرفت، شناسایی نمایند (Darvishzadeh *et al.*, 2011). طی مطالعه‌ای توسط Khayatnezhad و همکاران (۲۰۱۱) مشخص شد که ارتفاع بوته و وزن غده نقش موثرتری بر عملکرد سیب‌زمینی دارند. در بررسی دیگری تجزیه ضریب‌های همبستگی حکایت از آن داشت که وزن غده در هر بوته و نیز متوسط وزن هر غده، اجزای اصلی تعیین‌کننده عملکرد غده در سیب‌زمینی بوده و می‌توان از آن در اصلاح این گیاه بهره گرفت (Burhan, 2007). در مطالعه Bayati و همکاران (2013) ارتفاع بوته همبستگی مثبت و

گرفت. مقایسه میانگین داده‌ها براساس آزمون حداقل اختلافات معنی‌دار (LSD) و در سطح احتمال پنج درصد انجام یافت. برای ترسیم شکل‌ها از نرم افزار Excel 2010 استفاده شد. برای تعیین ضرایب همبستگی به روش پیرسون از نرم افزار SPSS-24 استفاده گردید.

نتایج و بحث

وزن تر و خشک بوته

اثر پیش‌تیمار کردن گیاهچه‌های سیب‌زمینی با هیومات پتاسیم در زمان‌های مختلف نشان داد که حداقل وزن تر و خشک بوته در تیمار شاهد به دست آمد و با افزایش مدت زمان نگهداری گیاهچه‌ها در هیومات پتاسیم، افزایش معنی‌داری در وزن تر و خشک بوته‌ها حاصل گردید. بهترین ترکیب تیماری در این خصوص مربوط به مصرف ۱/۵ گرم در لیتر هیومات پتاسیم با ۱۲ ساعت پیش‌تیمار کردن (به ترتیب با ۱۰/۱ و ۲/۹ گرم وزن تر و خشک بوته) بود (شکل‌های ۱ و ۲). وزن تر بوته‌های سیب‌زمینی در تیمار ترکیبی برتر نسبت به ترکیبات تیماری عدم مصرف هیومات پتاسیم با ۱۲ ساعت پیش-تیمار کردن گیاهچه‌ها، ۱۶/۱ درصد و نسبت به مصرف همین مقدار هیومات پتاسیم بدون پیش‌تیمار کردن، ۲۶/۷ درصد افزایش نشان داد. این افزایش برای وزن خشک بوته به ترتیب برابر ۴۵/۴ و ۵۹/۲ درصد بود که بیانگر کارآیی پیش‌تیمار کردن با هیومات پتاسیم در بهبود وزن تر و خشک بوته‌ها می‌باشد. اثر عمده هیومیک اسید بر رشد گیاه توسط David و همکاران (۱۹۹۴) و Hartwigsen & Evans (۲۰۰۰) گزارش شده است.

بهبود اجزای رویشی در سیب‌زمینی از جمله وزن تر و خشک بوته با مصرف مواد هیومیکی توسط Ghannad و همکاران (۲۰۱۴) گزارش شده است. در مطالعه Ghorbani و همکاران (۲۰۱۲) پیش‌تیمار-کردن غده‌های بذری سیب‌زمینی با سطوح مختلف هیومیک اسید منجر به بهبود وزن تر و خشک گیاهچه‌های حاصل شد. اثرات مفید محلول‌های غذایی

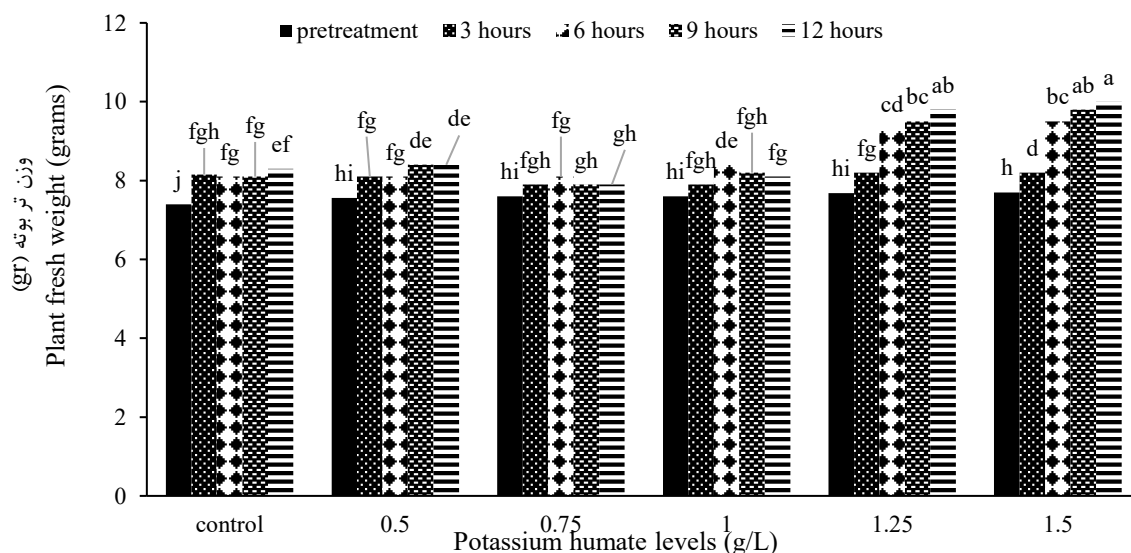
آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. فاکتورهای آزمایشی شامل غلظت‌های مختلف هیومات پتاسیم (صفر، ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵، ۱، ۱/۲۵ و ۱/۵ گرم در لیتر) و سطوح مختلف مدت زمان پیش‌تیمار کردن (صفر، ۳، ۶، ۹ و ۱۲ ساعت) بود. سطوح صفر برای هر دو فاکتور آزمایشی به منزله تیمار شاهد در نظر گرفته شد. منظور از صفر ساعت پیش‌تیمار کردن اعمال سطوح هیومات پتاسیم بدون سپری شدن زمان (بلافاصله خیساندن گیاهچه‌ها در محلول مربوطه قبل از کاشت) می‌باشد. هیومات پتاسیم به کار رفته در این تحقیق هیومستر تاپ (Humaster Top) پودری بود که از شرکت گل‌سنگ کویر یزد تهیه گردید. هیومستر تاپ مورد استفاده، حاوی ۸۵ درصد اسیدهای هیومیکی (هیومیک اسید و فولویک اسید) و ۷ درصد پتاسیم بود. بعد از اعمال تیمارها، گیاهچه‌های سیب‌زمینی در گلدان‌هایی (۲۰×۲۰ سانتی‌متر) با محتوای پیت‌ماس و پرلیت به نسبت ۳:۱ کشت شدند. در هر گلدان چهار گیاهچه کشت گردید. سیستم آبیاری قطره‌ای بود. کوددهی برای همه تیمارهای آزمایشی به-طور یکنواخت انجام یافت. کودهای شیمیایی (NPK) به کار رفته در هر مرحله رشدی بدین شرح بود: (۱۰:۵۲:۱۰): از زمان کشت گیاهچه‌ها در گلدان تا تشکیل غده‌چه؛ (۲۰:۲۰:۲۰): در مرحله غده‌زایی؛ (۱۲:۱۲:۳۶): زمان حجیم شدن غده‌چه‌ها. برای کنترل آفات از روش‌های بیولوژیک از قبیل آفت‌کش‌های نوری و تله‌های فرمونی استفاده شد. در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک خصوصیات نظیر ارتفاع بوته، تعداد برگ‌های مرکب، وزن تر بوته، وزن خشک بوته، قطر غده‌چه‌ها، وزن و تعداد غده‌چه‌ها اندازه‌گیری شد. بوته‌ها برای خشک شدن به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد داخل آن قرار داده شدند. به‌منظور تجزیه و تحلیل آماری، در ابتدا داده‌های به‌دست آمده برای هر صفت با استفاده از برنامه آماری SPSS-24 مورد آزمون یکنواختی قرار گرفت. نرمال بودن توزیع داده‌ها با آزمون کلموگروف-اسمیرنوف انجام یافت. تجزیه واریانس داده‌های نرمال با استفاده از نرم‌افزار SAS-9.4 انجام

۱۲ ساعت پیش تیمار کردن گیاهچه‌ها و مصرف ۱/۲۵ گرم در لیتر هیومات پتاسیم با ۹ و ۱۲ ساعت پیش تیمار کردن حاصل شد (شکل ۳). با مصرف مقادیر بالایی از هیومات پتاسیم اثر مدت زمان پیش تیمار کردن بر ارتفاع بوته کاسته شد. Hartwigsen & Evans (۲۰۰۰) و David و همکاران (۱۹۹۴) اثر هیومیک اسید را بر رشد گیاه گزارش نمودند. افزایش ارتفاع بوته سیب‌زمینی با مصرف مواد هیومیکی توسط محققین گزارش شده است (Mahmoud Asmaa & Al-Sawary *et al.*, 2013; Hafez Magda, 2010; Rizk *et al.*, 2013). افزایش قابلیت دسترسی عناصر، تولید هورمون رشد از جمله اکسین و جیبرلین توسط مواد هیومیکی از علل افزایش ارتفاع بوته می باشد (Unlu *et al.*, 2010; Cimrin & Yilmaz, 2005). نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد که اثرات شبه هورمونی هیومات پتاسیم بر ارتفاع بوته موقعی بیشتر اثرگذار است که گیاهچه‌های سیب‌زمینی با غلظت بیشتری از این ماده آلی طبیعی پیش تیمار شوند.

فراهم شده با هیومیک در بهبود رشد و نمو گیاه توسط محققین دیگر نیز گزارش شده است (Soleimani, 2012). نتایج این تحقیق نیز افزایش رشد و میزان ماده خشک تحت تاثیر مواد هیومیکی را تایید می‌کند. Mayhew (۲۰۰۴) نیز بیان داشت که مواد هیومیک بیوماس گیاهی را افزایش می‌دهد. هیومیک اسید با افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو سبب افزایش فعالیت فتوسنتزی گیاه می‌شود (Delfine *et al.*, 2005) و این موضوع می‌تواند دلیل محکمی بر اثرات مثبت آن بر افزایش وزن تر و وزن خشک بوته‌های سیب‌زمینی باشد.

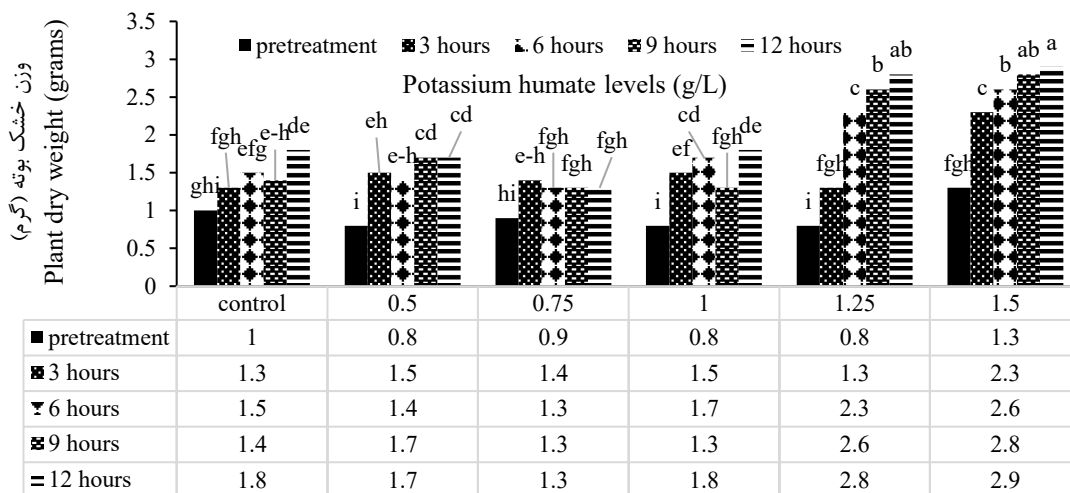
ارتفاع بوته و تعداد برگ مرکب

برهمکنش تیمارها (سطوح هیومیک × مدت زمان پیش تیمار)، نشان داد که کمترین ارتفاع بوته متعلق به تیمارهای شاهد بود؛ در حالی که بالاترین ارتفاع بوته، بدون اختلاف معنی‌دار آماری، از ترکیبات تیماری مصرف ۱/۵ گرم در لیتر هیومات پتاسیم با ۳، ۶، ۹ و



شکل ۱- اثر پیش تیمار گیاهچه‌های سیب‌زمینی با هیومات پتاسیم در زمان‌های مختلف بر وزن تر بوته‌های سیب‌زمینی

Figure 1- The effect of pretreatment of potato seedlings with potassium humate under different times on fresh weight of potato plants

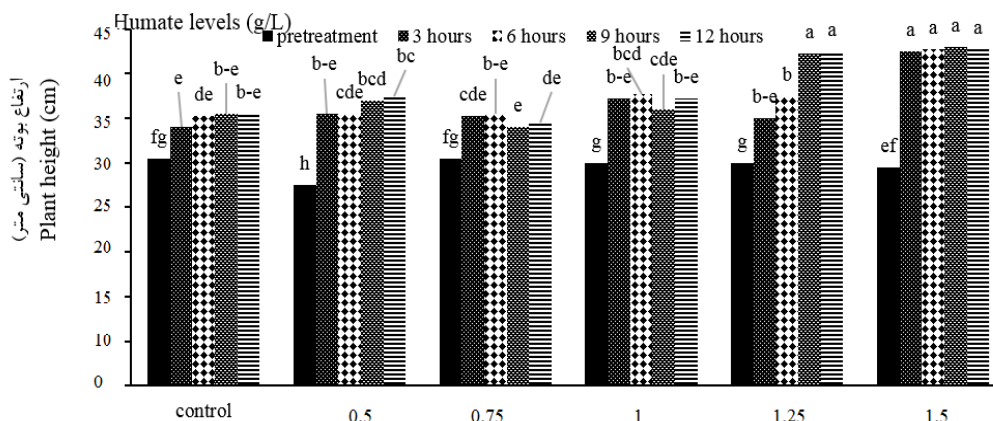


شکل ۲- اثر کاربرد سطوح هیومات پتاسیم × مدت زمان پیش تیمار کردن برای وزن خشک بوته‌های سیب‌زمینی در آزمایش تولید غده‌چه‌های بذری

Figure 2- The effect of applying potassium humate levels × different times of pretreatment levels for the dry weight of potato plants in the experiment of seed minitubers production

برگ با افزایش مقادیر هیومیک اسید توسط محققین متعدد گزارش شده است (Al-Sawary *et al.*, 2013; Mahmoud Asmaa & Hafez Magda, 2010; Rizk و همکاران (2013) نیز با مطالعه اثر هیومیک اسید روی گیاه سیب‌زمینی به افزایش معنی‌دار تعداد برگ با کاربرد مقادیر مختلف هیومیک اسید اشاره داشتند. این افزایش می‌تواند نتیجه تاثیر مواد هیومیکی روی جذب عناصر و بهبود فعالیت میکروارگانیسم‌ها باشد.

کمترین تعداد برگ مرکب از ترکیبات تیماری بلافاصله پیش تیمار کردن با ۱ گرم در لیتر هیومات پتاسیم مشاهده شد (۱۳/۷ عدد)، در ترکیب تیماری ۱۲ ساعت پیش تیمار کردن با ۱/۵ گرم در لیتر هیومات پتاسیم بالاترین تعداد برگ مرکب (۳۶/۷ عدد) مشاهده شد (شکل ۴). با افزایش مدت زمان پیش تیمار کردن با هیومات پتاسیم، تعداد برگ مرکب افزایش یافت. تیمار ترکیبی برتر، ۹ ساعت پیش تیمار کردن گیاهچه‌های سیب‌زمینی با ۱/۵ گرم در لیتر هیومات پتاسیم بود. افزایش معنی‌دار تعداد



شکل ۳- اثر سطوح هیومات پتاسیم در مدت زمان پیش تیمار بر ارتفاع بوته‌های سیب‌زمینی برای تولید غده‌چه‌های بذری

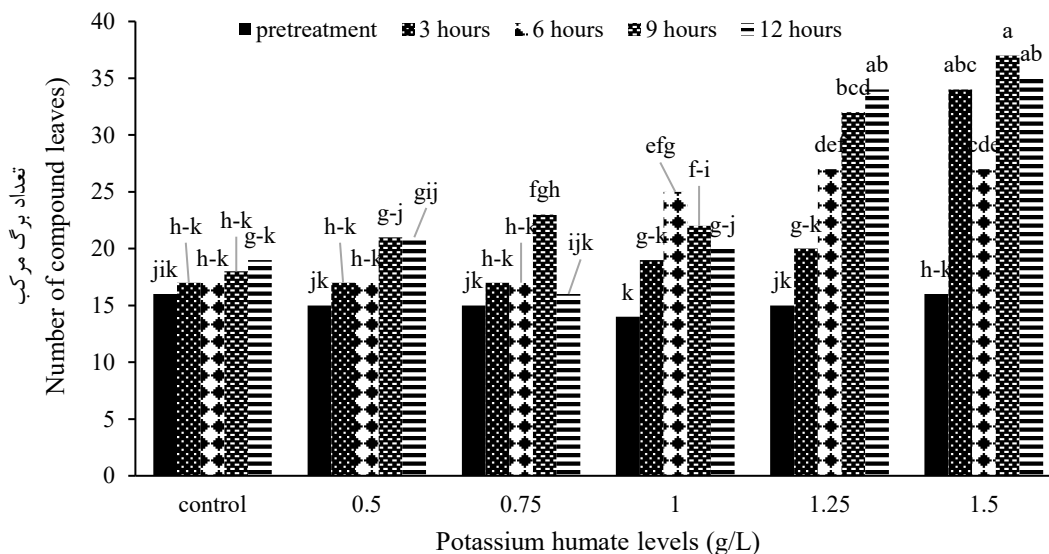
Figure 3- The effect of potassium humate levels in duration of pretreatment levels on the potato plants height for the production of seed minitubers

تعداد غده‌چه در گیاهچه

نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان داد که مصرف هیومات پتاسیم تا سطح ۰/۷۵ گرم در لیتر تاثیر معنی‌داری روی تعداد غده‌چه در گلدان نداشت؛ اما مصرف ۱/۲۵ و ۱/۵ گرم در لیتر منجر به افزایش معنی‌دار این صفت نسبت به تیمار شاهد شد (به ترتیب با ۸/۲۷ و ۹/۸ عدد). افزایش مدت زمان پیش‌تیمار نیز باعث افزایش تعداد غده‌چه‌ها شد و بالاترین میزان آن (۹/۳۹ غده‌چه بذری) از پیش‌تیمار ۱۲ ساعته به‌دست آمد (جدول ۱). بالاترین میانگین تعداد غده‌چه در گیاهچه (۲/۴۵ عدد) در شرایط بالاترین میزان مصرف هیومات پتاسیم (۱/۵ گرم در لیتر) به‌دست آمد و تیمار ۱۲ ساعت پیش‌تیمار کردن بیشترین میانگین تعداد غده‌چه در گیاهچه (۲/۳۵ عدد) را موجب شد (جدول ۱).

در این آزمایش بالاترین سطح هیومات پتاسیم باعث افزایش ۲۶/۵ درصدی تعداد غده‌چه در گلدان در مقایسه با شاهد شد. این امر تاثیر مثبت مصرف هیومات پتاسیم در افزایش تعداد غده‌چه‌های بذری حاصل از کشت گیاهچه‌ها را نشان می‌دهد. همچنین افزایش این صفت در پیش‌تیمار ۱۲ ساعت در مقایسه با شاهد از رشد ۳۹/۱ درصدی برخوردار بود. این نتایج برای میانگین تعداد غده‌چه در گیاهچه نیز قابل مشاهده بود و پیش‌تیمار با مدت زمان ۱۲ ساعت، بالاترین کارایی از

حیث میانگین تعداد غده‌چه در گیاهچه را داشت و نسبت به شاهد ۳۷/۴ درصد این صفت را بهبود بخشید. مطابق با این یافته‌ها، در آزمایش Ghannad و همکاران (2014) کاربرد هیومیک اسید باعث افزایش تعداد غده در بوته در مقایسه با شاهد (عدم مصرف هیومیک اسید) شد. محققین متعدد به اثر مثبت مواد هیومیکی روی تعداد غده‌های تولیدی در سیب‌زمینی اشاره داشته‌اند (Mahmoud Asmaa & Hafez Magda, 2010; Ghannad *et al.*, Al-Sawary *et al.*, 2013). نتایج مشابهی توسط محققین دیگر در آزمایشات جداگانه نیز گزارش شده است (Honardust *et al.*, 2018; Hassanpanah & Azimi, 2012; Al-Sawary *et al.*, 2013). تحریک هورمون‌های رشد و تقسیم سلولی از جمله اکسین و سیتوکینین در گیاه با مصرف هیومیک توسط محققین متعدد تایید شده است (Abdel-Mawgoud *et al.*, 2007). افزایش در نفوذپذیری غشاهای گیاهی در نتیجه کاربرد هیومات منجر به تحریک و تسریع تقسیم سلولی، افزایش رشد ریشه و تمامی اندام‌های گیاهی می‌شود. به نظر می‌رسد زمان طولانی‌تر پیش‌تیمار کردن با هیومات پتاسیم می‌تواند در تحریک سنتز هورمون‌های موثر در تقسیم سلولی و تکثیر؛ در نتیجه تولید تعداد غده‌چه‌های سیب‌زمینی بیشتر مؤثر باشد.



شکل ۴- اثر سطوح هیومات پتاسیم در مدت زمان پیش تیمار بر تعداد برگ مرکب سیب‌زمینی برای تولید غده‌های بذری

Figure 4- The effect of potassium humate levels in d levels on the number of potato compound leaves for the production of seed minitubers

باشد (Selim *et al.*, Hassanpanah *et al.*, 2009) و شرایط محیطی و عملیات مختلف زراعی از جمله تغذیه می‌تواند روی کمیت و کیفیت غده‌های تولیدی اثرگذار باشد (Blandi & Hamidi, 2017). بهبود عملکرد غده از طریق افزایش وزن غده با کاربرد مواد هیومیکی توسط محققین متعدد گزارش شده است (Ezzati *et al.*, 2013; Selim *et al.*, 2011). افزایش وزن غده‌ها تحت تاثیر کاربرد هیومات پتاسیم می‌تواند به دلیل اثرات محرک بودن مواد هیومیک باشد؛ به طوری که مستقیماً با افزایش جذب عناصر غذایی پر مصرف مثل نیتروژن، فسفر، گوگرد و ریزمغذی‌هایی نظیر آهن، روی، مس و منگنز در ارتباط است.

میانگین قطر غده‌چه

با بررسی مقایسه میانگین‌ها مشخص شد که در تیمار شاهد (عدم مصرف هیومات پتاسیم)، کمترین میانگین قطر غده‌چه‌ها (۲/۳۵ سانتی متر) و به هنگام مصرف بالاترین سطح هیومات پتاسیم یعنی ۱/۵ گرم در لیتر، بالاترین میانگین قطر غده‌چه‌ها (۲/۶ سانتی‌متر) به دست آمد. بررسی مقایسه میانگین‌های سطوح مختلف مدت زمان پیش‌تیمار کردن بیانگر آن بود که میانگین قطر

میانگین وزن غده‌چه

در شرایط عدم مصرف هیومات پتاسیم، میانگین وزن غده‌چه‌ها در پایین‌ترین میزان خود نسبت به سایر سطوح قرار داشت (۸/۹۳ گرم)، در حالی که با افزایش مقادیر هیومات پتاسیم مصرفی بر میزان این صفت افزوده شد و بالاترین میزان آن (۱۱/۲۸ گرم) با مصرف ۱/۵ گرم در لیتر هیومات پتاسیم به دست آمد. بررسی مقایسه میانگین‌های سطوح مختلف مدت زمان پیش تیمار کردن بیانگر آن بود که میانگین وزن غده‌چه‌ها در پایین‌ترین سطح آن ۸/۱۴ گرم بود و افزایش مدت زمان پیش تیمار کردن باعث افزایش معنی‌دار در میانگین وزن غده‌های بذری شد؛ اگرچه این تفاوت در بین مدت زمان‌های ۶، ۹ و ۱۲ ساعت از لحاظ آماری معنی‌دار نبود (جدول ۱). پیش‌تیمار کردن گیاهچه‌ها با هیومات پتاسیم به مدت ۱۲ ساعت باعث شد میانگین وزن غده‌چه‌ها نسبت به شاهد ۲۸/۲ درصد افزایش یابد. مصرف مقادیر ۰/۵، ۰/۷۵ و ۱ گرم در لیتر هیومات پتاسیم اثر معنی‌داری روی میانگین وزن غده‌چه‌ها نداشت؛ اما با مصرف ۱/۲۵ و ۱/۵ گرم در لیتر نسبت به شاهد به ترتیب ۱۶/۷ و ۲۰/۸ درصد افزایش یافت. اغلب وزن غده‌چه‌های سیب زمینی بین ۰/۱ تا ۱۰ گرم می

بوته تاثیر معنی‌داری روی وزن غده‌چه نداشت، به عبارتی افزایش ارتفاع بوته در سیب‌زمینی نه تنها تاثیری روی میزان عملکرد نداشته، بلکه امکان دارد به لحاظ مصرف مواد فتوسنتزی، رشد زایشی گیاه را نیز با کمبود مواد فتوسنتزی مواجه سازد. اگرچه در ارتفاع بیشتر امکان توسعه تعداد بالاتر برگ و به همان اندازه افزایش ماده‌سازی در برگ‌ها نیز رخ می‌دهد؛ اما به نظر می‌رسد همواره وجود یک نسبت معین و مشخص بین اندام رویشی و زایشی برای تولید غده‌چه مطلوب الزامی است. مطابق نتایج حاصله بین تعداد غده‌چه تولید شده با وزن و همچنین قطر غده‌چه‌های حاصل همبستگی مثبت و معنی‌دار وجود داشت؛ به عبارتی افزایش تعداد غده‌چه می‌تواند تاثیر معنی‌داری روی میزان عملکرد غده داشته باشد. با این حال به نظر می‌رسد افزایش قطر غده تاثیر چندانی در وزن غده‌چه نداشته باشد. این نتایج با یافته‌های محققین متعدد براساس آزمایشات جداگانه‌ای که در این خصوص انجام یافته است، مطابقت دارد (Darvishzadeh et al., 2011؛ Khayatnezhad et al., 2011؛ Burhan, 2007؛ Bayati et al., 2013؛ Bolandi & Hamidi. H. 2017).

غده‌چه‌ها در پایین‌ترین سطح آن ۲/۲۲ سانتی‌متر بود. با اعمال مدت زمان برای پیش‌تیمار کردن، میانگین قطر غده‌چه‌ها به طور معنی‌داری افزایش یافت. هر چند که هر چهارتا (۳، ۶، ۹ و ۱۲ ساعت پیش‌تیمار کردن) در یک کلاس قرار گرفتند (جدول ۱). در این آزمایش میانگین قطر غده‌چه‌های حاصل تحت تاثیر غلظت‌های مختلف هیومات پتاسیم بین ۲/۳۵ تا ۲/۶ سانتی‌متر بود و اختلاف ۰/۲۵ سانتی‌متری بین مصرف بالاترین مقدار هیومات پتاسیم و عدم مصرف آن، بیانگر اثرگذاری مثبت هیومات پتاسیم روی اندازه قطر غده‌چه‌های حاصل بود. به نظر می‌رسد به کارگیری دوره‌های زمانی متفاوت پیش‌تیمار کردن تاثیر جزئی روی کارایی پیش‌تیمار کردن با هیومات پتاسیم داشته است. در سیب‌زمینی قطر غده‌چه‌ها ممکن است از ۵ تا ۲۵ میلی‌متر متغیر باشد (Hassanpanah et al., 2009؛ Selim et al., 2011). افزایش قطر غده سیب‌زمینی با کاربرد هیومیک اسید توسط محققین گزارش شده است (Mahmoud Asmaa & Hafez Magda, 2010). افزایش قطر غده سیب‌زمینی با کاربرد هیومیک اسید می‌تواند ناشی از تاثیر تحریک هورمون سیتوکینین و تقسیم سلولی بالا باشد (Abdel-Mawgoud et al., 2007). به طور کلی Nardi و همکاران (۲۰۰۲) بر این باورند که مواد هیومیک ممکن است هر دو فرآیند تنفس و فتوسنتز را تحت تأثیر قرار دهند. مواد هیومیکی تأثیر معنی‌داری بر رشد ریشه‌های گیاهان دارند.

همبستگی بین صفات

در این آزمایش براساس ضرایب همبستگی ساده، بین صفت وزن تر بوته با سایر صفات همبستگی مثبت و معنی‌داری حاکم بود (جدول ۲)؛ با این حال بالاترین ضرایب بین این صفت با صفات وزن خشک بوته و ارتفاع بوته و کمترین آن با میانگین وزن غده‌چه‌ها بدست آمد که نشان می‌دهد هرچه بر میزان وزن تر افزوده می‌شود، به عبارتی دیگر توسعه بیش از حد اندام رویشی می‌تواند تاثیر عکس روی میزان عملکرد و کاهش وزن غده‌چه‌های حاصل داشته باشد. مشخص شد که ارتفاع

جدول ۱- مقایسه میانگین اثر پیش‌تیمار کردن گیاهچه‌های سیب‌زمینی با هیومات پتاسیم طی زمان‌های مختلف بر وزن، تعداد و قطر غده چه

Table 1- Comparison of the average effect of pretreatment of potato seedlings with potassium humate during different times on the weight, number and diameter of tuber

میانگین قطر غده چه (سانتی‌متر)	میانگین وزن غده چه (گرم)	میانگین تعداد غده چه در گیاهچه		
Average tuber diameter (cm)	Average weight tuber (g)	Average number of tuber in seedling		
2.35 c	8.93 c	1.80 cd	شاهد	سطوح هیومات پتاسیم (گرم در لیتر) Potassium humate levels (g/l)
2.52 ab	9.94 bc	1.78 cd	control	
2.44 bc	9.86 bc	1.63 d	0.5	
2.48 ab	9.99 bc	1.90 bc	0.75	
2.50 ab	10.72 ab	2.07 b	1	
2.60 a	11.28 a	2.45 a	1.25	
2.22 b	8.14 c	1.47 c	1.5	سطوح مدت زمان پیش‌تیمار (ساعت) Pretreatment time levels (h)
2.51 a	9.63 b	1.89 b	شاهد	
2.57 a	10.69 a	1.97 b	control	
2.54 a	10.81 a	2.01 b	3	
2.57 a	11.33 a	2.35 a	6	
			9	
			12	

در هر ستون، میانگین‌هایی که با حروف مشترک نشان داده شده‌اند، در سطح احتمال پنج درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌دار دارند.
In each column, means indicated by common letters are significantly different from each other at the five percent probability level.

جدول ۲- تجزیه همبستگی بین خصوصیات اندازه‌گیری شده در بوته‌های سیب‌زمینی برای غده‌های بذری

Table 2- Correlation analysis between the characteristics measured in potato seedling for production of seed minitubers

7	6	5	4	3	2	1	صفات
						1	وزن تر بوته (۱) (1) Plant fresh weight
					1	0.965**	وزن خشک بوته (۲) (2) Plant dry weight
				1	0.934**	0.959**	ارتفاع بوته (۳) (3) plant height
			1	0.819**	0.927**	0.894**	تعداد برگ مرکب (۴) (4) compound leaf number
		1	0.869**	0.884**	0.901**	0.894**	تعداد غده‌چه در گلدان (۵) (5) minituber per pot
	1	0.984**	0.857**	0.884**	0.909**	0.890**	تعداد غده‌چه در گیاهچه (۶) (6) minituber per seedling
1	0.557**	0.546**	0.399*	0.350 ns	0.429*	0.417*	وزن غده‌چه‌ها (۷) (7) weight of minitubers

ns, * و ** به ترتیب به مفهوم اختلاف آماری غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد
ns, * and ** mean statistically insignificant and significant difference at the five and one percent probability levels, respectively.

و هرچه گیاهچه‌ها مدت زمان بیشتری در محلول غلیظ- تر هیومات پتاسیم بمانند، این تاثیر بیشتر آشکار می‌شود.

سپاسگزاری

مراحل اجرایی این تحقیق در گلخانه شرکت به پرور سبلان انجام یافته است. نویسندگان از مدیریت این مجموعه نهایت تشکر را دارند.

نتیجه‌گیری کلی

تحت شرایط این آزمایش، از لحاظ اکثر صفات مورد مطالعه، پیش‌تیمارکردن گیاهچه‌های سیب‌زمینی با هیومات پتاسیم نتایج خوبی به همراه داشت. از این تحقیق می‌توان نتیجه گرفت که پیش‌تیمارکردن گیاهچه‌های سیب‌زمینی با هیومات پتاسیم قبل از کاشت در گلخانه می‌تواند اثر مثبت و معنی‌داری روی تعداد و وزن غده‌های سیب‌زمینی بذری داشته باشد

References

- Abdel-Mawgoud, A.M.R., El-Greadly, N.H.M., Helmy Y.I. & Singer, S.M. (2007). Responses of tomato plants to different rates of humic based fertilizer and NPK fertilization. *Journal of Applied Sciences Research*, 3(2), 169-174.
- Albers, C. N., Banta, G. T., Hansen, P. E. & Jacobsen, O. S. (2008). Effect of different humic substances on the fate of diuron and its main metabolite 3, 4-dichloroaniline in soil. *Environmental Science Technology*, 1; 42(23), 8687-91. <https://doi.org/10.1021/es800629m>
- Al-Sawary, M. R. S., Gazar A. M. & Mater, N. Sh. (2013). Comparison between organic agriculture for safe environment, food security and conventional agriculture by effect of spray with organic humic fertilizer and added chemical fertilizer on growth and yield two cultivars potato *Solanum tuberosum*. *International Journal of Environment & Water*, 2(5), 41-45.
- Askari, N., Ghahramani, R., Reisi, A., Sadat-Hosseini, M. & Parsa Motlagh, B. (2023). The role of thermal stress on in vitro potato micromicrotuber induction. *Journal of Vegetables Sciences*, 6(2), 73-84. <https://doi.org/10.22034/iuvs.2022.562669.1236>
- Barzegari Barogh, R., Hassanpanah, D., Esmaelpour, B., Jahanbakhsh Gade Kahriz, S. & Kalateh Jari, S. (2023). The effect of using biological fertilizers on the morphological characteristics, nutrients and soluble solids of the obtained plantlets from tissue culture of *Solanum tuberosum* L. cv. Jelly and Agria. *Journal of Vegetables Sciences*, 6(2), 97-107. <https://doi.org/10.22034/iuvs.2021.138417.1123>
- Bayati, A. A., Mirzaei Nadushan, H. & Unique M. R. (2013). Correlation evaluation of effective traits and their effect on large tuber performance in potato. *Journal of Agriculture*, 102: 180-189.
- Bolandi, A. R. & Hamidi, H. (2017). The effect of size and density of microtubers on potato tuber production. *Journal of Agricultural Sciences*, 10(3), 218-208.
- Burhan, A. (2007). Relationship among yield and some yield characters in potato. *Journal of Biological Science*, 7, 973-976. <https://doi.org/10.3923/jbs.2007.973.976>
- Cimrin, K. M. & Yilmaz I. (2005). Humic acid applications to lettuce do not improve yield but do improve phosphorus availability. *Acta Agriculture Scandinavia, Section B, Soil and Plant*

- Science*, 55, 58-63.
<https://doi.org/10.1080/09064710510008559>
- David, P.P., Nelson, P.V. & Sanders, D.C. (1994). A humic acid improves growth of tomato seedling in solution culture. *Journal of Plant Nutrition*, 17, 173-184.
<https://doi.org/10.1080/01904169409364717>
- Darvishzadeh, R. H., Maleki, H., & Sarrafi A. (2011). Path analysis of the relationships between yield and some related traits in diallel population of sunflower (*Helianthus annuus* L.) under well-watered and water-stressed conditions. *Australian Journal of Crop Science*, 5, 674-680.
- Delfine, S., Tognetti, R., Desiderio, E. & Alvino, A. (2005). Effect of foliar application of N and humic acids on growth and yield of durum wheat. *Agronomy for Sustainable development*, 25, 2, 183-191.
<https://doi.org/10.1051/agro:2005017>
- Ezzati, A., Shahrokhi, Sh., & Hassanpanah, D. (2013). The effect of Fert Ultra humic fertilizer and Kadostim amino acid on the quantitative and qualitative traits of potato cultivars in Ardabil region. National Conference of Plant Physiology, Yazd University. Page 349.
- Faried, H. N., Pervez, M. A., Ayyub Ch. M., Yaseen, M., Butt, M. & Bashir, M. (2014). Effect of soil application of humic acid and hydrogel on morpho-physiological and biochemical attributes of potato (*solanum tuberosum* L.). *Pakistan Journal of Life and Social Sciences*, 12(2), 92-96.
- Garcia, M. C. V., Estrella, F.S., Lopes M. J. & Moreno, J. (2008). Influence of compost amendment on soil biological properties and plants. *Dynamic soil, Dynamic Plant*, 1, 1-9.
- Ghannad, M., Ashraf, Sh. & Alipour, Z. T. (2014). Enhancing yield and quality of potato (*Solanum tuberosum* L.) tuber using an integrated fertilizer management. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 7 (10), 742-748.
- Ghorbani, P., Khajeh Hosseini, M. & Ayshi Rezaei, A. (2012). Pretreatment of different levels of humic acid on germination and early growth of corn seedlings (*Zea mays* L.). *Journal of Agriculture and Plant Breeding*, 9(3), 37-43.
- Hartwigsen, J.A., & Evans, M.R. 2000. Humic acid seed and substrate treatments promote seedling root development. *HortScience*, 35(7), 1231-1233.
doi:10.21273/HORTSCI.35.7.1231
- Harun, N. A. F., Baharuddin, A. S., Zainudin, M. H. M., Bahrin, E. K., Naim, M. N. & Zakaria, R. (2013). Cellulase production from treated oil palm empty fruit bunch degradation by locally isolated *Thermobifida fusca*. *Biology Resources*, 8, 676-687.
<https://doi.org/10.15376/biores.8.1.676-687>
- Hassanpanah, D. & Azimi, J. (2012). Effects of different concentrations of Humi-Fert Ultra organic matter on mini-tuber production of potato cultivars under in vivo condition. *African Journal of Agricultural Research*, 7(31), 4432-4439.
<https://doi.org/10.5897/AJAR11.1048>
- Hassanpanah, D., & Khodadadi, M. (2009). Evaluation of potassium humate effects on germination, yield and yield components of HPS-II/67 hybrid true potato seeds under in vitro and in vivo conditions. *American Journal of Plant Physiology*, 4, 52-57.
<https://doi.org/10.3923/ajpp.2009.52.57>

- Honardust, Sh. Ejali, J., Hassanpanah, D. & Faramarzi, A. (2018). The effect of different concentrations of potassium humate organic substances on the production of potato mini tuber of Agria and Savalan cultivars in greenhouse conditions. The sixth national conference of new ideas in agriculture. March 10-11, 2018. Islamic Azad University, Khorasgan branch. Iran.
- Huang, P. M., Wang, M. K., & Chiu. C. H. (2005). Soil mineral-organic matter-microbe interactions: impact on biogeochemical processes and biodiversity in soils. *Pedobiologia*, 49, 609-635.
<https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2005.06.006>
- Khayatnezhad, M., Shahriari, R. & Gholamin, R. (2011). Correlation and path analysis between yield and yield components in potato (*Solanum tuberosum* L.). *Middle-East Journal of Scientific Research*, 7, 17-21.
- Leonard, A. G. (2008). Humic acid: 100% natural, many uses. Goldend Harvest organic. LLCTM.
- Luo, W., & Gu, B. (2009). Dissolution and mobilization of uranium in reduced sediment by natural humic substances under anaerobic conditions. *Environmental Science Technology*, 43,152-156.
<https://doi.org/10.1021/es8013979>
- Mahmoud Asmaa, R., & Hafez Magda, M. (2010). Increasing productivity of potato plants (*Solanum tuberosum* L.) by using potassium fertilizer and humic acid application. *International Journal of Academic Reserch*, 2, 83-88.
<https://doi.org/10.4236/ajps.2016.712154>
- Mauromicale, G., Angela, M. G. L., & Monaco, A.L. (2011). The effect of organic supplementation of solarized soil on the quality of tomato. *Scientia Horticulture*, 129 (2), 189-196.
<https://doi.org/10.1016/j.scientia.2011.03.024>
- Mayhew, L. 2004. Humic substances in biological agriculture. ACRES. 34, Nos:1&2.
- Nardi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A. & Vianello, A. (2002). Physiological Effects of humic substances on higher plants. *Soil Biology and Biochemistry*, 34 (11), 1527- 1536.
[http://dx.doi.org/10.1016/S0038-0717\(02\)00174-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0038-0717(02)00174-8)
- Patil, R. (2010). Effect of potassium humate and deproteinised juice (DPJ) on seed germination and seedling growth of wheat and jowar. *Annals of Biological Research*. 1, 148-151.
- Rashtian, A., Avazpour Jalali, S. & Tabandeh Saravi, A. (2024). Effect of fortification with biostimulants on seed germination indices and seedling growth parameters of rhubarb (*Rheum ribes*). *Journal of Vegetables Sciences*, 14(2), 195-208.
<https://doi.org/10.22034/IUVS.2023.1982787.1256>
- Rizk, F. A., Shaheen, A. M., Singer, S. M. & Sawan, O. A. (2013). The productivity of potato plants affected by urea fertilizer as foliar spraying and humic acid added with irrigation water. *Middle East Journal of Agriculture Research*, 2(2),76-83.
- Roodbar Shojaei, T., Sepahvand, N. A., Omidi, M., Mohammadi, A. & Abdi, H. R. (2008). Response of four commercial potato cultivars to different combinations of plant growth regulators in meristem culture and production of virus free

- plantlets. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 9(4), 332-344 .
- Sardashti, A. & Mohammadian Moghadam, S. (2016). Determination of the cation exchange capacity of humic acid extracted from the forest soil of Nahar Khoran River, Gorgan, with respect to Pb+2, Cd+2, and Ni+2 ions by discontinuous container method in an aqueous environment. *Iranian Journal of Chemistry and Chemical Engineering*, 3, 9.
- Sebahattin, A. & Necdet, C. (2005). Effects of different levels and application times of humic acid on root and leaf yield and yield components of forage turnip (*Brassica rapa* L.). *Agronomy Journal*, 4, 130-133.
<https://doi.org/10.3923/ja.2005.130.133>
- Selim, E. M., Shedeed, S. I., Asaad, F. F. & El-Neklawy, A. S. (2011). Interactive effects of humic acid and water stress on chlorophyll and mineral nutrient contents of potato plants. *Journal of Science Reserch*, 7, 531-537.
- Selim, M. E., El-Neklawy, A. S. & El-Ashry, S.M. (2010). Beneficial effects of humic substances on soil fertility to fertigated potato grown on sandy soil. *Libyan Agriculture Research Center Journal International*, 1 (4), 255-262.
- Soleimani Aghdam, M., Hassanpouraghdam, M. B., Paliyat, G. & Farmani, B. (2012). The language of calcium in postharvest life of fruits, vegetables and flowers. *Scientia Horticulturae*, 144, 102-115.
<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.07.007>
- Statistics of the Ministry of Agriculture. (2022). Statistics of Iran's agricultural products. Vice President of Planning and Economy. *Bureau of Statistics and Information Technology of the Ministry of Jihad Agriculture*, 85 p.
- Struik, P. C., Van der Putten, P. E. L., Caldiz, D. O. & Scholte, K. (2006). Response of stored potato seed tubers from contrasting cultivars to accumulated day- degrees. *Crop Science*. 46, 1156-1168.
<https://doi.org/10.2135/cropsci2005.08-0267>
- Unlu, H., Ozdamar-Unlu H. & Karakurt, Y. (2010). Influence of humic acid on the antioxidant compounds in pepper fruit. *Journal of Food Agriculture and Environment*, 8, 434-438.