# تأثیر سه نوع محلول غذایی بر صفات کمی و کیفی بوته‌ها و ریزغده‌های دو رقم سیب‌زمینی در سامانه هیدروپونیک

یونس خیری‌زاده آروق[1*]، مرتضی برمکی[1] و کاظم هاشمی‌مجد[2]

(تاریخ دریافت:۱۳۹۳/۲/۳۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۵/۲۲)

## چکیده

**این تحقیق به منظور بررسی تأثیر سه نوع محلول غذایی در تولید ریزغده سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum*) در سیستم هیدروپونیک تحت شرایط گلخانه انجام شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل و در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار انجام شد. عامل اول شامل نوع محلول غذایی در سه سطح (هوگلند و اشنایدر، ایما و آنجل، نوولا و همکاران) و عامل دوم رقم سیب‌زمینی در دو سطح (آگریا و کایزر) بود. گیاهچه‌های این ارقام از کشت بافت حاصل شده بودند. نتایج نشان داد که اثر اصلی محلول‌های غذایی و اثر متقابل محلول‌های غذایی با ارقام سیب‌زمینی بر ارتفاع بوته، قطر ساقه، وزن خشک اندام هوایی و ریشه‌ها، عملکرد هر بوته و تعداد ریزغده در هر بوته معنی‌دار بود. بیشترین ارتفاع بوته (۹۶/۸ سانتی‌متر)، وزن خشک اندام هوایی (۹۲/۲۲ گرم)، وزن خشک ریشه‌ها (۲۰/۰۸ گرم) و عملکرد هر بوته (۱۹۵/۶۶ گرم برای هر بوته) در رقم آگریا در محلول غذایی ایما و آنجل به دست آمد. بیشترین تعداد ریزغده در هر بوته (۹/۱ عدد) مربوط به رقم کایزر در محلول غذایی ایما و آنجل بود. بیشترین میانگین وزن ریزغده در محلول غذایی نوولا (۲۱/۹۳ گرم) و برای رقم آگریا (۲۸/۷۸ گرم) به دست آمد. همچنین، نتایج نشان داد که بیشترین میزان نشاسته (۹/۵۷ درصد) و نیترات (۷۲۸/۷۲ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک) متعلق به رقم آگریا، به ترتیب در محلول غذایی ایما و آنجل و محلول غذایی هوگلند و اشنایدر بود. بیشترین مقدار فسفر ریزغده (۰/۳۳ درصد) در محلول غذایی ایما و آنجل و بیشترین میزان پتاسیم (۲/۶۲ درصد) در رقم آگریا به دست آمد.**

**کلمات کلیدی: کشت بدون خاک، محلول غذایی، عناصر غذایی گیاه**

## مقدمه

سیب‌زمینی یکی از گیاهان مهم در بین محصولات زراعی جهان است (۳۵). از آنجایی که سیب‌زمینی از طریق غدهٔ بذری تکثیر می‌یابد، کیفیت غده‌های بذری موجود، به علت آلوده شدن به ویروس‌ها، کاهش یافته و باعث کاهش عملکرد می‌شود. در خلال فصل رشد، ممکن است بوته‌ها مورد حملهٔ ویروس قرار گیرند و این بوته‌ها عموماً غده‌های آلوده به ویروس تولید می‌کنند. اگر بوته‌های آلوده به ویروس از مزرعه حذف نشوند، یک محصول بذری که در ابتدا غیرآلوده است بعد از چند نسل به ویروس آلوده خواهد شد (۱۳). حدود ۳۰۰ عامل بیماری و

۱. گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل
۲. گروه علوم خاک، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل
*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: kheirizadeh@yahoo.com

آفت در این گیاه شناخته شده که انتقال آن‌ها از طریق غده‌های آلوده به نسل بعد می‌تواند باعث کاهش محصول (حتی تا ۹۰٪) گردد (۲). ریزغده سیب‌زمینی، غده‌های کوچک عاری از بیماری هستند که از گیاهچه‌های آزمایشگاهی، پس از انتقال به گلخانه، تولید می‌شوند و غده‌های بذری سالم و با کیفیت مناسب تولید می‌کنند (۱۸). ریزغده سیب‌زمینی نقش مهمی در سیستم تولید بذر آن دارد (۵۰). انتخاب نوع سیستم تولید بستگی به اندازهٔ مطلوب غده‌های تولیدی، هزینهٔ تولید گیاهچهٔ آزمایشگاهی، فضای موجود گلخانه، نیروی کار و تعداد و قیمت تمام شدهٔ غده‌های تولید شده دارد. کشت گیاهان آزمایشگاهی در گلخانه متداول‌ترین روش تولید ریزغده است. عوامل متعدد تأثیرگذار بر افزایش تعداد ریزغده به ازای هر بوته شامل عوامل کنترل کنندهٔ محیط رشد مانند دما و دورهٔ روشنایی مناسب، تعداد بوته، خاک‌دهی مکرر، بستر کاشت و استعمال مواد شیمیایی کنترل کنندهٔ غده‌زایی هستند (۲۳).

تاکنون بیش از ۱۵۰ محلول غذایی مختلف منتشر شده است که تفاوت آن‌ها در نسبت غلظت عناصر است (۱). در یک محلول غذایی مناسب باید نسبت بین عناصر مختلف، با در نظر گرفتن نیازهای هر گیاه و مراحل مختلف رشد آنان، تعیین شود. در این محاسبه، باید شرایط محیطی را نیز به حساب آورد. زیرا عوامل محیطی، مثل نور و دما، تأثیر فزاینده یا کاهنده‌ای بر نیازهای گیاهان دارند (۶).

امروزه، در دنیا، استفاده از کشت بدون خاک (هیدروپونیک) به عنوان نوعی فناوری تولید گیاهان که موجب افزایش کیفیت و کمیت محصولات باغبانی می‌شود، به طور فزاینده‌ای گسترش یافته است (۲۸). سیستم‌های کشت هیدروپونیک با توجه به مزایای متعدد نظیر افزایش عملکرد، تولید محصول سالم و یکنواخت و کاهش نیاز به کارگر، در حال گسترش می‌باشند. یکی از نکات مهم برای موفقیت‌آمیز بودن تولید در این سیستم‌ها، تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، بسته به نوع بستر کشت، طی دورهٔ رشد گیاه است (۹). مبینی و همکاران (۳۰) قطر ساقه و ارتفاع بوته سیب‌زمینی را در بسترهای کشت هیدروپونیک بیشتر از بسترهای خاکی گزارش کردند که علت آن رشد بهتر گیاهچه‌ها در بسترهای کشت هیدروپونیک از نظر تخلخل و تهویهٔ مناسب بود. نوولا و همکاران (۳۳) گزارش کردند که وزن خشک اندام‌های هوایی و ریشه ریزغده سیب‌زمینی در سیستم‌های هیدروپونیک، نسبت به بسترهای خاکی، بیشتر بود. سمیعی و همکاران (۷) بیشترین وزن خشک اندام‌های هوایی، ریشه و سطح برگ را در بسترهای کشت هیدروپونیک، نسبت به بسترهای خاکی، مشاهده کردند. سیستم‌های تولید هیدروپونیک اندازهٔ مطلوب ریزغده را امکان-پذیر می‌کنند. در سیستم‌های گلخانه‌ای و محیط کشت خاکی، تعداد ریزغده‌های تولید شده از هر گیاهچه معمولاً کم است (دو تا پنج غده به ازای هر گیاهچه)، که بستگی به رقم و مدیریت محصول دارد. در سیستم‌های کشت بدون خاک، تعداد غده‌های برداشت شده از هر گیاه بسیار زیاد است که منجر به تولید ریزغده‌هایی با وزن یکنواخت می‌شود (۵۰). ریتر و همکاران (۳۷) گزارش کردند که تعداد ریزغده در تیمارهای هیدروپونیک بیشتر از تیمارهای خاکی بود. کورئا و همکاران (۱۶) بیشترین عملکرد ریزغده سیب‌زمینی را در بسترهای کشت هیدروپونیک به دست آوردند روستا و همکاران (۵) در بررسی تأثیر سه نوع محلول غذایی بر سه رقم سیب‌زمینی در شرایط اروپونیک و هیدروپونیک، اظهار داشتند که عملکرد، تعداد ریزغده در بوته و ارتفاع بوته در سیستم کشت اروپونیک نسبت به هیدروپونیک بیشتر بود.

در تحقیق حاضر، سه ترکیب متفاوت محلول غذایی که توسط هوگلند و اشنایدر (۲۱)، ایما و آنجل (۲۲) و نوولا و همکاران (۳۳) برای تولید ریزغده سیب‌زمینی پیشنهاد شده، به محیط کشت مورد استفاده که مخلوطی از پیت‌ماس و پرلیت بود اضافه گردید و مناسب‌ترین ترکیب، با توجه به کیفیت و کمیت ریزغده‌های تولید شده برای شرایط گلخانه‌های تولید ریزغده، پیشنهاد شده است.

جدول ۱. غلظت عناصر تشکیل دهنده محلول‌های غذایی (میلی‌گرم در لیتر)

| عناصر | هوگلند و اشنایدر (۲۱) | ایما و آنجل (۲۲) | نوولا و همکاران (۳۳) |
|---|---|---|---|
| $KNO_3$ | ۵۰۵ | ۴۰/۴ | ۵۰۵ |
| $Ca(NO_3)_2$ | ۱۱۸۰ | ۲۵۴/۲ | ۶۵۶ |
| $NH_4NO_3$ | ۸۰ | ۳۵۲ | ۴۷ |
| $KH_2PO_4$ | ۱۴۳ | ۵۹۸/۴ | ۲۴۰ |
| $MgSO_4$ | ۴۹۳ | ۹۶ | ۱۸۰ |
| $Na_2MoO_4$ | ۰/۰۱۲ | ۰/۰۳۳ | ۰/۰۵۵ |
| $H_3BO_3$ | ۲/۸۶ | ۲/۲۱ | ۱/۵۶ |
| $CuSO_4$ | ۰/۰۵۱ | ۰/۴۸۱ | ۰/۹۱۲ |
| $ZnSO_4$ | ۰/۲۲ | ۰/۶۴۵ | ۱/۰۷ |
| $MnSO_4$ | – | ۵/۱۵ | ۸/۵ |
| Fe-EDDHA | ۲۲/۵ | ۱۳/۲۵ | ۴ |
| $MnCl_2$ | ۱/۸۱ | – | – |

## مواد و روش‌ها

این پژوهش به‌صورت فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سال ۱۳۹۰ در گلخانهٔ دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی انجام شد. فاکتور اول (A) شامل سه محلول غذایی مختلف به نام‌های هوگلند و اشنایدر (۲۱)، ایما و آنجل (۲۲) و نوولا و همکاران (۳۳) (جدول ۱) و فاکتور دوم (B) شامل گیاهچه‌های حاصل از کشت بافت دو رقم سیب‌زمینی (آگریا و کایزر) بود. رقم آگریا جزو ارقام دیررس است، بوته‌های پابلند دارد و دارای رشد و نمو سریعی می‌باشد. این رقم دارای عملکرد مناسبی بوده، درصد مادهٔ خشک آن نسبتاً زیاد است و برای تهیهٔ چیپس مناسب می‌باشد. رقم کایزر جزو ارقام متوسطرس است، بوته‌های متوسط تا بلند دارد، دارای عملکرد مناسبی بوده و برای مصرف تازه استفاده می‌شود. گیاهچه‌های سیب‌زمینی از شرکت دشت زرین اردبیل تهیه شد. گیاهچه‌های حاصل از کشت بافت ارقام آگریا و کایزر در گلخانه، در بستر کشتی که مخلوطی از پیت‌ماس و پرلیت بود، کاشته شدند. در بستر کشت مورد استفاده، پیت‌ماس و پرلیت به‌صورت حجمی یک به یک با یکدیگر مخلوط شدند. گیاهچه‌ها در طول دورهٔ رشد به طور مداوم و به‌صورت قطره‌ای با محلول‌های غذایی (جدول ۱) آبیاری شدند. آبیاری با محلول‌های غذایی به‌صورت جریان قطره‌ای پیوسته طوری انجام شد که محلول‌های غذایی از ته گلدان‌ها زهکش ننموده و میزان تأمین آب به اندازهٔ تبخیر و تعرق بوده و تنشی از این بابت به گیاه وارد نشد. شرایط رشد محیطی در کلیهٔ مراحل تحقیق در گلخانه با طول دورهٔ روشنایی ۱۴ ساعت و ۱۰ ساعت تاریکی، دمای ۲۵–۳۰ درجهٔ سلسیوس و رطوبت نسبی ۵۰–۶۰ درصد بود. پس از ۹۰ روز از کاشت، شاخ و برگ بوته‌ها به زردی گرایید که در این زمان بوته‌ها سرزنی شده و ۱۰ روز پس از سرزنی بوته‌ها، ریزغده‌ها برداشت گردیدند. در هنگام برداشت، صفات ارتفاع بوته، قطر ساقه، وزن خشک اندام‌های هوایی و ریشه‌ها اندازه‌گیری شد. قطر ساقه در محل طوقه، با کولیس اندازه‌گیری شد. اندام‌های هوایی و ریشه‌ها پس از برداشت به مدت ۴۸ ساعت در آون تهویه‌دار در دمای ۵۵ درجه قرار داده شدند و سپس وزن خشک آن‌ها تعیین گردید. در هنگام برداشت ریزغده‌ها، صفات میانگین عملکرد هر بوته، میانگین تعداد ریزغده در هر بوته و میانگین وزن هر ریزغده اندازه‌گیری شد. سپس، ریزغده‌ها به آزمایشگاه انتقال داده شدند و درصد پتاسیم، فسفر، نشاسته و میزان نیترات آن‌ها اندازه‌گیری شد. فرضیات این تحقیق این است که بین ارقام مختلف

سیب‌زمینی تفاوتی از نظر تعداد و کیفیت ریزغده‌های تولیدی وجود دارد و نیز بین ترکیب‌های مختلف محلول‌های غذایی تفاوتی از نظر تعداد و کیفیت ریزغده‌های تولیدی وجود دارد.

**غلظت پتاسیم ریزغده‌ها**

برای اندازه‌گیری پتاسیم، ابتدا غده‌ها خرد کرده و در آون در دمای ۵۵ درجه سلسیوس گذاشته شده تا خشک شوند. سپس، نمونه‌ها به وسیله آسیاب کاملاً پودر و یک گرم از پودر نمونه‌ها درون بوتهٔ چینی ریخته و در کورهٔ الکتریکی در دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس به مدت ۴ ساعت قرار داده تا خاکستر شوند. پس از سرد شدن، به هر کدام از ظروف حاوی خاکستر غده ۱۰ میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۲ نرمال اضافه و روی هیتر تا شروع جوشش حرارت داده شد. پس از حل شدن، محلول حاصل در داخل بالن‌های ۱۰۰ میلی‌لیتری عصاره‌گیری شده و با آب مقطر به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانیده شد. سپس، عصارهٔ حاصل به نسبت ۱ به ۱۰ با آب مقطر رقیق شد و غلظت پتاسیم نمونه‌ها با دستگاه فلیم‌فتومتر اندازه‌گیری شد (۵۵).

**غلظت فسفر ریزغده‌ها**

در این آزمایش، از دو محلول استفاده شد: محلول اول (A)- ۱۲ گرم مولیبدات آمونیوم در ۲۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر حل شد؛ ۰/۲۹۰۸ گرم تارتارات آنتیمونی پتاسیم و ۱۴۸ میلی‌لیتر اسید سولفوریک غلیظ با آب مقطر حجم آن به ۲ لیتر رسانیده شد. محلول دوم (B)- ۰/۵۲۸ گرم اسید آسکوربیک در ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول اول حل شد تا محلول دوم به دست آید. برای اندازه‌گیری فسفر، ابتدا غده‌ها را خرد کرده و در آون در دمای ۵۵ درجه گذاشته شد تا خشک شوند. سپس، نمونه‌ها به وسیله آسیاب کاملاً پودر و یک گرم از پودر نمونه‌ها درون بوتهٔ چینی ریخته و در کورهٔ الکتریکی در دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس به مدت ۴ ساعت قرار داده شد تا خاکستر شود. سپس، ۱۰ میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۲ نرمال به آن‌ها اضافه و روی هیتر تا شروع جوشش حرارت داده شد. پس از حل شدن، محلول حاصل در داخل بالن‌های ۱۰۰ میلی‌لیتری عصاره‌گیری شده و با آب مقطر به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانیده شد. سپس، یک میلی‌لیتر از عصارهٔ حاصل درون یک بالن ۵۰ میلی‌لیتری ریخته شد و ۴ میلی‌لیتر از محلول دوم به آن اضافه شد و حجم نهایی به ۵۰ میلی‌لیتر رسانیده شد. غلظت فسفر با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۵۰ نانومتر اندازه‌گیری شد (۲۴).

**غلظت نیترات ریزغده‌ها**

برای اندازه‌گیری نیترات، ابتدا ۱۷/۱ گرم سولفات آلومینیوم در یک بالن ۲ لیتری ریخته و حجم نهایی با آب مقطر به ۲ لیتر رسانیده شد. سپس، ۴۰ میلی‌لیتر از محلول حاصل به ۰/۴ گرم از پودر هر یک از نمونه‌ها اضافه شد و به مدت ۱۵ دقیقه توسط دستگاه شیکر تکان داده شد. و سپس عصارهٔ حاصل توسط کاغذ صافی و قیف بوخنر صاف گردید. میزان نیترات توسط دستگاه اندازه‌گیری نیترات (pH/ion meter) اندازه‌گیری و بر حسب میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک محاسبه گردید (۲۴).

**درصد نشاسته ریزغده‌ها**

برای اندازه‌گیری نشاسته از روش تاکاهیرو و همکاران (۵۲) استفاده شد. برای استخراج نشاسته، نمونه‌های سیب‌زمینی به وسیله دستگاه خردکن کاملاً خرد شده، سپس به میزان سه برابر وزن پالپ با آب مخلوط شده و به آن ۲۰ میلی‌لیتر محلول متابی‌سولفیت ۰/۱ درصد اضافه و به وسیله پارچه توری صاف گردید. پس از دو فاز شدن محلول، نشاسته توسط کاغذ صافی و قیف بوخنر جدا گردید و در دمای ۳۰ درجه سلسیوس خشک شد. سپس، درصد نشاسته بر حسب وزن تر اولیه محاسبه گردید.

## تجزیه تحلیل آماری

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 انجام شد

**جدول ۲. تجزیه واریانس صفات کمی بوته‌های سیب‌زمینی در محلول‌های غذایی و ارقام مختلف**

| منابع تغییرات | درجه آزادی | میانگین مربعات | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | ارتفاع بوته | قطر ساقه | وزن خشک اندام‌های هوایی | وزن خشک ریشه‌ها |
| تکرار | ۳ | ۱۳/۰۹۶ | ۰/۰۹۵ | ۱۸/۹۳۰ | ۰/۴۸۹ |
| محلول غذایی | ۲ | ۳۹۰۳/۴۵** | ۱۳/۶۱۰** | ۴۷۷۳/۸۸۴** | ۱۹۳/۲۹۳** |
| رقم | ۱ | ۳۶۷۳/۱۴۷** | ۲۴/۴۰۱** | ۱۱۵۶۶/۷۷۲** | ۵۶۵/۲۱۹** |
| محلول × رقم | ۲ | ۶۷۷/۰۹۶** | ۰/۸۲۱* | ۱۸۷۳/۵۲۵** | ۱۰۴/۵۷۶** |
| اشتباه آزمایشی | ۱۵ | ۸/۶۰۱ | ۰/۱۸۸ | ۳۲/۴۸۲ | ۱/۲۰۴ |
| ضریب تغییرات (٪) | - | ۴/۵۴۶ | ۷/۴۴۶ | ۱۳/۲۱۹ | ۱۱/۶۲۰ |

**، * و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪ و بدون اختلاف معنی‌دار

و میانگین‌ها بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ مقایسه شدند.

## نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس حاصل از اندازه‌گیری صفات مورد مطالعه نشان داد که بین محلول‌های غذایی و بین ارقام در صفات میانگین ارتفاع بوته، قطر ساقه، وزن خشک اندام‌های هوایی و وزن خشک ریشه‌ها اختلاف معنی‌داری وجود دارد. در این صفات، اثر متقابل بین فاکتورهای آزمایش نیز اختلاف معنی‌داری را نشان داد (جدول ۲).

مقایسه میانگین‌های اثر متقابل محلول‌های غذایی با ارقام نشان می‌دهد که بیشترین ارتفاع بوته (۹۶/۸ سانتی‌متر) مربوط به رقم آگریا در محلول غذایی ایما و آنجل و کمترین ارتفاع بوته (۳۶/۸ سانتی‌متر) مربوط به رقم کایزر در محلول غذایی هوگلند و اشنایدر می‌باشد (جدول ۳). استفاده از محلول‌های غذایی که نسبت بین نمک‌های کودی در آن‌ها مناسب است باعث افزایش ارتفاع گیاهچه‌های ریزغده شده است (۳۳). سامبو و همکاران (۴۰) دریافتند که افزایش غلظت محلول غذایی نه‌تنها بر تجمع مادهٔ خشک بلکه بر قطر ساقه و ارتفاع گیاه سیب‌زمینی نیز مؤثر است.

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که بیشترین قطر ساقه (۷/۹ میلی‌متر) مربوط به رقم آگریا در محلول غذایی نوولا با قطر و کمترین قطر ساقه (۳/۶ میلی‌متر) برای رقم کایزر در محلول غذایی هوگلند و اشنایدر به دست آمد (جدول ۳). سامبو و همکاران (۴۰) گزارش کردند که افزایش غلظت محلول غذایی باعث افزایش قطر ساقهٔ گیاه سیب‌زمینی می‌شود. مبینی و همکاران (۳۰) نیز قطر ساقه سیب‌زمینی را در بسترهای هیدروپونیک بیشتر از شاهد (بسترهای خاکی) گزارش کردند.

بیشترین وزن خشک اندام‌های هوایی و ریشه مربوط به رقم آگریا در محلول غذایی ایما و آنجل (به ترتیب ۹۲/۲۲ و ۲۰/۰۸ گرم) و کمترین وزن خشک اندام‌های هوایی و ریشه (به ترتیب ۹/۲۸ و ۲/۸۵ گرم) مربوط به رقم کایزر در محلول غذایی هوگلند و اشنایدر می‌باشد (جدول ۳). مطابق نتایج عبدالهادی و شانان (۱۱) شاخص سطح برگ، وزن خشک اندام‌های هوایی و ریشه‌های سیب‌زمینی در سیستم‌های هیدروپونیک بیشتر بود. دلشاد و همکاران (۴) گزارش کردند که کاربرد محلول‌های غذایی باعث افزایش مادهٔ خشک اندام‌های هوایی و ریشهٔ گوجه‌فرنگی می‌شود. آزمایش‌های بن و کافکافی (۱۴) روی فلفل دلمه‌ای و خیار نیز نشان داد که آمونیوم محلول‌های غذایی باعث افزایش وزن خشک اندام‌های هوایی و ریشهٔ این گیاهان گردید. در این پژوهش نیز میزان آمونیوم نیترات محلول غذایی ایما و آنجل (۲۲) نسبت به دو محلول غذایی دیگر بیشتر بود و شاید به همین دلیل بیشترین ارتفاع بوته، قطر ساقه، وزن خشک اندام‌های هوایی و ریشه ارقام

**جدول ۳. میانگین‌های صفات کمی بوته‌های سیب‌زمینی برای اثر متقابل محلول‌های غذایی × ارقام**

| ترکیبات تیماری | ارتفاع بوته (cm) | قطر ساقه (mm) | وزن خشک اندام‌های هوایی (g) | وزن خشک ریشه‌ها (g) |
|---|---|---|---|---|
| هوگلند و اشنایدر × آگریا | ۴۱/۱ d | ۵/۲ c | ۲۰/۵۷ d | ۴/۶۹ d |
| هوگلند و اشنایدر × کایزر | ۳۶/۸ d | ۳/۶ d | ۹/۲۸ e | ۲/۸۵ e |
| ایما و آنجل × آگریا | ۹۶/۸ a | ۷/۴ a | ۹۲/۲۲ a | ۲۰/۰۸ a |
| ایما و آنجل × کایزر | ۵۷ c | ۴/۶ c | ۲۰/۲۱ d | ۴/۰۳ d |
| نوولا × آگریا | ۹۲/۶ a | ۷/۹ a | ۸۲/۴۰ b | ۱۸/۱۲ b |
| نوولا × کایزر | ۶۲/۵ b | ۶/۱ b | ۳۳/۹۸ c | ۶/۸۸ c |

اعدادی که حداقل یک حرف مشترک دارند، در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

**جدول ۴. تجزیه واریانس صفات مورد ارزیابی در محلول‌های غذایی و ارقام برای عملکرد و اجزای عملکرد**

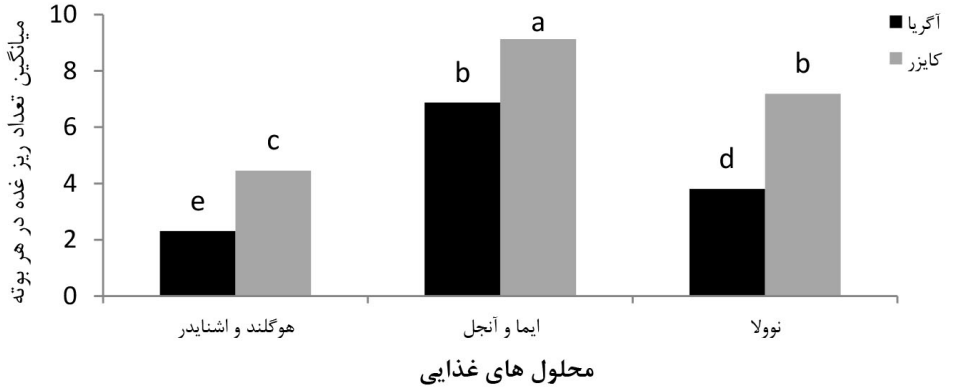
| منابع تغییرات | درجه آزادی | میانگین مربعات | | |
|---|---|---|---|---|
| | | عملکرد هر بوته | تعداد ریزغده در هر بوته | وزن هر ریزغده |
| تکرار | ۳ | ۱۱۷/۲۰ | ۰/۲۴۹ | ۸/۹۴۸ |
| محلول غذایی | ۲ | ۱۷۰۰۱/۸۳** | ۴۲/۵۸۱** | ۹۱/۵۷۸** |
| رقم | ۱ | ۲۸۸۹۹/۵۴** | ۴۰/۴۰۴** | ۲۵۸۶/۹۰۳** |
| محلول × رقم | ۲ | ۵۱۹۳/۱۵** | ۰/۹۲۲** | ۱۰/۴۲۷ns |
| اشتباه آزمایشی | ۱۵ | ۱۰۸/۰۳ | ۰/۱۳۰ | ۴/۰۲۹ |
| ضریب تغییرات (٪) | – | ۱۱/۳۶ | ۶/۴۲۸ | ۱۰/۹۰۹ |

** و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ و بدون اختلاف معنی‌دار

سیب‌زمینی در این محلول غذایی به دست آمد. ایما و آنجل (۲۲) نیز با کاربرد این محلول غذایی بیشترین تعداد ریزغده را در سیستم کشت اروپونیک به دست آوردند. صفات اندازه‌گیری شده در محلول غذایی هوگلند و اشنایدر نسبت به دو محلول غذایی دیگر کمترین مقدار را داشت و این شاید به دلیل غلظت کم فسفر در این محلول غذایی باشد. در این راستا، هاوکسفورد و همکاران (۲۰) اظهار داشتند که کمبود فسفر موجب اختلال در رشد گیاه شده و جنبه‌های مختلف متابولیسم آن را تحت تأثیر قرار دهد. کمبود فسفر موجب اختلال در انتقال آب به وسیله ریشه می‌شود و در دسترس نبودن آب کافی برای گسترش سلول‌ها موجب کوچک ماندن برگ‌ها و جلوگیری از رشد اندام‌های هوایی می‌گردد (۲۰).

تجزیهٔ واریانس عملکرد و اجزای آن نشان داد که اثر اصلی محلول‌های غذایی و اثر اصلی ارقام برای صفات میانگین عملکرد هر بوته، میانگین تعداد ریزغده در هر بوته و میانگین وزن هر ریزغده در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار است. همچنین، اثر متقابل محلول‌های غذایی با ارقام از لحاظ صفات میانگین عملکرد هر بوته و میانگین تعداد ریزغده در هر بوته اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ نشان داد (جدول ۴).

مقایسه میانگین‌ها برای اثر متقابل محلول‌های غذایی نشان داد که بیشترین میانگین تعداد ریزغده در بوته (۹/۱ عدد) متعلق به رقم کایزر در محلول غذایی ایما و آنجل و کمترین تعداد

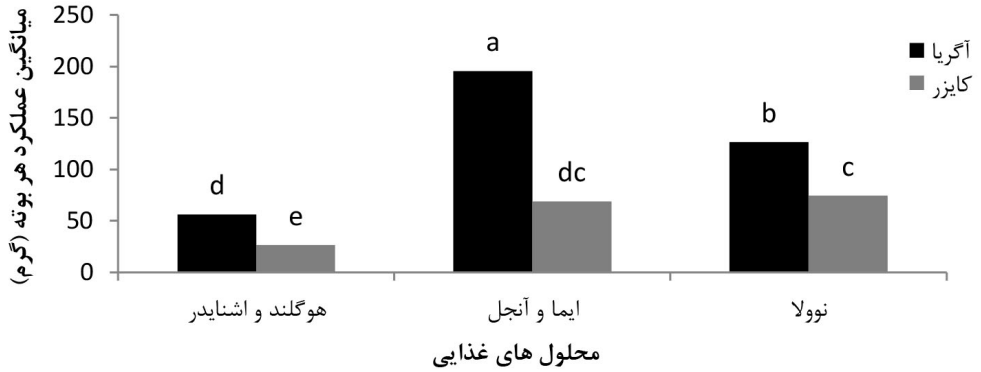



**شکل ۱. اثر متقابل محلول‌های غذایی با ارقام سیب‌زمینی بر میانگین تعداد ریزغده در هر بوته**

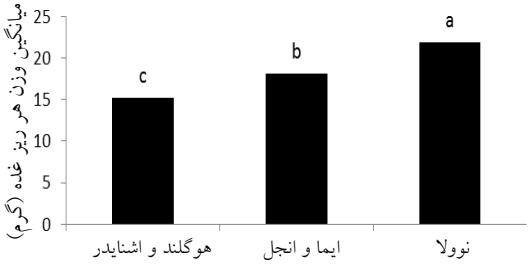
ریزغده در بوته (۲/۳ عدد) مربوط به رقم آگریا در محلول غذایی هوگلند و اشنایدر بود (شکل ۱).

در این آزمایش، محلول غذایی ایما و آنجل برای تولید ریزغده بیشتر، مناسب بود. تولید کل و تعداد غده‌ها در سیستم‌های هیدروپونیک بیشتر از سیستم‌های سنتی به دست آمد (۳۱). سیستم‌های هیدروپونیک و اروپونیک تولید ریزغده سیب‌زمینی، کمک می‌کنند تا تعداد غده در بوته بیشتر شود (۵۴). طی تحقیقات اوزکیناک و سامانسی (۳۴) تعداد غده و وزن غده در ریزغده‌های تولید شده در سیستم‌های کشت هیدروپونیک بیشتر بود. استالکنچ (۴۸) گزارش کرد که تولید ریزغده در سیستم‌های کشت هیدروپونیک در مقایسه با سیستم‌های خاکی ۷۰٪ بیشتر بود. در سیستم‌های گلخانه‌ای در محیط کشت خاکی، تعداد ریزغده‌های تولید شده از هر گیاهچه معمولاً کم است و تعداد آن‌ها دو تا پنج ریزغده به ازای هر گیاهچه می‌باشد که بستگی به رقم و مدیریت محصول دارد (۱۹). نیستور و همکاران (۳۲) گزارش کردند که میانگین تعداد ریزغده‌های تولیدی از ارقام اوستارا (Ostara)، کریستین (Christian) و روکلاس (Roclas) در کشت خاکی به ترتیب ۳/۹، ۶/۱ و ۵/۸ عدد در هر بوته بود. در حالی که برای همین ارقام در بستر کشت هیدروپونیک به ترتیب ۶/۷، ۷/۳ و ۸/۸ مینی‌تیوبر در هر بوته به دست آمد. ریتر و همکاران (۳۷) گزارش کردند که غده‌دهی در سیستم‌های خاکی، نسبت به محیط‌های متخلخل مانند پرلیت و ورمی‌کولیت، کمتر بود.

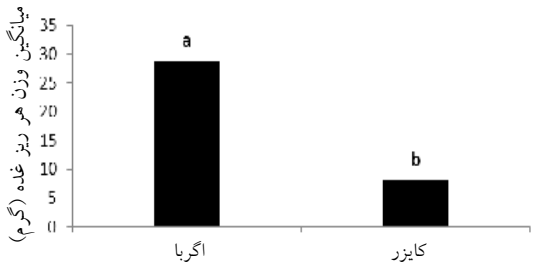
مقایسه میانگین‌های اثر متقابل محلول‌های غذایی با ارقام بیانگر این است که بیشترین میانگین عملکرد هر بوته (۱۹۵/۶۶ گرم) متعلق به رقم آگریا در محلول غذایی ایما و آنجل و کمترین میانگین عملکرد هر بوته (۲۶/۷۶ گرم) متعلق به رقم کایزر در محلول غذایی هوگلند و اشنایدر بود (شکل ۲). کونترراس و همکاران (۱۵) در آزمایشی روی بوته‌های گوجه‌فرنگی در کشت هیدروپونیک اظهار داشتند که با افزایش غلظت عناصر غذایی، به ویژه عناصر غذایی پرمصرف، عملکرد به‌صورت معنی‌داری افزایش پیدا کرد. کاراس و همکاران (۲۶) گزارش کردند که بستر کشت هیدروپونیک نسبت به بستر کشت خاکی تأثیرگذاری بسیار بیشتری را در افزایش عملکرد غده سیب‌زمینی در هر بوته داشته است. مبینی و همکاران (۳۰) گزارش کردند که بیشترین عملکرد ریزغده‌ها در سیستم‌های هیدروپونیک نسبت به بسترهای خاکی به دست آمد. در بیشتر گونه‌ها، به ویژه خیار، استفاده از نیتروژن نیتراتی باعث افزایش میزان فتوسنتز خالص و عملکرد می‌شود (۳۹). در این آزمایش نیز غلظت نیترات آمونیوم در محلول غذایی ایما و آنجل نسبت به دو محلول غذایی دیگر بیشتر بود که باعث افزایش عملکرد ریزغده‌های حاصل از این محلول غذایی شده است. همچنین، میزان فسفر این محلول غذایی نسبت به دو محلول غذایی دیگر




**شکل ۲. اثر متقابل محلول‌های‌غذایی با ارقام سیب‌زمینی بر میانگین عملکرد هر بوته**




**شکل ۳. میانگین وزن هر ریزغده در محلول‌های غذایی**




**شکل ۴. میانگین وزن هر ریزغده در ارقام سیب‌زمینی**

بیشتر بود که می‌تواند منجر به افزایش عملکرد شود (۴۵). در این راستا، روسین و همکاران (۳۸) اظهار داشتند که فسفر تأثیر معنی‌داری بر عملکرد غده سیب‌زمینی دارد، به طوری که کاربرد کود فسفره باعث افزایش ۵۰ درصدی عملکرد سیب‌زمینی می‌شود.

مقایسه میانگین‌های اثر اصلی محلول‌های غذایی نشان دادکه بیشترین میانگین وزن هر ریزغده (۲۱/۹۳ گرم) در محلول غذایی نوولا و کمترین میانگین وزن هر ریزغده (۱۵/۱۸ گرم) در محلول غذایی هوگلند و اشنایدر به دست آمد (شکل ۳). مقایسه میانگین اثر اصلی ارقام سیب‌زمینی نشان می‌دهد که بیشترین میانگین وزن هر ریزغده (۲۸/۷۸ گرم) برای رقم آگریا مشاهده گردید (شکل ۴). در کشت هیدروپونیک گیاهچه‌های ریزغده، هدف تولید تعداد بیشتری ریزغده می‌باشد. رقم کایزر در مقایسه با رقم آگریا تعداد بیشتری ریزغده تولید کرد. ولی ریزغده‌های تولیدی از رقم آگریا دارای وزن بیشتری نسبت به ریزغده‌های رقم کایزر بودند. طبق گزارش عبدالهادی و شانان (۱۱) میانگین وزنی زیادی برای ریزغده سیب‌زمینی در سیستم‌های هیدروپونیک به دست آمد. در سیستم‌های کشت بدون خاک، تعداد غده‌های برداشت شده از هر گیاه بسیار زیاد است و منجر به تولید ریزغده‌هایی با وزن یکنواخت می‌شود (۵۰).

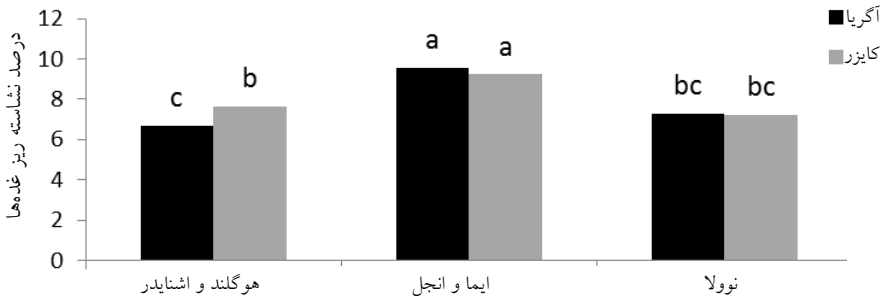
نتایج تجزیه واریانس حاصل از اندازه‌گیری صفات مورد مطالعه نشان داد که بین اثر اصلی محلول‌های غذایی و اثر متقابل محلول‌های غذایی با ارقام از لحاظ درصد نشاسته و میزان نیترات ریزغده‌ها اختلاف معنی‌داری وجود دارد. ولی اثر اصلی ارقام برای این دو صفت اختلاف معنی‌داری را نشان نداد. همچنین، اثر اصلی محلول‌های غذایی از لحاظ درصد فسفر ریزغده‌ها و اثر اصلی ارقام از لحاظ درصد پتاسیم ریزغده‌ها اختلاف معنی‌داری را نشان دادند (جدول ۵).

مقایسه میانگین‌های اثر متقابل محلول‌های غذایی با ارقام

**جدول ۵. تجزیه واریانس مربوط به غلظت عناصر، نشاسته و نیترات ریزغده‌های سیب‌زمینی**

| منابع تغییرات | درجه آزادی | میانگین مربعات | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | درصد پتاسیم ریزغده‌ها | درصد فسفر ریزغده‌ها | درصد نشاسته ریزغده‌ها | میزان نیترات ریزغده‌ها |
| تکرار | ۳ | ۰/۰۳۶ | ۰/۰۰۱ | ۰/۲۸۴ | ۳۶۷۶/۳۴۳ |
| محلول غذایی | ۲ | ۰/۰۴۴ ns | ۰/۰۸۱ ** | ۱۲/۹۴۲ ** | ۲۱۱۸۱۴/۴۵۲ ** |
| رقم | ۱ | ۱/۱۳۵ ** | ۰/۰۰۹ ns | ۰/۱۸۷ ns | ۴۷۶۱/۴۳۴ ns |
| محلول × رقم | ۲ | ۰/۰۲۷ ns | ۰/۰۰۷ ns | ۰/۹۳۳ * | ۱۱۹۵۴۶/۲۲۶ ** |
| اشتباه آزمایشی | ۱۵ | ۰/۰۵۶ | ۰/۰۰۳ | ۰/۱۷۵ | ۱۴۴۳/۰۴۵ |
| ضریب تغییرات (٪) | – | ۹/۸۹۶ | ۲۴/۷۶۵ | ۵/۲۷۳ | ۹/۳۹۶ |

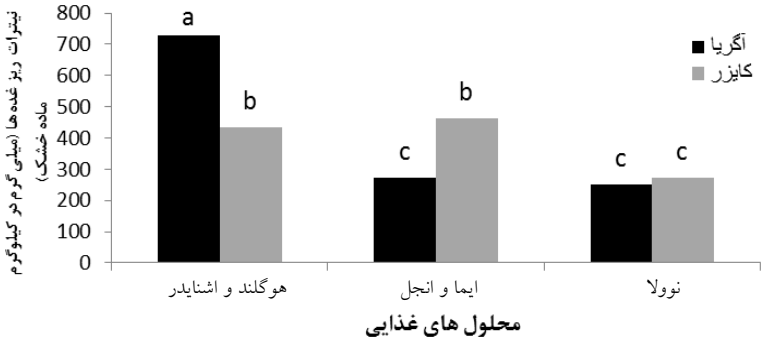
**، * و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪ و بدون اختلاف معنی‌دار




**شکل ۵. اثر متقابل محلول‌های غذایی با ارقام بر درصد نشاسته ریزغده‌ها**

برای درصد نشاسته بیانگر این است که بیشترین میزان نشاسته ریزغده (۹/۵۷ درصد) متعلق به رقم آگریا در محلول غذایی ایما و آنجل و کمترین میزان نشاسته ریزغده (۶/۶۷ درصد) متعلق به رقم آگریا در محلول غذایی هوگلند و اشنایدر می‌باشد (شکل ۵). نشاسته ترکیب اصلی و مهم سیب‌زمینی می‌باشد که ۱۷ تا ۲۱ درصد از وزن تازه سیب‌زمینی و حدود ۸۰ درصد ماده خشک آن را تشکیل می‌دهد (۵۱). استارک و لاو (۴۹) بیان داشتند که بین وزن مخصوص غده، درصد ماده خشک غده و درصد نشاسته ارتباط معنی‌داری وجود دارد، به طوری که با افزایش وزن مخصوص غده، درصد ماده خشک و درصد نشاسته افزایش می‌یابد و درصد نشاسته سیب‌زمینی را بین ۹ تا ۲۰ درصد به دست آوردند. یقبانی و محمدزاده (۱۰) نشان دادند که بین ارقام سیب‌زمینی از نظر درصد نشاسته اختلاف معنی‌داری وجود دارد. نشاسته نقش مهمی در کیفیت غده سیب‌زمینی ایفا کرده و از مهمترین عوامل مؤثر بر کیفیت پخت سیب‌زمینی است (۲۷).

مقایسه میانگین‌های اثر متقابل محلول‌های غذایی با ارقام نشان می‌دهد که بیشترین میزان نیترات ریزغده (۷۲۸/۷۲ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک) متعلق به رقم آگریا در محلول غذایی هوگلند و اشنایدر و کمترین میزان نیترات ریزغده (۲۵۲/۷۳ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک) متعلق به رقم آگریا در محلول غذایی نوولا می‌باشد (شکل ۶). در ایتالیا، میزان نیترات سیب‌زمینی کمتر از ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر گزارش شده و نشان داده شده که واریته، نوع و میزان کود نیتروژنه و زمان برداشت بر میزان این ترکیب مؤثر هستند (۴۱). شهلایی و همکاران (۴۲) در ارزیابی میزان نیترات موجود در سبزی‌های کشت شده در اهواز در دو فصل بهار و زمستان، نشان دادند که فصل بر میزان تجمع نیترات تأثیری ندارد و کمترین میزان

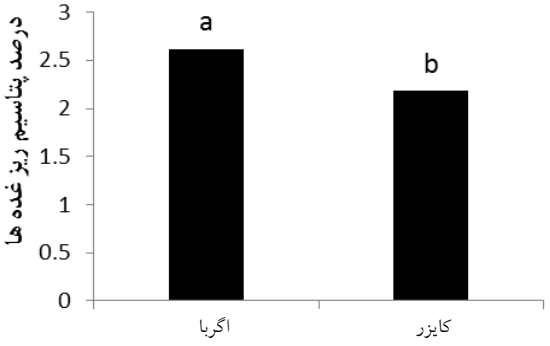



**شکل ۶. اثر متقابل محلول‌های غذایی با ارقام بر میزان نیترات ریزغده‌ها**

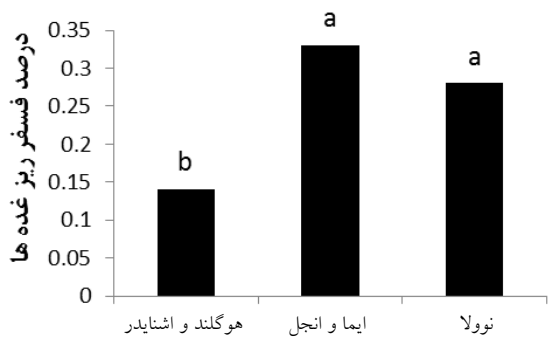
نیترات را در سیب‌زمینی ۱۸۴/۴ میلی‌گرم در لیتر گزارش کردند. طباطبایی و همکاران (۸) نیز با تعیین میزان نیترات در انواع سبزی‌های شهرستان تبریز به روش اسپکتروفتومتری، نشان دادند که تجمع نیترات در سبزی‌های برگی بیشتر از غده‌ای و سبزی‌های غده‌ای بیشتر از بوته‌ای است. ردا و همکاران (۳۶) مهم‌ترین عامل تجمع نیترات در سیب‌زمینی را ویژگی رقم گزارش کردند. در محلول غذایی هوگلند و اشنایدر، نسبت به دو محلول غذایی دیگر، نیتروژن بیشتری، به‌خصوص از منبع نیترات کلسیم، استفاده شده (جدول ۱) و غلظت زیاد نیترات تجمع یافته در غده‌های به دست آمده از این تیمار می‌تواند از این عامل ناشی شده باشد. البته در تولید ریزغده برای تهیه بذر اصلاح شده سیب‌زمینی، درصد زیاد نیترات صفت منفی تلقی نمی‌شود، زیرا غده‌ها به مصرف غذایی نمی‌رسند.

اثر اصلی محلول‌های غذایی بر درصد فسفر ریزغده‌ها در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. ولی اثر اصلی ارقام و همچنین اثر متقابل محلول‌های غذایی با ارقام در صفت درصد فسفر ریزغده معنی‌دار نشد (جدول ۵). مقایسه میانگین اثر اصلی محلول‌های غذایی برای درصد فسفر ریزغده نشان می‌دهد که بیشترین مقدار فسفر ریزغده (۰/۳۳ درصد) در محلول غذایی ایما و آنجل و کمترین مقدار فسفر ریزغده (۰/۱۴ درصد) در محلول غذایی هوگلند و اشنایدر مشاهده شد (شکل ۷). این نتایج می‌تواند به این دلیل باشد که بیشترین درصد فسفر در محلول غذایی ایما و آنجل به کار رفته، در حالی که در محلول غذایی هوگلند و اشنایدر فسفر کمتری مورد استفاده قرار گرفته است. شارما و اروا (۴۵) گزارش کردند که فسفر از طریق افزایش تعداد غده و اندازه غده باعث افزایش عملکرد می‌شود. تاشخودژائف (۵۳) گزارش کرد که مقدار ویتامین ث غده سیب‌زمینی تحت تأثیر فسفر افزایش می‌یابد. کمبود فسفر در سیب‌زمینی باعث تولید غده‌هایی می‌گردد که ماده خشک کمتری دارند. در اندک تحقیقات انجام گرفته، همبستگی بسیار زیادی بین کاربرد فسفر و کیفیت غده‌ها مشاهده شده است (۱۷). خلدبرین و اسلام‌زاده (۳) گزارش کردند که فسفر در تنظیم سنتز کربوهیدرات‌ها، به‌خصوص نشاسته، نقش مهمی دارد.

تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۵) نشان می‌دهد که اختلاف معنی‌داری بین ارقام از لحاظ درصد پتاسیم ریزغده‌ها وجود دارد. ولی بین محلول‌های غذایی و همچنین اثر متقابل محلول‌های غذایی در ارقام اختلاف معنی‌داری از لحاظ این صفت وجود نداشت. بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌های به دست آمده برای ارقام، مشاهده می‌شود که بیشترین مقدار پتاسیم ریزغده (۲/۶۲ درصد) برای رقم آگریا و کمترین مقدار پتاسیم ریزغده (۲/۱۸ درصد) برای رقم کایزر به دست آمد (شکل ۸). میزان پتاسیم غده سیب‌زمینی بر اندازه آن تأثیر دارد و کیفیت غده‌های سیب‌زمینی را تا حد زیادی تحت تأثیر قرار می‌دهد (۴۳). مطالعات شارما و همکاران (۴۴) نشان داد که پتاسیم باعث افزایش ماده خشک، مقدار نشاسته و میزان اسید




**شکل ۷. درصد پتاسیم ارقام سیب‌زمینی**




**شکل ۸. درصد فسفر ریزغده‌ها در محلول‌های غذایی**

آسکوربیک سیب‌زمینی می‌شود. همچنین، مزومدار و مجومدر (۲۹) بیان داشتند که سطوح کم پتاسیم در کیفیت میوه اثرگذار است و تأثیر خود را روی اسیدیته آن می‌گذارد و کیفیت میوه را کاهش می‌دهد. آدامز (۱۲) بیان داشت که ذخیره پتاسیم عامل اصلی در کیفیت و طعم میوه است. سینگ و بنسال (۴۶) گزارش کردند که کاربرد پتاسیم باعث بهبود محتوای پروتئین خام غده سیب‌زمینی شده و بهره‌وری کشاورزی آن را افزایش می‌دهد. پتاسیم در سیب‌زمینی برای ساخت قندهای ساده و نشاسته و در انتقال کربوهیدرات‌ها ضروری است (۴۷). ضمیرخان و همکاران (۵۶) گزارش کردند که مقدار ویتامین ث غده سیب‌زمینی تحت تأثیر پتاسیم افزایش می‌یابد. به گزارش کمال و همکاران (۲۵) مقدار قند در غده سیب‌زمینی با استفاده از پتاسیم افزایش یافته است.

## نتیجه‌گیری

در این پژوهش، برای تولید گلخانه‌ای ریزغده، محلول غذایی ایما و آنجل نسبت به محلول غذایی هوگلند و اشنایدر و محلول غذایی نوولا و همکاران برتری محسوسی داشت و این به دلیل تعادل مناسب غلظت عناصر غذایی در این محلول می‌باشد. در کشت هیدروپونیک گیاهچه‌های ریزغده، هدف تولید بیشترین تعداد ریزغده در هر بوته می‌باشد. در این آزمایش نیز بیشترین میانگین تعداد ریزغده در هر بوته برای رقم آگریا (تولید ۶/۸ عدد ریزغده در هر بوته) و هم برای رقم کایزر (تولید ۹/۱ عدد ریزغده در هر بوته) در محلول غذایی ایما و آنجل به دست آمد. ریزغده‌های حاصل از این محلول غذایی، نسبت به ریزغده‌های حاصل از دو محلول غذایی دیگر، درصد نشاسته و فسفر زیادی داشتند.

## منابع مورد استفاده


۱. احمدی، ن. ا. ۱۳۶۳. فیزیولوژی گیاهی (فتوسنتز و تغذیه). انتشارات مرکز نشر دانشگاهی، تهران، ۲۱۶ صفحه.

۲. پژوهنده، م. ۱۳۸۰. ایجاد بانک درون شیشه‌ای ژرم‌پلاسم عاری از ویروس سیب‌زمینی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه بیماری‌شناسی گیاهی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ۲۱۰ صفحه.

۳. خلدبرین، ب. و ط. اسلام‌زاده. ۱۳۸۰. تغذیهٔ معدنی گیاهان عالی. (ترجمه)، نوشتهٔ هورست مارشنر، جلد اول، انتشارات دانشگاه شیراز، ۹۴۵ صفحه.

۴. دلشاد، م.، م. بابالار و ع. کاشی. ۱۳۷۹. اثر شاخص نیتروژن محلول‌های غذایی در تغذیه معدنی ارقام گوجه‌فرنگی. علوم کشاورزی ایران ۳۱(۳): ۶۱۳-۶۲۵.

۵. روستا، ح. ر.، م. رشیدی، ح. ر. کریمی، ح. علایی و م. تدین‌نژاد. ۱۳۹۲. مقایسه رشد رویشی و عملکرد ریزغده در سه رقم سیب‌زمینی در سیستم‌های هواکشت و هیدروپونیک کلاسیک (بستر) و سه محلول غذایی مختلف. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای ۴(۱۴): ۷۳-۷۹.

۶. سجادی، ع. ۱۳۶۲. آبکشت (کشاورزی بدون خاک). انتشارات طوفان، ۱۲۱ صفحه.

۷. سمیعی، ل.، ا. خلیقی، م. کافی، س. سماوات و م. ارغوانی. ۱۳۸۴. بررسی امکان بهره‌گیری از ضایعات سلولزی به عنوان جایگزین پیت‌ماس در بستر کشت گیاه برگ زینتی آگلونوما. علوم کشاورزی ایران ۳۶(۲): ۵۰۳-۵۱۰.

۸. طباطبایی، ج.، م. ج. نظری دلجو، ر. رستمی، ف. آزرمی، ف. فضیلت و س. پهنایی. ۱۳۸۴. ارزیابی غلظت نیترات سبزی‌های برگی، غده‌ای و میوه‌ای شهرستان تبریز. چهارمین کنگره علوم باغبانی ایران، دانشگاه فردوسی مشهد.

۹. عالی‌فر، ن.، ا. محمدی قهساره و ن. هنرجو. ۱۳۸۹. اثر نوع بستر کشت بر عملکرد و جذب برخی عناصر غذایی به‌وسیله خیار گلخانه‌ای در کشت بدون خاک. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای ۱(۱): ۱۹-۲۴.

۱۰. یقبانی، م. و ج. محمدزاده. ۱۳۸۴. بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی نشاسته ارقام غالب سیب‌زمینی منطقه گلستان. علوم و صنایع غذایی ایران ۴(۲): ۷۱-۷۹.

11. Abd El-Hady, M. and N. Shanan. 2010. Enhancement growth characters of pothos plants (*Epipremnum aureum* Lindl.) grown in different improved pot media. Int. J. Acad. Res. 2(2): 89-97.
12. Adams, P. 1999. Plant nutrition demystified. Acta Hort. 481: 341-344.
13. Beukema, H.P. and D.E. van der Zaag. 1990. Introduction to Potato Production. PUDOC, Wageningen, The Netherlands.
14. Ben, U. and A. Kafkafi. 2002. Melons, cucumber and pepper fruit quality as affected by timing, duration and concentration of phosphate and nitrogen source in recycled hydroponic system. Dept. of Field Crops, Rehovot, Occupied Palestine.
15. Contreras, J.I., L. Segura, I. Pascual and J.J. Catala. 2006. Effect of the NPK fertilization and irrigation water quality on the quality of tomato fruit. VIII International Symposium on Protected Cultivation in Mild Winter Climates: Advances in Soil and Soilless Cultivation under 747: 481-484.
16. Correa, R.M., J.E.B.P. Pinto, C.A.B.P. Pinto, V. Faquin, E.S. Reis, A.B. Monteiro and W.E. Dyer. 2008. A comparison of potato seed tuber yield in beds, pots and hydroponic system. Sci. Hort. 116: 17-20.
17. Ekelof, J. 2007. Potato yield and tuber set as affected by phosphorus fertilization. Master project in the Hort Sci. programme: 2, 20 p. (30 ECTS).
18. Hassanpanah, D., A.A. Hosienzadeh and N. Allahyari. 2009. Evaluation of planting date effects on yield and yield components of Savalan and Agria cultivars in Ardabil region. J. Food Agric. Environ. 7(34): 522-528.
19. Hassanpanah, D. and M. Khodadadi. 2009. Study the plantlet age effect and planting beds on Agria potato mini-tuber production under *in vivo* condition. J. Biol. Sci. 9(3): 243-248.
20. Hawkesford, M., W. Horst, T. Kichey, H. Lambers, J. Schjoerring, I. Skrumsager Moller and P. White. 2012. Functions of macronutrients. PP. 135-190. *In:* Marschner, P. (Ed.), Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants, Oxford, UK.
21. Hoagland, D.R. and W.C. Snyder. 1933. Nutrition of strawberry plants under controlled conditions. Proc. Am. Soc. Hort. Sci. 30: 288-296.
22. Imma, F. and M. Angel. 2006. Potato minituber production using aeroponics: Effect of plant density and harvesting intervals. Am. J. Potato Res. 83: 47-53.
23. Jones, E.D. 1988. A current assessment of *in vitro* culture and other rapid multiplication methods in North America and Europe. Am. Potato J. 65: 209-220.
24. Jones, J.B. 2001. Laboratory Guide for Conduction of Soil Tests and Plant Analysis. CRC Press, LLC, USA.
25. Kamal, M.A.M., G.M. Khaled and M.A. Eskaros. 1974. Effect of growth and mineral nutrition on the reducing and non-reducing sugars in potato plants. Agric. Res. Rev. 52(5): 139-147.
26. Karras, G., D. Savvas, G. Patakioutas, P. Pomonis and T. Albanis. 2005. Fate of metalaxyl applied in nutrient solution to gerbera (*Gerbera jamesonii*) grown in a 'closed' hydroponic system. J. Hort. Sci. Biol. 80: 111-115.
27. Lisinska, G. and W. Leszczynski. 1989. Potato Science and Technology. Elsevier Sci. Publ., London, UK, pp. 166-227.

28. Martinez, P.F. and M. Abad. 1992. Soilless culture of tomato in different mineral substrates. *Acta Hort*. 323: 251-259.
29. Mazumdar, B.C. and K. Majumder. 2003. Methods on Physico-chemical Analysis of Fruits. Daya Publishing House, India, pp. 93-96.
30. Mobini, S., M.R. Ismail and H. Arouiee. 2009. Influence of ventilation and media on potato (*Solanum Tuberosum* L.) tuberization and its growth characteristics. Afr. J. Biotech. 8(10): 2232-2241.
31. Muro, J., V. Diaz, J.L. Goni and C. Lansfus. 1997. Comparison of hydroponic culture and culture in a peat/sand mixture and the influence of nutrient solution and plant density on seed potato yield. Potato Res. 40: 431-438.
32. Nistor, A., N. Karacsonyi and D. Chiru. 2010. Results regarding potato varieties multiplication using the method of culture on industrial sublayers. J. EcoAgriTourism 6(3): 9-19.
33. Novella, M.B., J.L. Andriolo, D.A. Bisognin, C.C. Melo and B.M. Guerra. 2008. Concentration of nutrient solution in the hydroponic production of potato minitubers. Ciencia Rural, Santa Maria 38(6): 1529-1533.
34. Ozkaynak, E. and B. Samanci. 2006. Field performance of potato minituber weights at different planting dates. Arch. Agron. Soil Sci. 52(3): 333-338.
35. Paul, H.L. 1985. Potato Physiology. Academic Press, Inc.
36. Reda, S., E. Lojkowska and Z. Jastrzebska. 1993. The influence of nitrogen fertilizer application on nitrate content in potato tubers. Biuletyn Instytutu Ziemniaka 42: 29-37.
37. Ritter, E., B. Angulo, P. Riga, C. Herran, J. Relloso and M. Sanjose. 2001. Comparison of hydroponic and aeroponic cultivation systems for the production of potato minituber. Potato Res. 44: 127-137.
38. Rosen, C., M. McNearney and P. Bierman. 2010. Evalution of specialty phosphorus fertilizer sources for potato. Northern Plains Potato Growers Association Research Reporting Meeting. Available at: http://www.nppga.org/crop_science/research_reports_17_2768967167.pdf.
39. Roosta, H.R., A. Sajjadinia, A. Rahimi and J.K. Schjoerring. 2009. Responses of cucumber plant to $NH_4^+$ and $NO_3^-$ nutrition: The relative addition rate technique vs. cultivation at constant nitrogen concentration. Sci. Hort. 121: 397-403.
40. Sambo, P., F. Sannazzaro and M. Evens. 2006. Effect of root substrates and nutrient solution electrical conductivity on tomato transplant characteristics. HortSci. 41(4): 982-986.
41. Serio, F., A. Elia, P. Santamaria and A. Signore. 2002. Nitrate content in early potato. Colture Protette 31: 33-37.
42. Shahlaei, A., N. Ansari and F. Sedighi-Dehkordi. 2007. Evaluation of nitrate and nitrite content of Iran Southern (Ahwaz) vegetables during winter and spring of 2006. Asian J. Plant Sci. 6(8): 1197-1203.
43. Sharma, R.C. and K.C. Sud. 2001. Potassium management for yield and quality of potato. CPRI, Shimla-171 001 (HP): 363-381.
44. Sharma, R.C., M. Singh and K.C. Sud. 1976. Relative response of potato to three sources of potassium. Indian J. Agron. 21: 341-348.
45. Sharma, V.C. and B.R. Arora. 1987. Effects of nitrogen, phosphorus, and potassium application on the yield of potato tubers (*Solanum tuberosum* L.). J. Agric. Sci. 108: 321-329.
46. Singh, J. and S.K. Bansal. 2000. Relative effect of two sources of potassium on yield and economics of potato production in an Inceptisol of western UP. J. Potassium Res. 16: 52-54.
47. Smith, D. and R.R. Smith. 1977. Responses of red clover to increasing rates of top dress potassium fertilizer. Agron. J. 69: 45-48.
48. Stallknecht, G.F. 1985. Tuber initiation in *Solanum tuberosum*: Effect of phytohormones and induced changes in nucleic acid and protein metabolism. PP. 231-260. *In:* Li, P.H. (Ed.), Potato Physiology, Academic Press, London.
49. Stark, J.C. and S.L. Love. 2003. Potato Production Systems. University of Idaho Extension, 420 p.
50. Struik, P.C. 2007. The canon of potato science: 25, minituber. Potato Res. 50: 305-308.
51. Swinkels, J.J.M. 1985. Composition and properties of commercial and native starches. Starch 37: 1-5.
52. Takahiro, N., T. Shogo, M. Motoyuki, T. Shigenobu, M.E. Chie, S. Katsuichi, W.H. Arachichige, H. Akihiro, S. Yasuyuki and Y. Hiroaki. 2004. The effect of harvest dates on the starch properties of various potato cultivars. Food Chem. 86: 119-125.
53. Tashkhodzhaev, A.T. 1975. Action of super-phosphate on the yield of potatoes grown on sierozems. Khim. Sel'sk Khoz. Technisch Berichten HKIM, Amsterdam, No. 4, 76 p.
54. Van der Veeken, A.J.H. and W.J.M. Lommen. 2009. How planting density affects number and yield of potato minitubers in a commercial glasshouse production system. Potato Res. 52(2): 105-119.
55. William, H. and W.L. George. 2000. Official Methods of Analysis of AOAC International. USA, AOAC International Suite 500: 481.
56. Zameer Khan, M., M. Ehsan Akhtar, M. Naeem Safdar, M. Masud Mahmood, M. Sagheer Ahmad and N. Ahmed. 2010. Effect of source and level of potash on yield and quality of potato tubers. Pak. J. Bot. 42(5): 3137-3145.