

The Effect of Different Nutrient Solutions on the Qualitative and Physiological Characteristics of two Pepper cultivars

Jaber Panahandeh^{1*}, Rana Ohebbi Mayan², Sahebali Bolandnazar¹, Mina Amani³, Zahra Dadashian²

Received: 02 February 2023 Accepted: 09 November 2023

1, 4- Former graduate student, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

2-Prof., Dept. of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

3-PhD Student in Production and Post-Harvest Physiology of Medicinal Plants, Dept. of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

*Corresponding Author Email: panahandeh@tabrizu.ac.ir

Abstract

Background & Objective: The aim of this study was to evaluation of the effect of different nutrient solutions on the physiological characteristics and fruit yield and quality of pepper for chosing and advaising the suitable nutrient solution for hydroponically growing of pepper plant plant.

Materials & Methods: In this experiment, the effect of four nutrient solutions (Hoagland 1, Hoagland 2, England and Knop) on the fruit yield and quality were evaluated. The experiment was carried out as a factorial based on randomized compelet block with three replication, in which the first factor was the four nutrient solutions and the second was the two pepper cultivars (Dimaz and California wonder). Traits related to physiological characteristics (chlorophyll index, leaf nitrogen, phosphorus and potassium content) and pepper fruit characteristics (fruit length and diameter, TSS, EC, titratable acidity and vitamin C) were assessed.

Results: According to the results, Dimaz cultivar has the highest fruit total soluble solids (TSS) and pH. The highest chlorophyll index (49.5 spad units) was obtained in Hoagland 1 nutrient solution. The interaction of nutrient solution and cultivars on leaf nitrogen concentration was significant, so that the highest amount of nitrogen obtained in the combination of Dimaz variety with Hoagland 1 (3.2 mg/g DLW) and Hoagland 2 (1.3 mg/g DLW) and Californiawander cultivar with Hoagland 2 (3.15 mg/g DLW). The highest concentration of leaf phosphorus were observed in treatment combination of Hoagland I with Californiawander cultivar (1.9 mg/g DLW) and the English nutrient solution with the Dimaz cultivrs (1.85 mg/g DLW).

Conclusion: According to the results, England nutrient solution with a favorable effect on some qualitative characteristics was introduced as the most suitable nutrient solution for pepper cultivation in our experiment.

Keywords: Chlorophyll Index, Hoagland, NPK Elements, Soluble Solids

تأثیر محلول‌های غذایی مختلف بر روی خصوصیات کیفی و فیزیولوژیکی دو رقم فلفل

رعنا احبی مایان^۱، جابر پناهنده ینگجه*^۲، صاحبعلی بلندنظر^۲، مینا امانی^۳، زهرا داداشیان^۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۸/۱۸

۱- دانش آموخته دانشگاه تبریز، گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

۲- استاد گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

۳- دانشجوی دکتری فیزیولوژی تولید و پس از برداشت گیاهان دارویی، گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

۴- گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

*مسئول مکاتبه: Email: panahandeh@tabrizu.ac.ir

چکیده

اهداف: هدف از پژوهش بررسی محلول‌های غذایی مناسب برای حصول کیفیت مناسب و خصوصیات فیزیولوژیکی مناسب می‌باشد. لذا در این پژوهش تأثیر محلول‌های غذایی مختلف بر برخی خصوصیات فیزیولوژیکی و همچنین خصوصیات کیفی دو رقم فلفل (دیماز و کالیفرنیاواندر) تحت شرایط هیدروپونیک مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها: در این آزمایش، تأثیر چهار نوع محلول غذایی (هوگلند ۱، هوگلند ۲، انگلستان و ناپ) در سه تکرار روی دو رقم (دیماز و کالیفرنیاواندر) به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سال ۱۳۹۵-۹۶ در گلخانه تحقیقاتی گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز مورد بررسی قرار گرفت. صفات مرتبط با خصوصیات فیزیولوژیکی (شاخص کلروفیل، غلظت عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم برگ) و صفات کیفی میوه فلفل (طول و قطر میوه، مواد جامد محلول، EC میوه، اسیدیته قابل تیتراسیون و ویتامین ث) مورد بررسی قرار گرفت.

یافته‌ها: باتوجه به نتایج می‌توان گفت که رقم دیماز بیشترین مواد جامد محلول کل و pH را به خود اختصاص داد. بیشترین شاخص کلروفیل (۴۹/۵ واحد اسپد) در تیمار هوگلند ۱ به دست آمد. تأثیر تیمارها و ارقام بر غلظت نیتروژن برگ معنی‌دار شد، به طوری که بیشترین میزان نیتروژن به ترتیب در ترکیب تیماری رقم دیماز با هوگلند ۱ (۳/۲ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک برگ) و هوگلند ۲ (۳/۱ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک برگ) و رقم کالیفرنیاواندر با هوگلند ۲ (۳/۱۵ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک برگ) مشاهده شد. غلظت فسفر برگ نیز به ترتیب برای محلول غذایی هوگلند ۱ در رقم کالیفرنیاواندر (۱/۹ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک برگ) و محلول غذایی انگلستان در رقم دیماز (۱/۸۵ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک برگ) مشاهده شد.

نتیجه‌گیری: باتوجه به نتایج، محلول غذایی انگلستان با تأثیر مطلوب بر روی برخی خصوصیات کیفی به عنوان مناسب‌ترین محلول غذایی برای کشت و پرورش فلفل در این آزمایش معرفی شد.

واژه‌های کلیدی: شاخص کلروفیل، عناصر NPK، مواد جامد محلول، هوگلند

مقدمه

به طوری که درحال حاضر در کشورهای پیشرفته از روش‌های نوین در تولید محصولات کشاورزی استفاده می‌شود (لوپز-گالوز و همکاران ۲۰۱۴). یکی از روش‌های جدید استفاده از سیستم‌های کشت بدون

امروزه با رشد جمعیت و محدودیت منابع آب و خاک در کشورها، با ابداع روش‌های جدید جهت تأمین مواد غذایی موردنیاز اقدامات مؤثری انجام می‌پذیرد.

(مردانلو و همکاران ۲۰۱۸). سطوح بیش از حد بالای عناصر سبب ایجاد تنش اسمزی، سمیت یونی و عدم تعادل یونی می‌شود و همچنین سطوح بیش‌ازحد پایین عناصر منجر به کمبود عناصر غذایی می‌گردد. در صورت عدم مصرف محلول با غلظت‌های مناسب سبب تحمیل هزینه به تولیدکننده از طریق افزایش مصرف و کاهش کیفیت و کمیت محصول خواهد شد (کیانی ۲۰۱۸). باتوجه به اهمیت ترکیب محلول غذایی در تولید اقتصادی محصولات، پژوهش‌های متعددی برای یافتن یک محلول غذایی بهینه برای گیاهان مختلف انجام شده است (توحیدلو و همکاران ۲۰۱۸). فلفل سبز (*Capsicum annuum*) از تیره Solanaceae از مهم‌ترین محصولات سبزی و باغی بوده که به دلیل ارزش تغذیه‌ای، تمایل به مصرف آن در سراسر جهان رو به افزایش است. میوه فلفل سرشار از انواع ویتامین‌ها و ترکیبات آنتی‌اکسیدانی هست (محمد ۲۰۱۳). فلفل همچنین یک منبع عالی از رنگ‌های طبیعی به خصوص کاروتنوئیدها هست. تلاش‌های متعددی برای برآورد محدوده مطلوب غلظت یونی کل در محلول‌های غذایی برای تولید محصولات گلخانه‌ای صورت گرفته است. میوه‌دهی و تنظیم رابطه مناسب بین رشد رویشی و زایشی در گیاه فلفل یکی از مهم‌ترین موارد مورد ملاحظه در تولید گلخانه‌ای آن می‌باشد که عموماً در ارتباط با دما و تغذیه گیاه است که در این میان عناصر نیتروژن و پتاسیم نقش اساسی دارند (کیم و همکاران ۲۰۱۱). با توجه به گسترش کشت هیدروپونیک فلفل در گلخانه‌ها و با در نظر گرفتن موارد مذکور و نظر به اینکه برای برخی سبزی‌ها نظیر گوجه‌فرنگی محلول‌های غذایی اختصاصی معرفی شده است، ولی در فلفل هنوز محلول غذایی خاصی معرفی نشده است (زکی و همکاران ۲۰۱۳). بنابراین برای حصول به کیفیت مناسب و خصوصیات فیزیولوژی مناسب، لازم است محلول‌های غذایی مهم بررسی شود تا بتوان مناسب‌ترین آن‌ها را از لحاظ اقتصادی، تأثیر روی عملکرد و حتی عوامل زیست محیطی انتخاب نمود. لذا در این پژوهش تأثیر محلول‌های غذایی مختلف بر برخی خصوصیات فیزیولوژیکی و همچنین خصوصیات کیفی

خاک و استفاده حداقل از منابع آب و نهاده‌های کشاورزی می‌باشد (کامتی و همکاران ۲۰۱۳). در کشور ایران نیز باتوجه به محدودیت منابع آب و خاک و شوری اراضی و ریزگردها تغییر الگوی کاشت در کشاورزی امر بسیار مهم و مؤثر می‌باشد (محمدی‌پور و سوری ۲۰۱۹). در کشت هیدروپونیک تهیه محلول غذایی که تأمین‌کننده آب و عناصر غذایی موردنیاز گیاه می‌باشد، حائز اهمیت است (احمدی و سوری ۲۰۲۰). به طوری که ارائه فرمولاسیون‌ها با واحدهای مختلف و وجود تعداد زیاد محلول‌های غذایی در منابع علمی که ترکیبات آن‌ها اختلافات زیادی باهم دارند انتخاب را برای مصرف‌کنندگان مشکل می‌سازد. با وجود تحقیق مستمر درباره محلول‌های غذایی و باتوجه به روند روبه‌رشد صنعت گلخانه‌داری و تولید فرآورده‌های گلخانه‌ای، شناسایی بهترین محلول غذایی برای محصولات خاص ضروری می‌باشد (مولایی و همکاران ۲۰۱۸). از شاخص‌های کلیدی یک محلول غذایی مناسب، تأمین عناصر موردنیاز گیاه است، به گونه‌ای که گیاه با دریافت عناصر پرمصرف و کم‌مصرف در اندازه‌ی بهینه دچار تنش‌های تغذیه‌ای و به‌دنبال آن تنش‌های محیطی نگردد و از همه مهم‌تر به صرفه بودن اقتصادی آن است تا بدین‌وسیله بتوان مقبولیت آن را در بین سرمایه‌گذاران فراهم کرد (جونز ۲۰۱۶). مدیریت تغذیه گیاهان از عوامل کلیدی در تعیین کمیت و کیفیت سبزی‌ها است. تغذیه مناسب گیاه تحت شرایط هیدروپونیک می‌تواند به عملکرد بیشتر و تولید محصولات مرغوب‌تر منجر شود. در بسترهای کشت بدون خاک به‌طور متناوب غلظت عناصر ضروری برای گیاهان به سطح ناکافی برای حفظ رشد مداوم گیاهان می‌رسد. بنابراین بهینه‌سازی غلظت عناصر غذایی برای به‌دست آوردن حداکثر عملکرد و کیفیت این محصولات ضروری است. دستیابی به غلظت مناسب عناصر ضروری در محلول غذایی مورد استفاده در کشت‌های بدون خاک یکی از مهمترین جنبه‌ها برای تولید موفق سبزی‌ها است (آداک ۲۰۱۷). مقدار جذب یون‌ها از محلول غذایی نه‌تنها به غلظت آن‌ها در محلول غذایی مرتبط است، بلکه تحت تأثیر نسبت‌های مختلف عنصرهای غذایی نیز قرار دارد

دو رقم فلفل تحت شرایط هیدروپونیک مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

زمان و محل اجرای طرح

این آزمایش در ایستگاه تحقیقاتی خلعت‌پوشان دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز واقع در جاده تبریز - باسمنج به صورت کشت هیدروپونیک در گلخانه گروه علوم باغبانی در سال ۹۶-۱۳۹۵ به اجرا درآمد. مطالعات آزمایشگاهی نیز در آزمایشگاه‌های ژنتیک و اصلاح سبزی و فیزیولوژی سبزی گروه علوم باغبانی، انجام گرفت.

آماده‌سازی بسترهای کشت و محلول‌های غذایی

آزمایش به صورت کشت هیدروپونیک در بستر جامد پرلایت و کوکوپیت صورت گرفت. ۲۴ گلدان در ابعاد ۲۰×۲۰×۲۰ به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی چیده شده و در هر گلدان یک گیاه کشت شد. چهار محلول غذایی رایج در کشت‌های هیدروپونیک، محلول هوگلند یک و دو (NS_{Hog}⁻ (Hogland)، محلول غذایی ناپ (NS_{Knop}⁻ (Knop)، محلول غذایی انگلستان (NS_{UK} (England) به عنوان تیمار بر دو رقم فلفل دلمه‌ای (Capsicum annum L. var. californiawonder) و فلفل قلمی (Dimaz) که از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه شده بود، اعمال شد. محلول‌های غذایی با اضافه کردن نمک‌ها به مقدار تعیین شده در بشکه‌های ۱۰۰ لیتری تهیه شدند. محلول‌رسانی به گیاهان به صورت دستی و روزانه صورت گرفت. pH محلول‌های غذایی یا استفاده از اسید فسفریک و اسید نیتریک در محدوده ۶ تنظیم شد. EC محلول‌های غذایی نیز به طور مستمر کنترل شده و هر ۱۰ الی ۱۴ روز یکبار به منظور اجتناب از تجمع نمک، آبشویی بستر کشت صورت گرفت. برای ممانعت از رشد جلبک و رسیدن نور به محلول غذایی از پوشش‌های نایلونی تیره بر روی بشکه‌های حاوی محلول غذایی استفاده شد.

آماده‌سازی بذور، کشت و شرایط محیطی گلخانه

ابتدا بذور هر دو رقم برای تولید نشاء در سینی‌های کشت در بستر مخلوط پرلایت با کوکوپیت (با

نسبت ۱ به ۱) کشت شد. نشاها در مرحله ۳-۴ برگ حقیقی به گلدان‌های اصلی انتقال داده شدند.

اندازه‌گیری صفات مورد بررسی

شاخص کلروفیل برگ

برای اندازه‌گیری کلروفیل از دستگاه کلروفیل‌سنج مدل SPAD-502 استفاده شد و در ۳ مرحله کلروفیل برگ‌ها اندازه‌گیری شد. برگ‌های بالغ و جوان به صورت تصادفی انتخاب و در هر تیمار از ۱۰ برگ اندازه‌گیری و میانگین آن‌ها محاسبه شد.

اندازه‌گیری طول و قطر میوه

در ۳ مرحله برداشت از میوه‌های رسیده، برداشت شده و طول و قطر آن‌ها توسط کولیس دیجیتالی و طول آن‌ها با سانتی‌متر اندازه‌گیری شد و میانگین آن‌ها ثبت گردید.

اندازه‌گیری مواد جامد محلول

در این آزمایش به منظور اندازه‌گیری درصد ماده جامد محلول فلفل از دستگاه رفاکتومتر دیجیتالی استفاده شد. میوه‌ها بلافاصله پس از برداشت، در داخل یک پارچه توری تمیز پیچیده شده و با فشار دستگاه خردکن چند قطره عصاره از میوه روی دستگاه قرار گرفته و میزان مواد جامد محلول آن‌ها قرائت شد.

اندازه‌گیری pH و EC میوه

برای این منظور ۱۰ گرم نمونه‌تر میوه پس از توزین کاملاً له شد. در هر تکرار دو میوه و گوشت دو میوه باهم مخلوط شده و سپس با آب مقطر به نسبت ۱ به ۵۰ رقیق شد، سپس pH با استفاده از pH متر و EC با استفاده از EC متر اندازه‌گیری شد (طباطبایی ۲۰۰۸).

اندازه‌گیری اسیدیته قابل تیتراسیون

برای تیتراسیون حدود ۱۰ گرم از گوشت له شده آبدار میوه به ارلن مایر منتقل شد. سپس ۹۰ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شد تا حجم آن به ۱۰۰ میلی‌لیتر برسد. این محلول را کاملاً هم‌زده و چند قطره فنل‌فتالئین به آن

برداشته و به یک بشر کوچک منتقل نموده و آن را روی همزن با محلول رنگی تیترا کرده، ابتدا رنگ آبی محلول رنگی، توسط اسید آسکوربیک بی‌رنگ شده و سپس به رنگ صورتی درمی‌آید، تشکیل رنگ صورتی باید برای ۱۵ ثانیه پایدار بماند، حجم محلول رنگی مصرفی برای تیترا کردن را یادداشت شد (B). اگر آزمایش بیشتر از یک روز به طول بیانجامد، می‌بایست استاندارد کردن اسید آسکوربیک به‌طور روزانه انجام گیرد، زیرا این محلول ناپایدار است. سپس ۱۰ گرم فلفل را توزین و در داخل مخلوط‌کن برقی به‌همراه ۱۰ میلی‌لیتر محلول یدومتافسفریک اسید خرد و مخلوط شد. مخلوط حاصل را در بالن ۱۰۰ میلی‌لیتر از کاغذ صافی عبور داده و مخلوط‌کن را نیز با محلول یدومتافسفریک اسید شستشو داده و پس از عبور از کاغذ صافی به محلول صاف شده اضافه شد، در نهایت حجم این محلول را با یدومتافسفریک اسید به ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد. در مرحله آخر ۱۰ میلی‌لیتر از عصاره فلفل را برداشته و در ارلن مایر ریخته و به آن ۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شد. سپس حین به هم‌زدن، عمل تیتراسیون با محلول رنگی ۲ و ۶- دی‌کلروفنل ایندوفنل انجام گرفته و حجم محلول رنگی یادداشت شد (رانگانا ۱۹۸۶). سپس میزان ویتامین ث از رابطه ۲ به دست آمد:

$$P = \frac{C}{B} \times \frac{1}{10} \quad [2] \text{ رابطه}$$

P = میلی‌گرم اسید آسکوربیک در ۱۰ میلی‌لیتر عصاره، C = حجم محلول رنگی مصرفی برای عصاره نمونه (میلی‌لیتر)، B = حجم محلول رنگی مصرفی برای اسید آسکوربیک استاندارد (میلی‌لیتر)، با ضرب مقدار به‌دست آمده برای P در عدد ۱۲۵۰، غلظت ویتامین ث فلفل برحسب PPM به‌دست آمد.

اندازه‌گیری غلظت عناصر

- اندازه‌گیری نیتروژن

نیتروژن بافت گیاهی با استفاده از روش کج‌دال اندازه‌گیری شد که شامل ۳ مرحله هضم، تقطیر و تیتراسیون می‌باشد. در مرحله هضم نمونه‌ها، مقدار ۰/۵ گرم ماده خشک گیاه در لوله‌های مخصوص هضم ریخته شد و ۰/۵ گرم از مخلوط سولفات‌ها به‌عنوان

اضافه شد. سپس ۵۰ میلی‌لیتر از آن را برداشته و به بشر ریخته و محلول هیدروکسید ۰/۱ نرمال را به بورت اضافه کرده و ارلن مایر را زیر بورت قرار داده و به تدریج شیر آن باز شده و زمانی که رنگ صورتی ظاهر و چند ثانیه دوام آورد، محلول تیترا شده است (طباطبایی ۲۰۰۸). در نهایت میزان اسیدیته میوه فلفل با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد:

$$\text{رابطه [۱]} = \frac{D \times 0.64 \times C}{a \times b} = \text{درصد اسیدیته کل}$$

که در آن a = وزن نمونه (۱۰ گرم)، b = حجم اولیه (۱۰۰ میلی‌لیتر)، C = حجم نمونه برداشت شده برای تیتراسیون (۵۰ میلی‌لیتر)، D = حجم هیدروکسید سدیم مصرف شده (کاهش حجم بورت).

اندازه‌گیری ویتامین ث میوه‌ها

اندازه‌گیری ویتامین ث به روش تیتراسیون با محلول رنگی ۲ و ۶- دی‌کلروفنل ایندوفنل انجام پذیرفت. در این روش، اسید آسکوربیک، معرف رنگی ۲ و ۶ دی‌کلروفنل ایندوفنل را به یک محلول بی‌رنگ، احیا می‌کند و در پایان واکنش، محلول احیا شده در محیط اسیدی به رنگ صورتی درمی‌آید. برای این کار، ۳۰ گرم اسید متافسفریک در ۸۰ میلی‌لیتر اسید استیک و ۴۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر، ضمن هم‌زدن بر روی استینر حل گردیده و در بالن ۱۰۰۰ میلی‌لیتر به حجم رسید. در مرحله دوم ۲۰۰ میلی‌گرم اسید L-آسکوربیک در ۱۰ میلی‌لیتر از محلول یدومتافسفریک- اسید استیک حل گردیده و با آب مقطر به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد، سپس یک میلی‌لیتر از این محلول برداشته شده و با آب مقطر در بالن ۱۰۰ میلی‌لیتر به حجم رسید، محلول حاصل حاوی دو میلی‌گرم اسید آسکوربیک در ۱۰۰ میلی‌لیتر بوده و از آن به‌عنوان محلول استاندارد استفاده شد (محلول A). در مرحله بعد، ۸۰۰ میلی‌گرم از ماده رنگی ۲ و ۶ دی‌کلروفنل ایندوفنل در ۵۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر حل شده و به آن ۰/۵۲۵ گرم بی‌کربنات سدیم اضافه و سپس به حجم یک لیتر رسانده شد. این محلول می‌بایست در یک بطری تیره و در یخچال نگهداری و طی مدت ۷ روز مصرف گردد. سپس داخل بورت از محلول رنگی ریخته، سپس ۵ میلی‌لیتر از محلول A را

شد. زمانی مرحله تقطیر پایان یافت که محلول اسید بوریک از رنگ صورتی به رنگ سبز تغییر یافت. در مرحله تیتراسیون محلول به دست آمده با استفاده از اسیدکلریدریک ۰/۰۱ نرمال تیتراژ شد. انتهای تیتراژ کردن رنگ محلول از سبز به صورتی تغییر یافت. سپس با استفاده از رابطه ۳ مقدار نیتروژن بر حسب میلی‌گرم در گرم محاسبه گردید (جونز ۲۰۰۱).

کاتالیزور به ماده خشک گیاهی افزوده شد. سپس ۵ میلی‌لیتر اسید سولفوریک غلیظ (۰/۹۸) روی نمونه‌ها اضافه شد. نمونه‌ها بر روی بلوک هضم منتقل شده و دما به تدریج در طول یک ساعت تا ۲۰۰ درجه سانتی-گراد افزایش یافت. در پایان عمل هضم، عصاره به رنگ سبز روشن خواهد بود. در مرحله تقطیر ۵۰ میلی‌لیتر عصاره حاصل از هضم، داخل بالن دستگاه کج‌دال ریخته و روی آن ۱۰ میلی‌لیتر هیدروکسید سدیم اضافه

$$\text{رابطه [۳]} = \frac{\text{حجم اسید مصرفی} \times \text{نرمالیه اسید} \times 14 \times \text{حجم اولیه}}{\text{حجم نمونه تیتراژ شده} \times \text{وزن ماده خشک هضم شده}} = \text{نیتروژن (گرم در میلی‌گرم)}$$

- اندازه‌گیری فسفر

برای اندازه‌گیری فسفر، یون‌های ارتوفسفات در محیط اسیدی با محلول وانادات - مولیبدات کمپلکس زرد رنگ فسفوانادومولیبدات را تشکیل می‌دهد که حداکثر جذب را در طول موج ۴۳۰ نانومتر نشان می‌دهند. برای تهیه استاندارد اصلی فسفر، مقدار ۰/۴۴ گرم دی‌هیدروژن پتاسیم فسفات (KH_2PO_4) که ۱۲ ساعت در آن ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد خشک شده در آب حل شد و به حجم یک لیتر رسانده می‌شود. برای تهیه معرف نیترووانادات و مولیبدات، ابتدا ۴/۵ گرم از آمونیوم هپتامولیبدات در ۸۰ میلی‌لیتر آب گرم حل می‌شود هم‌زمان ۰/۲۵ گرم آمونیوم وانادات نیز در ۶۰ میلی‌لیتر آب جوش حل می‌گردد و سپس این دو محلول به یکدیگر اضافه شده و پس از خنک شدن ۵۰ میلی‌لیتر اسید نیتریک غلیظ به آن اضافه می‌شود و نهایتاً حجم نهایی این محلول با آب مقطر به ۲۰۰ میلی‌لیتر رسانده می‌شوند. سپس برای اندازه‌گیری فسفر ابتدا نمونه‌ها در لوله‌های آزمایش به مقدار دو میلی‌لیتر عصاره حاصل از هضم، ۲ میلی‌لیتر معرف نیترووانادومولیبدات و ۸ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شده و پس از گذشت یک ساعت و تشکیل کمپلکس زرد رنگ، مقدار جذب محلول‌ها در طول موج ۴۳۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری می‌شود. در نهایت غلظت به دست آمده به صورت غلظت در ماده خشک گیاهی محاسبه و مورد تجزیه آماری قرار می‌گیرد (جونز ۲۰۰۱).

- اندازه‌گیری پتاسیم

برای اندازه‌گیری پتاسیم به روش نشر شعله‌ای، عصاره گیاه توسط شعله پروپان و هوا به صورت بخار درمی‌آید در اثر حرارت ترکیبات پتاسیم به صورت اتم درمی‌آیند و برانگیخته می‌شوند. اتم‌های تحریک شده تشعشعات نوری ایجاد می‌کنند که در طول موج ۷۶۶/۵ نانومتر اندازه‌گیری می‌شوند. میزان پتاسیم موجود در نمونه‌های گیاهی توسط دستگاه Flame Photometer 410 خوانده شد و در نهایت عدد قرائت شده به صورت غلظت در ماده خشک گیاهی محاسبه و مورد تجزیه آماری قرار گرفت (جونز ۲۰۰۱).

تجزیه‌های آماری

این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار انجام گرفت. داده‌های حاصل از اندازه‌گیری-های فوق با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹/۱) تجزیه واریانس و میانگین‌های به دست آمده با آزمون حداقل اختلاف معنی‌داری (LSD) مقایسه شدند. نمودارها نیز با استفاده از نرم‌افزار Microsoft office Excel 2010 رسم گردید.

نتایج و بحث

اثر رقم و محلول غذایی بر خصوصیات فیزیولوژیکی فلفل

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده محلول بر صفات فیزیولوژیکی فلفل نشان داد که نوع محلول غذایی بر شاخص کلروفیل برگ در

گلدھی و میوه‌دهی و غلظت فسفر غیرمعنی‌دار و بر غلظت پتاسیم و نیتروژن در سطح احتمال یک درصد اثر معنی‌داری داشته است. اثر متقابل رقم در محلول غذایی بر غلظت نیتروژن، پتاسیم و فسفر در سطح احتمال یک درصد و بر صفات کلروفیل برگ در زمان گلدھی و میوه‌دهی غیرمعنی‌دار بوده است (جدول ۱).

زمان گلدھی در سطح احتمال ۵ درصد، غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم در سطح احتمال یک درصد اثر معنی‌داری داشته است. ولی روی شاخص کلروفیل در زمان میوه‌دهی معنی‌دار نبوده است. همچنین نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده رقم بر صفات فیزیولوژیکی فلفل نشان داد که نوع محلول غذایی بر شاخص کلروفیل برگ در زمان

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر رقم و محلول بر صفات فیزیولوژیکی فلفل

منابع تغییر	درجه آزادی	نیتروژن	پتاسیم	فسفر	کلروفیل برگ (گلدھی)	کلروفیل برگ (میوه‌دهی)
رقم	۱	۰/۳۹۱**	۵۶/۶۴**	۰/۰۳۴ ^{ns}	۵/۴۱ ^{ns}	۱۰/۲۷ ^{ns}
محلول	۳	۰/۱۹۵**	۱۶/۸۸**	۰/۱۸۳**	۱۹/۱۰*	۱۸/۱۳ ^{ns}
رقم × محلول	۳	۰/۱۰۵**	۱۳/۸۹**	۰/۲۱۱**	۳/۶۵ ^{ns}	۲۸/۷۸ ^{ns}
بلوک (تکرار)	۲	۰/۰۲۷ ^{ns}	۰/۰۷ ^{ns}	۰/۰۲۸ ^{ns}	۱۹/۹۰ ^{ns}	۲۴/۵۰ ^{ns}
خطای آزمایش	۱۴	۰/۰۱۶	۰/۰۳	۰/۰۱۵	۶/۰۵	۱۸/۲۹

** و * به ترتیب معنی‌داری در سطح ۱ درصد و ۵ درصد و ^{ns} عدم معنی‌داری است.

شاخص کلروفیل

باتوجه به جدول تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) مشخص می‌شود که اثر محلول در سطح احتمال ۵ درصد بر شاخص کلروفیل در زمان گل‌دهی معنی‌دار بوده است. ولی اثر رقم و همچنین اثر متقابل بین رقم و محلول تأثیر معنی‌داری بر شاخص کلروفیل در مرحله گلدھی نداشته است. هیچکدام از اثرات ساده رقم و محلول و اثر متقابل بین رقم و محلول بر شاخص کلروفیل برگ در زمان میوه‌دهی معنی‌دار نبودند. بیش‌ترین میزان کلروفیل برگ در محلول غذایی هوگلند یک (۴۹/۵ واحد اسپد) و کمترین شاخص کلروفیل در محلول غذایی هوگلند دو (۴۵/۸ واحد اسپد) مشاهده شد (شکل ۱). این یافته‌ها با نتایج سیدریس و یانگ (۱۹۴۷) و اثرات نیتروژن به‌عنوان جزء تشکیل‌دهنده کلروفیل در گیاهان مطابقت دارد. نورسیدا و کوچیما (۲۰۰۵) نشان دادند که محتوای کلروفیل برگ در دانه‌های تغذیه شده با نیترات در مقایسه با تغذیه آمونیومی پایین‌تر است. طبق نظر آن‌ها در استفاده از کودهای نیترات به‌عنوان منبع نیتروژن، جذب کم نیترات به‌علت ناتوانی در آسیمیله کردن آن، احتمالاً دلیل پایین بودن محتوای کلروفیل

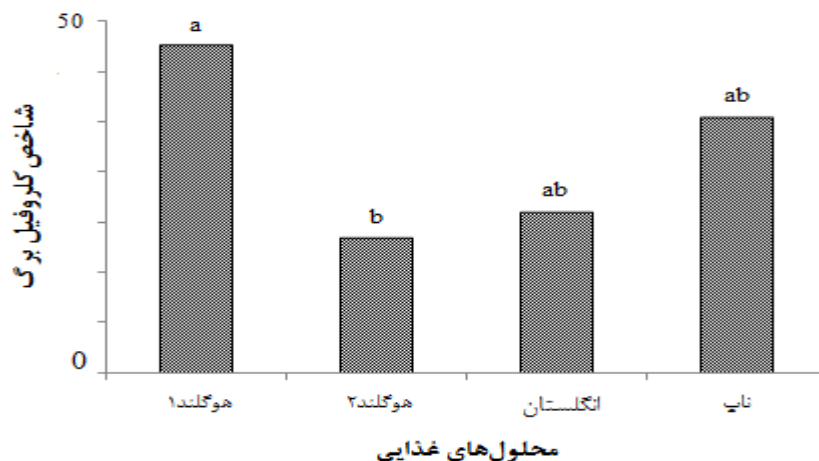
هست. همچنین ییلدیریم و همکاران (۲۰۰۷) به این نتیجه رسیدند که محلول‌پاشی اوره باعث افزایش کلروفیل در کلم بروکلی می‌شود. بنا بر گزارش لهر و همکاران (۱۹۶۲) نیتروژن یکی از فاکتورهای مؤثر در تشکیل کلروفیل است و این تأثیر می‌تواند به نوع کود نیتروژن نیز مربوط باشد. پرسا و همکاران (۲۰۰۷) نیتروژن را در افزایش محتوای کلروفیل برگ مؤثر دانستند. ماندال و همکاران (۲۰۰۷) گزارش دادند که محتوای کلروفیل برگ توسط تیمارهای نیتروژن افزایش می‌یابد.

غلظت نیتروژن برگ

با توجه به جدول تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) هر سه اثر ساده رقم و اثر ساده محلول و اثر متقابل بین رقم و محلول در سطح احتمال ۱ درصد بر غلظت نیتروژن برگ معنی‌دار می‌باشند. نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر متقابل رقم و محلول بر میزان نیتروژن برگ (شکل ۲) نشان داد که بیش‌ترین میزان نیتروژن در ترکیب تیماری رقم دیماز با هوگلند ۱ (۳/۲ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک برگ) و ۲ و رقم کالیفرنیاواندر با هوگلند ۲ (۳/۱ میلی‌گرم بر گرم وزن

همکاران (۲۰۰۰) بیان کردند که افزایش نیتروژن در محلول غذایی و اضافه کردن به محیط کشت باعث افزایش فرم‌های آلی نظیر آمیدها و در نتیجه افزایش غلظت نیتروژن در گیاه می‌شود.

خشک برگ) مشاهده شد، ولی نسبت به هم دارای اختلاف معنی‌داری نداشتند و کمترین میزان نیتروژن برگ نیز در ترکیب‌های تیماری رقم کالیفرنیاواندر با هوگلند ۱، انگلستان و ناپ مشاهده شد. هوستید و



شکل ۱- میانگین اثر محلول غذایی روی شاخص کلروفیل برگ (کل‌دهی)

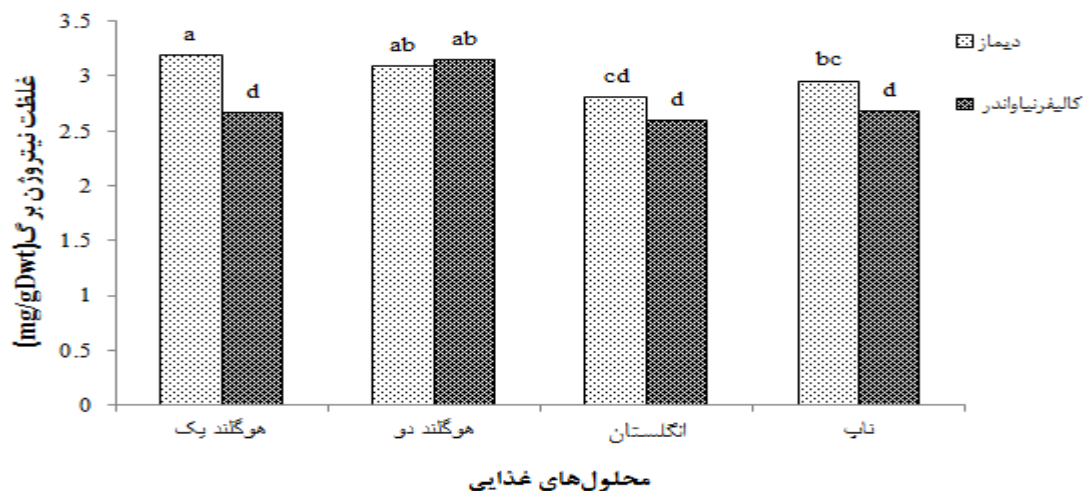
آزمایشات مختلف مشخص شده است که کمبود فسفر کارایی فتوسنتز را در محصولات باغی و زراعی کاهش می‌دهد (ویسوا ۲۰۰۵). در گیاهان کمبود فسفر رشد ریشه و برگ و عملکرد همچنین رسیدگی را به تأخیر می‌اندازد (اوجالا ۱۹۸۳). کمبود فسفر به شدت در میزان رشد گیاهان اثرات منفی داشته و تشکیل گل، میوه، بذر و کیفیت آن‌ها را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد (کوچکی و همکاران ۲۰۰۸).

غلظت پتاسیم برگ

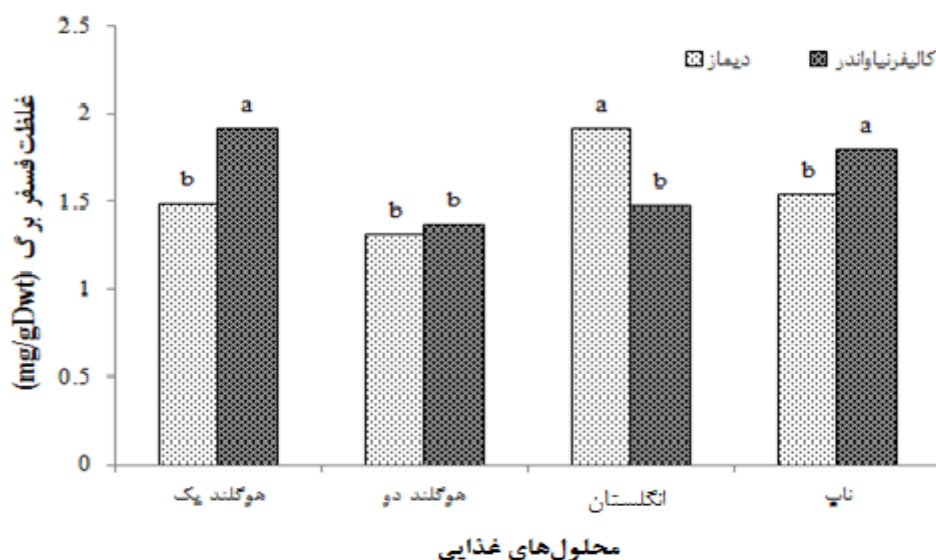
با توجه به جدول تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نتیجه‌گیری می‌شود که هر سه اثر ساده رقم و اثر ساده محلول و اثر متقابل بین رقم و محلول در سطح احتمال ۱ درصد بر غلظت پتاسیم برگ معنی‌دار است. مقایسه میانگین تیمارها (شکل ۴) نشان داد که دو ترکیب تیماری رقم کالیفرنیاواندر با محلول هوگلند ۱ (۷/۹) میلی‌گرم بر گرم وزن خشک برگ) و هوگلند ۲ (۷/۸) میلی‌گرم بر گرم وزن خشک برگ) بیشترین میزان پتاسیم را در برگ‌های خود داشتند. پتاسیم در سرعت بخشیدن به فرآیند فتوسنتتیک کلروپلاست برگ‌های

غلظت فسفر برگ

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد که اثر ساده محلول غذایی و اثر متقابل بین رقم و محلول غذایی در سطح احتمال ۱ درصد بر غلظت فسفر برگ فلفل معنی‌دار بود، ولی اثر ساده رقم بر غلظت فسفر برگ فلفل معنی‌دار نشد. بیشترین غلظت فسفر برگ در محلول‌های غذایی هوگلند ۱ در رقم کالیفرنیاواندر (۱/۹ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک برگ) و محلول غذایی انگلستان در رقم دیماز (۱/۸۵ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک برگ) مشاهده شد (شکل ۳). پس از نیتروژن، فسفر مهمترین عنصر غذایی موردنیاز گیاه است و گیاهان برای ساختن بسیاری از ترکیبات آلی مانند اسیدهای نوکلئیک، فسفولیپیدها، فسفوپروتئین‌ها و کوآنزیم‌ها، همچنین برای جذب و انتقال انرژی شیمیایی و سوخت و ساز حیاتی به عنصر فسفر نیاز دارند. غلظت فسفر معدنی در برگ بر روی فتوسنتز اثر می‌گذارد، غلظت کمتر فسفات معدنی سیتوسول ممکن است اثر منفی روی چرخه کالوین و یا آنزیم‌های موردنیاز و سطح فعالیت آن‌ها داشته باشد. در



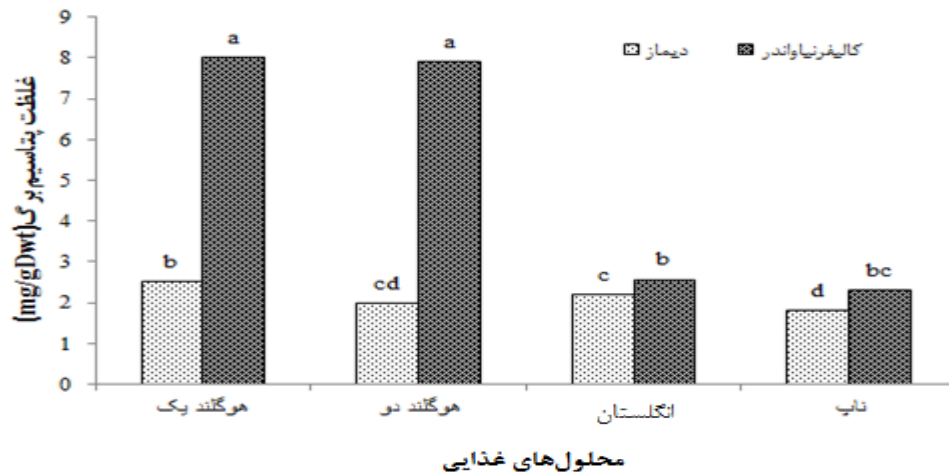
شکل ۲- میانگین ترکیبات تیماری محلول غذایی در رقم برای غلظت نیتروژن برگ فلفل



شکل ۳- میانگین ترکیبات تیماری رقم در محلول غذایی برای غلظت فسفر برگ فلفل

محلول‌های غذایی هوگلند ۱، هوگلند ۲ و انگلستان و ناپ به ترتیب برابر ۲۴۲، ۲۵۴، ۲۸۵ و ۱۷۰ میلی‌گرم بر لیتر است). به نظر می‌رسد که هر چقدر غلظت پتاسیم در محلول غذایی بیشتر باشد جذب آن نیز بیشتر صورت می‌گیرد. به طوری که محلول غذایی ناپ که کمترین میزان پتاسیم را داراست کمترین میزان پتاسیم برگی را ایجاد کرد.

گیاهان نقش مهمی ایفا کرده و موجب نقل و انتقال سریع‌تر فرآورده‌های فتوسنتزی از طریق آوندهای آبکش به اندام‌های ذخیره می‌گردد (مارشمن ۱۹۹۵) و این خود موجب افزایش عملکرد و کیفیت محصول می‌گردد. با بررسی غلظت پتاسیم محلول‌های غذایی مورد مطالعه در این آزمایش می‌توان دریافت که بیشترین عملکرد به محلول‌های غذایی دارای بیشترین غلظت پتاسیم اختصاص دارد (میزان پتاسیم



شکل ۴- میانگین ترکیبات تیماری رقم در محلول غذایی برای غلظت پکتین برگ فلفل

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر رقم و محلول بر صفات کیفی فلفل

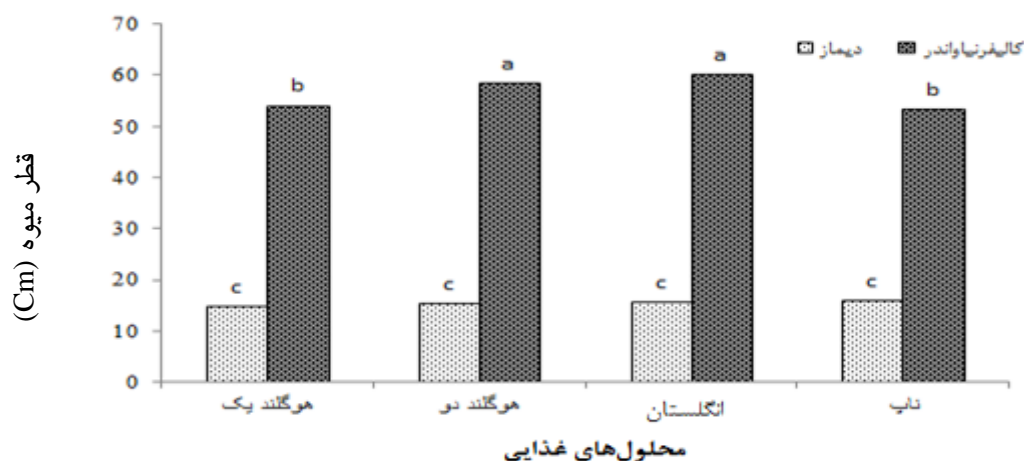
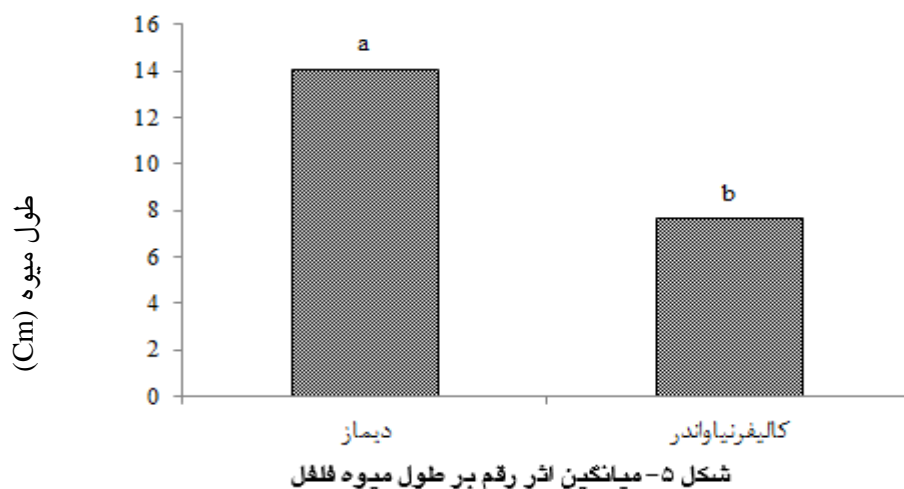
منابع تغییر	درجه آزادی	درصد مواد جامد محلول	اسیدیته کل	pH	EC	ویتامین ث	طول میوه	قطر میوه
رقم	۱	۴/۶۹**	۰/۰۰۰۱۵**	۰/۲۱**	۰/۱۸۵**	۴۲۲۶/۷۶ ^{ns}	۲۴۸/۱۹**	۱۰۱۴۳/۴۸**
محلول	۳	۰/۰۵ ^{ns}	۰/۰۰۰۷۲**	۰/۰۰۳۵ ^{ns}	۰/۰۱۶**	۸۹۳۹/۲۸*	۰/۹۵ ^{ns}	۱۷/۶۳*
رقم×محلول	۳	۰/۳۵ ^{ns}	۰/۰۰۰۳۳**	۰/۰۲۲ ^{ns}	۰/۰۳۷**	۱۳۵۲۶/۲۸**	۱/۷۱ ^{ns}	۱۷/۷۴*
بلوک (تکرار)	۲	۰/۰۹ ^{ns}	۰/۰۰۰۲۶ ^{ns}	۰/۰۳۶ ^{ns}	^{ns}	۱۵۸۵/۹۴ ^{ns}	۰/۶۲ ^{ns}	۶/۷۷ ^{ns}
خطای	۱۴	۰/۱۵۲	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۲۲	۰/۰۰۱۳	۶/۲۲	۱/۲۰	۵/۶۴

** و * به ترتیب معنی‌داری در سطح ۱ درصد و ۵ درصد و ^{ns} عدم معنی‌داری می باشد.

اثر رقم و محلول غذایی بر خصوصیات کیفی فلفل طول و قطر میوه

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) نشان داد که اثر ساده رقم بر طول میوه فلفل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد، ولی اثر ساده محلول و اثر متقابل بین رقم و محلول بر طول میوه معنی‌دار نشد. بیش‌ترین طول میوه در رقم دیماز (۱۴ سانتی‌متر) مشاهده شد (شکل ۵). نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) نشان داد که اثر ساده رقم بر قطر میوه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار هست و اثر ساده محلول و اثر متقابل بین رقم و محلول بر قطر میوه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود. با نگاهی به نمودار مقایسه میانگین بین تیمارها (شکل ۶) مشخص می‌گردد بیش‌ترین قطر فلفل

در ترکیب تیماری رقم کالیفرنیاواندر (۵۹ میلی‌متر) و محلول انگلستان (۶۱ میلی‌متر) و کم‌ترین قطر میوه در ترکیب تیماری رقم دیماز و محلول هورگند یک (۱۴ میلی‌متر) می‌باشد. آلونی و همکاران (۱۹۹۴) نشان دادند افزایش مقدار آمونیوم در محلول غذایی باعث افزایش طول و قطر میوه در فلفل و تولید میوه‌های پهن می‌شود. ال-آ و فاتین (۲۰۰۹) بیان کردند که افزایش تیمار کود اوره باعث افزایش قطر میوه فلفل شیرین می‌شود. ممکن است این عامل به خاطر افزایش سنتز اسیدآمینها و افزایش تقسیم سلولی و رشد گیاه می‌باشد که این خود متضمن مصرف کود نیتروژن مانند اوره می‌باشد.

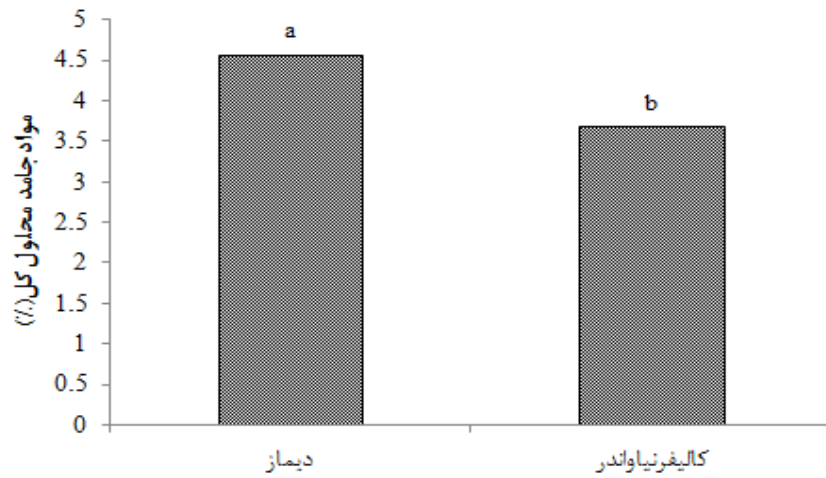


شکل ۶- میانگین ترکیبات تیماری محلول غذایی در رقم برای قطر میوه فلفل

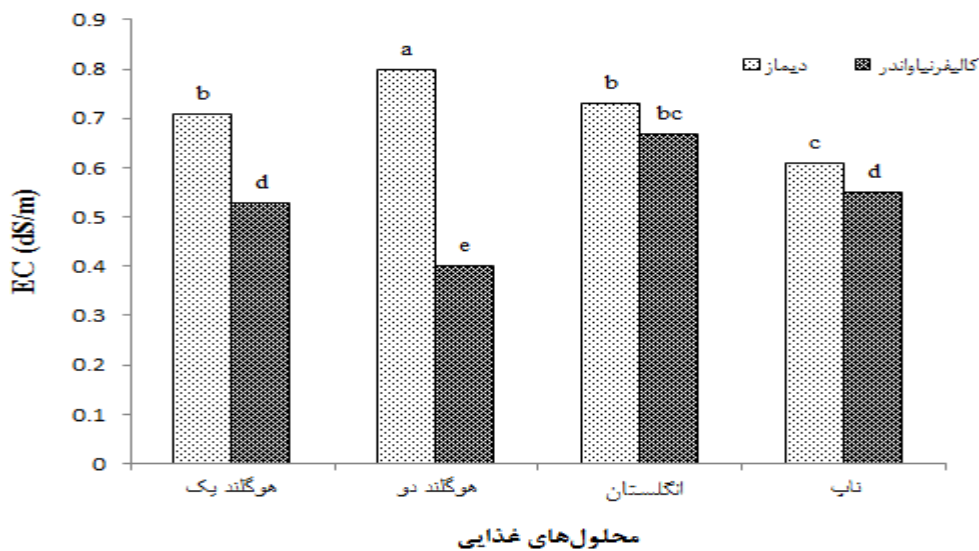
نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) نشان داد که اثر ساده رقم و اثر ساده محلول و اثر متقابل بین رقم و محلول در سطح احتمال ۱ درصد بر EC آب میوه فلفل معنی‌دار بود. بیشترین میزان هدایت الکتریکی مربوط به محلول غذایی هوگلند ۲ و رقم دیماز (۰/۸ دسی‌زیمنس بر متر) مشاهده شد. همچنین کمترین میزان هدایت الکتریکی آب میوه مربوط به

EC، pH، TSS و اسیدیته قابل تیتراسیون میوه با توجه به نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) اثر ساده رقم بر میزان مواد جامد محلول (TSS) در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار می‌باشد، ولی اثر ساده محلول و اثر متقابل بین رقم و محلول معنی‌دار نشد. بیشترین مواد جامد محلول کل در رقم دیماز (۴/۵ درصد) مشاهده شد (شکل ۷).

محلول غذایی هوگلند ۲ رقم کالیفرنیاواندر (۰/۴ دسی‌زیمنس بر متر) مشاهده شد (شکل ۸).



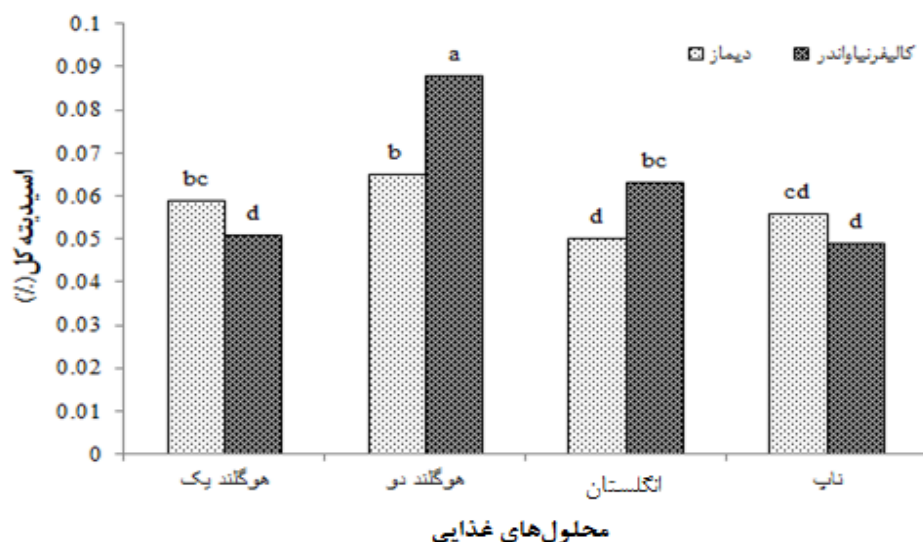
شکل ۷- میانگین اثر رقم بر مواد جامد محلول کل میوه فلفل



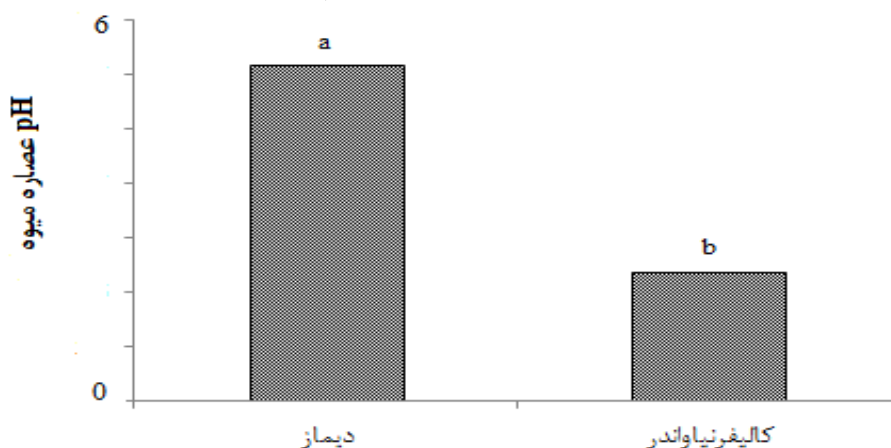
شکل ۸- میانگین ترکیبات تیماری محلول غذایی در رقم برای EC میوه فلفل

تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) نشان داد که اثر ساده رقم بر pH میوه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار می‌باشد. ولی اثر ساده محلول و اثر متقابل بین رقم و محلول بر این صفت معنی‌دار نبود. بیشترین pH در رقم دیماز (مشاهده شد (شکل ۱۰)).

با توجه به نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) مشخص می‌شود که اثر ساده رقم و اثر ساده محلول و همچنین اثر متقابل بین رقم و محلول در سطح احتمال ۱ درصد بر اسیدیته قابل تیتراسیون میوه معنی‌دار است. بیشترین اسیدیته قابل تیتراسیون در ترکیب تیماری کالیفرنیاواندر با محلول غذایی هوگلند ۲ (۰/۰۹ درصد) دیده می‌شود (شکل ۹).



شکل ۹- میانگین ترکیبات تیماری محلول غذایی در رقم برای اسیدیته کل میوه فلفل



شکل ۱۰- میانگین اثر رقم بر pH میوه فلفل

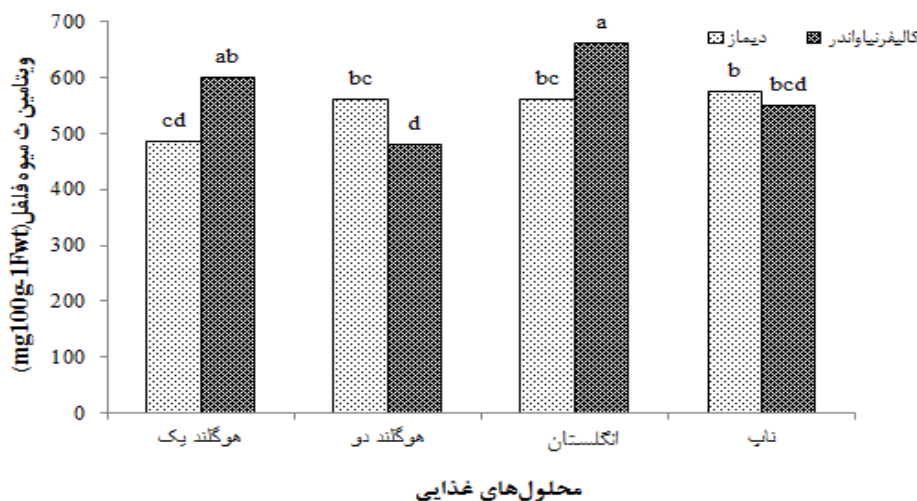
همکاران (۱۹۹۳) بیان داشتند که افزایش مقدار مواد جامد محلول با استفاده از نیتروژن می‌تواند به دلیل کاهش اسیدهای آلی و افزایش مواد قندی باشد. ییلدیریم و همکاران (۲۰۰۷) روی کلم بروکلی نیز به نتایج مشابهی دست یافتند. همچنین اسید کل میوه از ویژگی‌های مهم در تعیین کیفیت آن می‌باشد و اسیدهای قابل تیتراسیون به‌طور مستقیم با غلظت اسیدهای آلی موجود در میوه ارتباط دارند و یک منبع اندوخته انرژی برای میوه می‌باشند (یوسفی و همکاران ۲۰۱۹).

اسیدیته قابل تیتراسیون، pH و EC آب میوه از مهم‌ترین خصوصیات کیفیت میوه می‌باشند که نقش مهمی در طعم میوه دارند. عمر و همکاران (۲۰۰۹) در توت‌فرنگی، ال-آ و فاتین (۲۰۰۹) در فلفل شیرین و ییلدیریم و همکاران (۲۰۰۷) روی کلم بروکلی نیز به نتایج مشابهی دست یافتند. چایلو و همکاران (۱۹۹۱) گزارش کردند که بالا بودن مواد جامد محلول ناشی از فعالیت اسمزی یا تعادل کاتیونی در اثر کود نیتروژن آمونیومی هست. معمولاً سیستم آبکشت امکان تولید میوه‌های باکیفیت بالاتر در مقایسه با کشت در خاک فراهم می‌نماید. به‌نظر می‌رسد افزایش TSS (میزان مواد جامد محلول) در این آزمایش ناشی از عواملی از قبیل افزایش ویتامین‌ها، قندها و... باشد. لویس و

ویتامین ث میوه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) نشان داد که اثر ساده محلول در سطح احتمال ۵ درصد و اثر متقابل بین رقم و محلول در سطح احتمال ۱ درصد بر ویتامین ث آب میوه معنی‌دار شد، ولی اثر ساده رقم بر ویتامین ث میوه معنی‌دار نبود. نمودار مقایسه میانگین تیمارها (شکل ۱۱) نشان می‌دهد که بیش‌ترین میزان ویتامین ث در ترکیب تیماری رقم کالیفرنیا و اندر با محلول انگلستان است. اینکه چگونه پتاسیم میزان اسیدآسکوربیک را افزایش می‌دهد، هنوز مشخص

نیست، ولی افزایش سنتز به واسطه فعال‌سازی آنزیم یک مکانیسم ممکن است. نتایج گزارشات متعدد بیانگر ارتباط بین وضعیت تغذیه‌ای و عناصر معدنی گیاه با ترکیبات آنتی‌اکسیدانی گیاه مانند ویتامین موجود در گیاهان است (علی محمدی و همکاران ۲۰۲۰). علی محمدی و همکاران (۲۰۲۰) نشان دادند که غلظت اسید آسکوربیک در میوه‌های گوجه‌فرنگی با افزایش پتاسیم افزایش می‌یابد. گزارش شده است که کاربرد کلرید پتاسیم محتوای ویتامین ث در میوه گوجه‌فرنگی گیلاسی را بهبود می‌دهد (کنستان-آگیلار و همکاران ۲۰۱۴).



شکل ۱۱- میانگین ترکیبات تیماری محلول غذایی در رقم برای ویتامین ث میوه فلفل

سیاسگزاری از همه همکاران مستقر در ایستگاه تحقیقاتی خلعت پوشان که این پژوهش در آن‌ها انجام شد، تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع مورد استفاده

- Adak N. 2017. Response of hydroponically-grown Strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.) plants to different ratios of K: Mg in the nutrient solution. In II International Symposium on Fruit Culture along Silk Road Countries, 1308: 235-240.
- Ahmadi M and Souri M.K. 2020. Growth characteristics and fruit quality of chili pepper under higher electrical conductivity of nutrient solution induced by various salts. *AGRIVITA. Journal of Agricultural Science*, 42(1): 143–152. doi:10.1017/S0021859619000121
- Ali Mohammadi A, Haddadinejad M, Sadeghi H and Qasemi K. 2020. The effect of different ratios of nitrogen, phosphorus and potassium on the antioxidant properties of black raspberry cultivars in the greenhouse. *Journal of Plant Production Research*, 27(4): 35-19. (In Persian) doi/10.22059/jci.2021.316258.2493
- Aloni B, Karni L, Rylski I and Zaidman Z. 1994. The effect of nitrogen fertilization and shading on the incidence of "colour spots" in sweet pepper (*Capsicum annuum*) fruit. *Journal of horticultural science*, 69(4): 767-773. doi.org/10.1080/14620316.1994.11516511

- Chaillou S, Vessey JK, Morot-Gaudry JF, Raper D, Henry L and Boutin JP. 1991. Expression of characteristics of ammonium nutrition as affected by pH of the root medium. *Journal of experimental botany*, 42(2): 189-196. DOI: 10.1093/jxb/42.2.189
- Cometti NN, Bremenkamp DM, Galon K, Hell LR and Zanotelli MF. 2013. Cooling and concentration of nutrient solution in hydroponic lettuce crop. *Horticultura Brasileira*, 31(2): 287-292. DOI: 10.1590/S0102-05362013000200018
- Constan-Aguilar C, Leyva R, Romero L and Soriano TRuiz JM. 2014. Implication of potassium on the quality of cherry Tomato fruits after postharvest during cold storage. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 65(2): 203-211. DOI:10.3109/09637486.2013.839632
- El-Al A and Faten S. 2009. Effect of urea and some organic acids on plant growth, fruit yield and its quality of sweet pepper (*Capsicum annum*). *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 5(4): 372-379. DOI: 10.5281/zenodo.7342275
- Husted S, Hebborn CA, Mattsson M and Schjoerring JK. 2000. A critical experimental evaluation of methods for determination of NH₄⁺ in plant tissue, xylem sap and apoplastic fluid. *Physiologia Plantarum*, 109(2): 167-179. DOI:10.1034/j.1399-3054.2000.100209.x
- Jones JB. 2001. *Laboratory Guide for Conduction of Soil Tests and Plant Analysis*. CRC Press, LLC, USA.
- Jones JrJB. 2016. *Hydroponics: a practical guide for the soilless grower*. CRC press.
- Kayani Sh. 2018. The effect of five different nutrient solutions on yield, chemical composition and nitrate accumulation of lettuce in soilless cultivation system. *Science and techniques of greenhouse cultivation*, 10(4): 77-87.
- Kim JS, Ahn J, Lee SJ, Moon BK, Ha TY and Kim S. 2011. Phytochemicals and antioxidant activity of fruits and leaves of paprika (*Capsicum annum* L. var. special) cultivated in Korea. *Journal of Food Science*, 76: 193-198. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2010.01891.x
- Koochaki A, Tabrizi L and Ghorban R. 2008. Effect of biofertilizers on agronomic and quality criteria of Hyssop (*Hyssopus officinalis*). *Journal of Iranian Field Crop Research*, 6(1): 127-137. DOI: 10.22067/GSC.V6I1.1184
- Lehr J, Wybenga JM and Hoekendijk JA. 1962. On the influence of nitrogen on the formation of chlorophyll with special regard to a difference in effect between sodium nitrate and calcium nitrate. *Plant and Soil*, 68-86. DOI: 10.1080/09064710600982878
- Levis OAM and Camber MD. 1993. The influence of nitrate and ammonium nutrition on the growth of wheat and maize plant, 72: 359-365.
- Lopez-Galvez F, Allende A, Pedrero-Salcedo F, Alarcon JJ and Gil MI. 2014. Safety assessment of greenhouse hydroponic tomatoes irrigated with reclaimed and surface water. *International journal of food microbiology*, 191: 97-102. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2014.09.004
- Mandal K, Saravanan R and Maiti S. 2008. Effect of different levels of N, P and K on downy mildew (*Peronospora plantaginis*) and seed yield of isabgol (*Plantago ovata*). *Crop protection*, 27(6): 988-995. DOI: 10.1016/j.cropro.2007.12.002
- Mardanluo S, Souri MK and Ahmadi M. 2018. Plant growth and fruit quality of two Pepper cultivars under different potassium levels of nutrient solutions. *Journal of Plant Nutrition*, 41(12): 1604-1614. DOI: 10.1080/01904167.2018.1463383
- Marschner H. 1995. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. 2nd Ed. Academic Press, London.
- Mohammadipour N and Souri MK. 2019. Effects of different levels of glycine in the nutrient solution on the growth, nutrient composition and antioxidant activity of coriander (*Coriandrum sativum* L.). *Acta Agrobotanica*, 72(1). DOI:10.5586/aa.1759
- Mohammed GH. 2013. Effect of seamino and ascorbic acid on growth, yield and fruits quality of pepper (*Capsicum annum* L.). *International Journal of Pure and Applied Sciences and Technology*, 17(2): 9-16.

- Molaie M, Tabatabaei SJ and Sharafi Y. 2018. The effect of foliar application of glucose and mono potassium phosphate (KH_2PO_4) on some characteristics of strawberry cultivar. Horticultural Plants Nutrition, 1(2): 51-64. DOI:10.22070/HPN.2018.746
- Norisada M and Kojima K. 2005. Nitrogen form preference of six dipterocarp species. Forest ecology and management, 216(1-3): 175-186. doi:10.1016/j.foreco.2005.05.020
- Ojala JC, Jarrell WM, Menge JA and Johnson ELV. 1983. Influence of mycorrhizal fungi on the mineral nutrition and yield of onion in saline soil. Agronomy Journal, 75: 255-259. DOI: 10.2134/agronj1983.00021962007500020023x
- Prsa I, Stampar F, Vodnik D and Veberic R. 2007. Influence of nitrogen on leaf chlorophyll content and photosynthesis of 'Golden Delicious' apple. Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science, 57(3): 283-289.
- Ranganna S. 1986. Manual of analysis of fruit and vegetable products. 18-194. New Delhi, India: Tata McGraw-Hill.
- Sideris CP and Young HY. 1947. Effects of nitrogen on chlorophyll, acidity, ascorbic acid, and carbohydrate fraction of (*Ananas comnosus* L.). Plant Physiol, 22(2): 97-116.
- Tabatabai J. 2008. Principles of mineral nutrition of plants (authored). Publications of the author.
- Tohidloo G, Souri MK and Eskandarpour S. 2018. Growth and fruit biochemical characteristics of three strawberry genotypes under different potassium concentrations of nutrient solution. Open Agriculture, 3(1): 356-362. DOI: 10.1515/opag-2018-0039
- Umar I, Wali VK, Kher R and Jamwal M. 2009. Effect of Fym, Urea and Azotobacter on Growth, Yield and Quality of Strawberry Cv. Chandler. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 37(1). DOI: 10.15835/nbha3713110
- William H and George WL. 2000. Official Methods of Analysis of AOAC International. USA, AOAC International Suite, 500: 481.
- Wissuwa M, Gamat G and Ismail AM. 2005. Is root growth under phosphorus deficiency affected by source or sink limitation. Journal of Experimental Botany, 56: 1943-1950. DOI:10.1093/jxb/eri189
- Yildirim E, Guvenco I, Turan M and Karatas A. 2007. Effect of foliar urea application on quality, growth, mineral uptake and yield of broccoli (*Brassica oleraceae* L. var. *italic*). Plant Soil Environ, 53: 120-128. DOI: 10.17221/2227-PSE
- Yousefi S, Eshghi S and Atashi H. 2019. Fruit Quality Changes and Yield Components of Strawberry cv. Camarosa in Responses to the Application of Potassium to Nitrogen Ratios in Soilless Culture, 181-194.
- Zaki N, Hakmaoui A, Ouattmane A and Fernandez-Trujillo JP. 2013. Quality characteristics of Moroccan sweet paprika (*Capsicum annum* L.) at different sampling times. Food Science and Technology, 33: 577-585. doi:10.1590/S0101-20612013005000072