DOI: 10.22059/ijswr.2018.259963.667938 تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۵۰، شماره ۳، مرداد ۱۳۹۸ (ص ۷۵۱-۷۴۱)

The Effect of Magnetic Water and Nutrient Concentration on Phytochemical and Morphological Characteristic of Physalis Plant

SAYYED HADI ABTAHI[1], VAHID REZAVERDINEJAD[2], MOHAMMAD HEMMATI[3], ABOLFAZL ALIREZALU[*4], MOHAMMAD TAGHI AHMADI[5]

1. Ph.D. Student, Water Engineering Department, Agriculture Faculty, Urmia University, Urmia,Iran
2. Associate Professor, Faculty Member, Water Engineering Department, Agriculture Faculty, Urmia University, Urmia, Iran
3Assistant Professor, Faculty Member, Water Engineering Department, Agriculture Faculty, Urmia University, Urmia, Iran
4. Assistant Professor, Faculty Member, Horticulture Sciences Department, Agriculture Faculty, Urmia University, Urmia, Iran
5. Associate Professor, Faculty Member, Physics Department, Science Faculty, Urmia University, Urmia, Iran
(Received: June. 19, 2018- Revised: Aug. 1, 2018- Accepted: Aug. 5, 2018)

ABSTRACT

This study was carried out to investigate the effect of different levels of magnetic intensity (0, 0.2, 0.3 and 0.4 tesla) and different concentrations of nutrient solusion (0.25, 0.50, 0.75 and 1 unit of Hogland) on phytochemical and morphological changes of Physalis, as one of the high valuable species of medicinal plants. The results showed that the effect of the combined treatments on all phytochemical properties (with the except of antioxidant activity factor), as well as all morphological traits, was significant at 1% level. The maximum significant and positive effect on phytochemical factors improving chlorophyll b characteristic 15 times was obtained under 0.4 tesla magnetic intensity and 50% Hoagland concentration. Also, the most significant positive effect on morphological factors improving fruit weight by 2.5 times was obtained under 0.3 tesla magnetic intensity and 0.75 Hoagland concentration. In general, the application of magnetic water and nutrient solution concentration is suggested to be considered in Physalis production plannings.

Keywords: Biochemical Characteristics, Morphological traits, Fertilizer concentration, Medicinal Plant, Magnetic solution

*Corresponding Author's Email: a.alirezalu@urmia.ac.ir

تأثیر آب مغناطیسی و غلظت محلول غذایی بر خصوصیات فیتوشیمیایی و صفات مورفولوژیکی گیاه فیسالیس

سید هادی ابطحی[۱]، وحید رضاوردی‌نژاد[۲]، محمد همتی[۳]، ابوالفضل علیرضالو*[۴]، محمدتقی احمدی[۵]

۱. دانشجوی دوره دکتری، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

۲ دانشیار، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

۳. استادیار، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

۴. استادیار،گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

۵. دانشیار، گروه فیزیک، دانشکده علوم، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۳/۲۹- تاریخ بازنگری: ۱۳۹۷/۵/۱۰- تاریخ تصویب: ۱۳۹۷/۵/۱۴)

چکیده

مطالعه تغییرات فیتوشیمیایی و مورفولوژیکی فیسالیس به‌عنوان گونه‌ای ارزشمند از گیاهان دارویی، با ترکیب‌های جدید از تیمارهای شدت مغناطیس (M) در چهار سطح صفر، ۰/۲، ۰/۳ و ۰/۴ تسلا و غلظت محلول غذایی (H) در چهار سطح ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵ و تمام هوگلند اجرا گردید. نتایج نشان داد که تأثیر تیمارهای ترکیبی بر تمامی خصوصیات فیتوشیمیایی به‌جز فاکتور فعالیت آنتی‌اکسیدانی و کلیه صفات مورفولوژیکی در سطح ٪۱ معنی‌دار بود. حداکثر تأثیرگذاری مثبت معنی‌دار بر فاکتورهای فیتوشیمیایی در خصوصیت کلروفیل b با بهبود ۱۵ برابری در تیمار شدت مغناطیس ۰/۴ تسلا و غلظت ٪۵۰ حاصل شد. هم‌چنین بیش‌ترین اثرگذاری معنی‌دار مثبت بر فاکتورهای مورفولوژیکی در صفت وزن میوه با افزایش ۲/۵ برابری در تیمار ۰/۳ تسلا و غلظت ٪۷۵ به‌دست آمد. درمجموع، کاربرد آب مغناطیس و محلول غذایی می‌تواند به‌جهت تأثیرگذاری‌های معنی‌دار، در برنامه‌ریزی‌های تولید فیسالیس مورد توجه قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: خصوصیات بیوشیمیایی، صفات مورفولوژیکی، غلظت کود، گیاه دارویی، محلول مغناطیسی

مقدمه*

فیسالیس (*Physalis peruvina* L.) گونه‌ای از گیاهان دارویی و از خانواده Solanaceae می‌باشد. اصلی‌ترین مزایای مرتبط با فیسالیس اجزای تغذیه‌ای و ترکیبات فعال زیستی آن هستند (Hassanien, 2011). خواص درمانی این گیاه و فعالیت ضدسرطانی آن، به‌علت وجود فیزالین A، B، D، F و گلیکوزیدها می‌باشد. در طب سنتی از فیسالیس برای درمان بیماری‌های متعددی همچون هپاتیت، آسم، مالاریا و درماتیت استفاده می‌گردد (Zavala *et al.*, 2006).

تغییر خواص فیزیکی و شیمیایی، قطبیت، پیوند هیدروژنی، کشش سطحی، هدایت الکتریکی، pH و حلالیت نمک در آب و محلول‌های آزمایشگاهی، تحت تیمار مغناطیسی ثابت شده است (Hozayn *et al.*, 2016). آب عبوری از میدان مغناطیسی دائمی یا الکترومغناطیس نصب‌شده بر روی خط لوله تغذیه، منجر به تولید آب تغییر خاصیت یافته یا به اصطلاح آب مغناطیسی می‌گردد (Highashitani *et al.*, 1993). کاربرد میدان مغناطیسی در کشاورزی نیز از طریق تیمار بذر و مطالعات جوانه‌زنی، رشد گیاهچه، تولید گونه‌های مختلف از گیاهان باغی، دارویی، صنعتی و محصولات خوراکی گزارش شده است (Teixeira da Silva and Dobraszki, 2014). استفاده از آب مغناطیسی، علاوه بر بهبود بهره‌وری آب و عملکرد محصول، در درازمدت نه‌تنها گران نیست، بلکه به محیط زیست نیز آسیب نمی‌رساند (Maheshwari and Grewal, 2009). امکان ارتباط اثرات مثبت تیمار مغناطیسی متأثر از سنگ طبیعی مگنتیت، که دارای خواص مغناطیس طبیعی می‌باشد، با خواص پارامغناطیس برخی اتم‌های سلول‌های گیاهی و برخی از رنگ‌دانه‌ها مانند کلروپلاست اثبات شده است (Aladjadjiyan, 2010). میدان مغناطیسی، علاوه بر نقش مهم در ظرفیت جذب کاتیون، در جذب مواد مغذی متحرک گیاهی هم‌چون Ca و Mg نیز مؤثر می‌باشد (Esitken and Turan, 2004). Khalil and Abou Leila (2016) به بررسی تیمار مغناطیسی بر خصوصیات کیفی، رشد رویشی، صفات مورفولوژیکی و بهره‌وری میوه در گونه *P. pubescens* از فیسالیس پرداختند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد، پارامترهای موردبررسی بهبود یافتند. Taha *et al.* (2011) نیز در قالب تحقیق دیگری گزارش نمودند، که اعمال تیمار مغناطیسی منجر به افزایش ظرفیت مصرف مواد

* نویسنده مسئول: a.alirezalu@urmia.ac.ir

مغذی، آب و بهبود صفات مورفولوژیکی در گیاه سویا گردید. Surendran *et al.* (2016) اثر آب مغناطیسی را بر رطوبت خاک و شاخص‌های رشدی و عملکردی گیاه نخود ارزیابی کردند. نتایج بررسی آن‌ها نشان داد که تصفیه مغناطیسی منجر به تغییر خواص آب، مواد جامد محلول، سطح شوری و pH می‌شود. علاوه بر این پارامترهای رشدی و عملکردی نخود تحت آزمایش‌های گلدانی بهبود یافت. اثرات مثبت آب مغناطیسی در افزایش وزن متوسط میوه و تعداد میوه‌های برداشتی گیاه فلفل دلمه‌ای (Ahmed *et al.*, 2013)، افزایش بهره‌وری آب و بهبود عملکرد کرفس و نخود فرنگی در گلخانه (Basant *et al.*, 1996) نیز گزارش شده است. در نتیجه با توجه به تأثیرات اثبات‌شده این تیمار بر بهبود فاکتورهایی چون عملکرد و بهره‌وری آب، استفاده از آن می‌تواند ضمن تولید محصولات سالم، از هر دو جنبه مصرف بهینه آب و افزایش عملکرد، موجب افزایش بازدهی اقتصادی در کشاورزی گردد.

یکی از مهم‌ترین مسائل در تولید محصولات سالم در کشت گیاهان، مدیریت کاربرد محلول‌های غذایی می‌باشد. استفاده مناسب و مفید از انواع مختلف عناصر و کودها، راه اصلی برای افزایش عملکرد محصول می‌باشد (Talaie *et al.*, 2012). عناصر کلیدی ماکرو، عناصر ضروری برای گیاهان هستند، ولی با این حال، عناصر میکرو نقش مهمی در تولید محصول دارند. Verma *et al.* (2017) گزارش دادند که ویژگی‌های فیزیکی میوه فیسالیس تحت تیمارهای غلظت NPK بهبود می‌یابد. هم‌چنین در مطالعه Ghobaie *et al.* (2014) به تأثیرپذیری مثبت برخی از خصوصیات کیفی میوه توت‌فرنگی، از غلظت‌های مختلف محلول غذایی هوگلند اشاره شده است. اثرات معنی‌دار محلول غذایی هوگلند در افزایش اسانس گیاه دارویی نعناع Ghobaie *et al*(۲۰۱۴) و بهبود ویژگی‌های رویشی و فیتوشیمیایی گیاه دارویی شاه اسپرم (Hassanpouraghdam, 2008) نیز از جمله گزارش‌های دیگر در این زمینه می‌باشد.

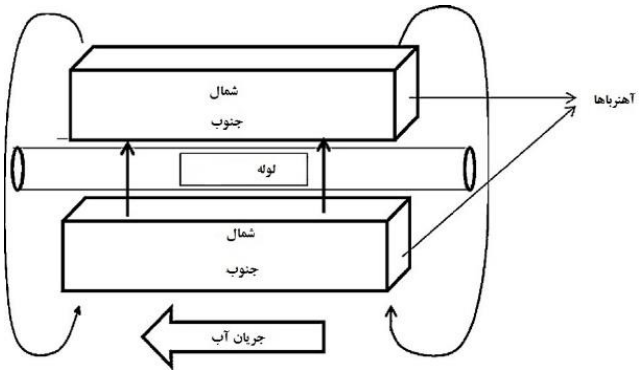
در دهه‌های اخیر کاهش کمی و کیفی منابع آب و خاک، از موانع جدی در چرخه تولید بوده‌اند. از طرف دیگر استفاده فراوان و نامتعارف از کودها و سموم شیمیایی نیز موجب شوری خاک و تخریب خاکدانه‌ها شده است. بنابراین برای اصلاح آب، خاک و افزایش تولید محصول، آگاهی از فنون روز دنیا که به طبیعت نیز آسیب نرساند، لازم و ضروری می‌باشد. در راستای کاهش بخشی از اثرات منفی اشاره شده، پژوهش حاضر برای بررسی تغییرات خصوصیات فیتوشیمیایی و مورفولوژیکی گیاه دارویی فیسالیس، تحت تأثیر شدت‌های مختلف آب مغناطیسی، همراه با غلظت‌های متفاوت از محلول غذایی تعریف گردید.

مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر در سال ۱۳۹۶، در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه، با استقرار شمالی-جنوبی و با موقعیت جغرافیایی ۴۴/۹۷ طول شرقی و ۳۷/۶۵ عرض شمالی و ارتفاع ۱۳۶۵ متر از سطح دریا و به‌شکل گلدانی انجام شد. در طول مدت آزمایش، میانگین دماهای بیشینه و کمینه در گلخانه به‌ترتیب ۲۵ و ۱۵ درجه سلسیوس بود. روشنایی مورد نیاز گیاهان با نور طبیعی آفتاب تأمین شد. بذور گیاه دارویی فیسالیس (*P. peruvina* L.) که به رقم زرد معروف می‌باشد، از کشور ترکیه خریداری شدند. بذرها ابتدا در سینی‌های نشاء، به‌میزان دو عدد در هر جایگاه کشت و در عمق یک سانتی‌متری از بستر کشت کاشته شدند. گیاهان تا زمان جوانه‌زنی آبیاری گردیدند. پس از جوانه‌زنی بذرها، به‌منظور رشد بهتر آن‌ها از محلول غذایی هوگلند کامل استفاده گردید. پس از اینکه نشاها به مرحله چهاربرگی رسیدند، از سینی‌های کشت به گلدان‌های پلاستیکی ده لیتری منتقل شدند (در هر گلدان یک گیاه). به‌منظور اعمال دقیق تیمارها، از بسترهای کشت پیت‌ماس و پرلیت به نسبت ۷ به ۳ استفاده گردید. به‌منظور اعمال تیمارهای مغناطیسی نیز سه جفت آهنربا از شرکت مگنت تابان خریداری شد. با توجه به بررسی منابع و امکانات موجود، تیمارها شامل چهار سطح شدت مغناطیس صفر (M_0)، ۰/۲ (M_1)، ۰/۳ (M_2) و ۰/۴ (M_3) تسلا و چهار سطح غلظت محلول غذایی هوگلند ٪۲۵ ($H_{0.25}$)، ٪۵۰ ($H_{0.5}$)، ٪۷۵ ($H_{0.75}$) و ٪۱۰۰ (H_t) بودند. اعمال تیمارهای مغناطیسی و غلظت از مرحله گلدهی (شکل۱-الف) آغاز و تا زمان برداشت میوه‌ها، ادامه یافت. نیاز آبی در مرحله گلدهی برابر با ۶۵۰ میلی‌لیتر و در مرحله میوه‌دهی برابر با ۷۵۰ میلی‌لیتر تعیین شد Rezaverdinejad *et al.*, (2017). دور آبیاری با سیستم قطره‌ای سه روز انتخاب گردید. درنهایت، میوه‌ها (شکل۱-ب) پس از رسیدن به مرحله بلوغ فیزیولوژیکی (در حدود ۴ ماه پس از نشاکاری) به‌طور مداوم برداشت و برای جلوگیری از فساد، در یخچال ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. ترکیبات شیمیایی مورد استفاده در تهیه محلول‌های غذایی و آزمایش‌ها در این پژوهش، از محصولات شرکت‌های معتبر داخلی (هم‌چون آروین شیمی) و خارجی (هم‌چون شرکت کارلو اربا (Carlo Erba)، اپلیشم (Aplisham) فرانسه و مرک (Merck) آلمان) انتخاب و خریداری گردید.

در این تحقیق، برای اعمال مغناطیس از جفت آهنرباهای دائمی، استفاده شد. در شکل (۲) نحوه قرارگیری آهنرباها و اعمال میدان مغناطیسی بر فضای بین آهنرباها و مغناطیسی شدن محلول غذایی عبوری از درون لوله پلاستیکی ۱۶ میلی‌متری، نمایش داده شده است.

شکل ۱. (الف) مرحله گلدهی (ب) مرحله میوه‌دهی



شکل ۲. شماتیک کلی از نحوه قرارگیری جفت آهنرباهای دائمی، برای مغناطیسی شدن محلول غذایی درون لوله

برای اندازه‌گیری صفات مورفولوژیکی طول، عرض و قطر میوه، از کولیس (Placom KP-80N, Koizuml) با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر و برای تعیین وزن (تر) آن، از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم استفاده شد (DigiWeigh DWP-2004). رنگ میوه‌ها نیز توسط دستگاه هانترلب (VA- Reston, USA) براساس سه مؤلفه *L (شفافیت)، *a (قرمزی) و *b (زردی) تعیین شد. در ادامه، C (شدت رنگ) از رابطه ۱ و h° (درجه رنگ) از رابطه ۲ محاسبه شدند (Maskan, 2001):

$$Chroma = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2} \quad \text{(رابطه ۱)}$$

$$\text{Hue angle} = \tan^{-1}(\frac{b^*}{a^*}) \quad \text{(رابطه ۲)}$$

پس از به‌دست آوردن عملکرد محصول برای هر گیاه برحسب گرم، کارایی مصرف آب، با تقسیم وزن محصول به مقدار آب مصرفی در طی فصل رشد برحسب گرم بر لیتر برآورد گردید. برای اندازه‌گیری خصوصیات فیتوشیمیایی و عصاره‌گیری متانولی از میوه‌ها، از دستگاه اولتراسونیک استفاد شد. سپس یک گرم از هر نمونه، داخل فالکون‌های ۵۰ میلی‌لیتری قرار داده شده و پس از اضافه کردن ۲۰ میلی‌لیتر متانول ۸۰ درصد، عصاره‌گیری به مدت نیم ساعت در دمای ۳۰ درجه اولتراسونیک و با قدرت ۱۲۰هرتز (Elmasonic) صورت گرفت.

سنجش مواد فنلی، با معرف فولین سیوکالتیو صورت گرفت. به‌طوری‌که، ۱۰۰ میکرولیتر عصاره از محلول استخراج شده اصلی برداشته شد. سپس عصاره مذکور با آب مقطر به حجم یک میلی‌لیتر رسانده شد (۱۰ برابر رقیق شد). در ادامه، ۱/۶ میلی‌لیتر آب دیونیزه به ۲۰۰ میکرولیتر از نمونه رقیق شده اضافه شد. در مرحله بعد، ۲۰۰ میکرولیتر فولین به مخلوط افزوده شد. بعد از ۵ دقیقه به مخلوط مذکور ۲ میلی‌لیتر کربنات سدیم ۷ درصد اضافه شد و در نهایت، با آب دیونیزه به حجم ۵ میلی‌لیتر رسانده شد. پس از آن، نمونه‌ها به مدت ۴۵-۳۰ دقیقه در دمای اتاق قرار داده شدند. نهایتاً جذب در طول موج ۷۶۰ نانومتر توسط اسپکتروفتومتر (MODEL: UV2100 PC) قرائت شد. در طول آزمایش، آب دیونیزه به‌عنوان شاهد و اسید گالیک به‌عنوان استاندارد مورد استفاده قرار گرفت. در پایان، منحنی استاندارد براساس گالیک اسید ترسیم و نتایج نیز به‌صورت میلی‌گرم گالیک اسید بر گرم وزن خشک گزارش شدند (Ebrahimzadeh *et al.*, 2008).

به‌منظور اندازه‌گیری میزان فلاونوئید کل، به ۵۰ میکرولیتر از هر عصاره، ۱/۵ میلی‌لیتر متانول (۸۰ درصد)، ۱۰۰ میکرولیتر محلول آلومینیوم‌کلراید (۱۰ درصد)، ۱۰۰ میکرولیتر محلول استات‌پتاسیم ۱ مولار و ۴/۷۵ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شد. سپس، جذب مخلوط بعد از گذشت ۴۰ دقیقه در طول‌موج ۴۱۵ نانومتر نسبت به شاهد قرائت گردید. رسم منحنی استاندارد نیز با استفاده از کوئرستین انجام شد. در نهایت، میزان فلاونوئید کل عصاره‌ها براساس میلی‌گرم معادل کوئرستین بر گرم وزن خشک گیاه گزارش شد (Chang *et al*., 2002).

برای سنجش کاروتنوئید، کلروفیل a و کلروفیل b از عصاره متانولی استفاده گردید. جذب نمونه‌ها در طول موج‌های ۶۶۶، ۶۵۳ و ۴۷۰ نانومتر (به‌ترتیب برای کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئید) قرائت و با استفاده از فرمول‌های ۳، ۴ و ۵ مقادیر مربوطه بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن خشک گیاه (mg/100 g DW) محاسبه گردید:

Cla=15/65A666 – 7/34A653 (رابطه ۳)

Clb=27.05A653 – 11/21A666 (رابطه ۴)

Cx+c = 1000 A470 - 286 Cla – 129.2 Clb/245 (رابطه ۵)

که در آن Cla: کلروفیل a، Clb: کلروفیل b، A: میزان جذب و Cx+c: کارتنوئید کل می‌باشد.

برای اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی به روش DPPH، ۵ میکرولیتر از عصاره متانولی ۵ برابر رقیق‌شده نمونه، در یک لوله آزمایشی ریخته شد. سپس به عصاره مدنظر ۲۰۰۰ میکرولیتر از محلول DPPH (از قبل آماده شده) اضافه شد. سپس محلول حاصل تکان داده شد و در دمای آزمایشگاه به مدت ۳۰ دقیقه نگهداری گردید. در ادامه، جذب در طول موج ۵۱۶ نانومتر در اسپکتروفتومتر قرائت شد. برای تهیه نمونه شاهد (بلنک) نیز طبق روش بالا عمل گردید. در این حالت، به جای عصاره، از ۵۰ میکرولیتر اتانول ۸۰ درصد استفاده شد (Mashayekhi and Atashi, 2014). در پایان، اعداد قرائت‌شده از جذب نمونه، توسط فرمول ۶ به درصد (٪) مهار تبدیل گردید: (رابطه ۶)

$$RSA=\frac{(\text{Abs control})t=30\,\text{min}-(\text{Abs sample})t=30\,\text{min})}{(\text{Abs control})t=30\,\text{min}}*100$$

که در آن Abs control: میزان جذب شاهد و Abs sample: میزان جذب نمونه می‌باشد.

لازم به ذکر است تجزیه و تحلیل داده‌ها در پژوهش حاضر، با استفاده از نرم‌افزار آماری (SAS 9.13) در قالب طرح کاملاً تصادفی به‌صورت فاکتوریل و با سه تکرار صورت گرفت. مقایسه میانگین‌ها نیز به روش آزمون دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد، که تیمار شدت مغناطیسی روی خصوصیات مورفولوژیکی a^*، b^*، کروما و هیو در سطح احتمال ۱ درصد و بر خصوصیات عملکرد و کارایی مصرف آب در سطح احتمال ۵ درصد تأثیر معنی‌دار داشت. البته برخی خصوصیات مورفولوژیکی (طول میوه، قطر میوه، وزن میوه، و شاخص L*) تحت تأثیر معنی‌دار شدت‌های مغناطیسی قرار نگرفتند (جدول ۱). هم‌چنین نتایج نشان داد که تأثیر غلظت‌های مختلف محلول غذایی و اثر متقابل شدت مغناطیسی × غلظت محلول‌های غذایی، بر تمامی صفات مورفولوژیکی معنی‌دار شدند (جدول ۲). در نتیجه می‌توان گفت که کاربرد شدت مغناطیسی تأثیر مثبتی روی جذب عناصر غذایی و افزایش کارایی آن‌ها در گیاه داشته است.

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورفولوژیکی و عملکردی تحت تیمارهای شدت مغناطیس و غلظت محلول غذایی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات (MS)										
		طول میوه	قطر میوه	وزن میوه	طول به قطر	عملکرد	کارایی مصرف آب	a^*	b^*	L^*	کروما (Chroma)	هیو(Hue)
شدت مغناطیس	۳	۱/۵۵^{ns}	۱/۹۹^{ns}	۱/۷^{ns}	۰/۰۰۲^{ns}	۴۲۶۱۱۶/۸*	۹۳/۵۱*	۲۲/۸۳**	۲۶/۳۹**	۲۴/۱۱^{ns}	۲۹/۱**	۲۱۵۳۶/۳۶**
غلظت محلول غذایی	۳	۳/۱۸**	۸/۷۹**	۶/۲۷**	۰/۰۲*	۱۵۶۷۹۲۵/۱**	۳۴۴/۰۹**	۱۲/۱۵*	۳۷/۲۱**	۱۰۱/۹۷**	۳۸/۱**	۱۲۰۴۶/۱۴**
شدت‌غناطیس×غلظت‌محلول‌غذایی	۹	۴/۸۲**	۳/۵۴**	۳/۱۵**	۰/۰۱*	۷۸۸۳۷۵/۵۹**	۱۷۳/۰۴**	۲۲/۴۵**	۲۰/۹۶**	۱۰۵/۳۹**	۲۱/۷۸**	۱۰۵۷۵/۴**
اشتباه آزمایشی		۰/۶	۰/۸۴	۰/۶۹	۰/۰۰۴	۱۷۲۷۷۳/۸	۳۷/۹۲	۳/۵۴	۳/۶۵	۱۷/۱۸	۳/۹۱	۲۵۸۲/۸۱
CV(٪)		۵/۶۵	۷/۲۲	۱۶/۴	۵/۹۶	۱۶/۶	۱۶/۵	۷۳/۶۹	۵/۷۷	۶/۶۳	۵/۹۴	۱۳۷/۰۲

**: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، *: معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، ^{ns}: عدم معنی‌داری

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تیمار شدت مغناطیس بر تمامی خصوصیات فیتوشیمیایی (کلروفیل b، بتاکاروتن، فنل کل، فلاونوئید کل و فعالیت آنتی اکسیدانی) به‌جز کلروفیل a و کاروتنوئیدها، تأثیر معنی‌دار داشت. از طرف دیگر، خصوصیات کلروفیل a، کلروفیل b، فنل کل و فلاونوئید کل نیز تحت تأثیر معنی‌دار تیمار غلظت محلول غذایی در سطح احتمال یک درصد قرار گرفتند. البته، تحت تأثیر غلظت‌های مختلف محلول غذایی، برخی خصوصیات فیتوشیمیایی (کاروتنوئیدها، بتاکاروتن و فعالیت آنتی‌اکسیدانی) معنی‌دار نشدند (جدول ۳). هم‌چنین اثر متقابل شدت مغناطیسی × غلظت محلول‌های غذایی روی تمامی خصوصیات فیتوشیمیایی به غیر از فعالیت آنتی‌اکسیدانی معنی‌دار بود (جدول ۳). در نهایت می‌توان گفت همانند خصوصیات مورفولوژیکی، کاربرد شدت‌های مغناطیسی تأثیر مثبتی روی بهبود پارامترهای فیتوشیمیایی در گیاه داشته است.

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات فیتوشیمیایی تحت تیمارهای شدت مغناطیس آب آبیاری و غلظت محلول غذایی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات (MS)						
		کلروفیل a	کلروفیل b	کاروتنوئیدها	بتاکاروتن BC	فنل کل TPC	فلاونوئیدکل TFC	آنتی‌اکسیدان DPPH
شدت مغناطیس	۳	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۴۴۱**	۲۶/۷۷۷^{ns}	۰/۰۶۸**	۲۸۷/۷۶۴**	۴/۳۱۵**	۲۹/۸۳۱*
غلظت محلول غذایی	۳	۰/۰۰۹**	۰/۱۹۲**	۳۶/۶۷۷^{ns}	۰/۰۱۹^{ns}	۲۶۴/۹۹۴**	۶۹/۱۱۶**	۱۶/۸۱۷^{ns}
شدت مغناطیس × غلظت محلول غذایی	۹	۰/۰۰۷**	۰/۱۷۳**	۶۸/۸۹۹*	۰/۰۶۵**	۲۵۰/۱۱۱**	۳۵/۱۹۳**	۸/۲۸۶^{ns}
اشتباه آزمایشی		۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۷	۲۵/۳۹۶	۰/۰۰۷	۱۰/۷۱۱	۰/۷۰۳	۷/۷۷۲
CV(٪)		۱۳/۴۴۸	۲۹/۴۸۴	۱۶/۵۸۷	۱۹/۸۶۷	۷۳/۶۹۱	۱۴/۲۴۱	۱۶/۴۱۵

**: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، *: معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، ^{ns}: عدم معنی‌داری

نتایج مقایسه میانگین صفات مورفولوژیکی و عملکردی در جدول (۴) نشان داد که بیش‌ترین میزان طول میوه (۱/۵۴ و ۱/۵۲ سانتی‌متر) در تیمارهای M_2*H_t و $M_1*H_{0.5}$ وجود داشت. بیش‌ترین میزان قطر (۱/۴۸ و ۱/۴۵ سانتی‌متر) و وزن میوه (۶/۸۶ و ۶/۵۷ گرم) در تیمارهای $M_2*H_{0.75}$ و M_2*H_t مشاهده شد که ۲/۴۷ برابر از مقدار گزارش شده برای آن در پژوهش Solange *et al* (2016) بیشتر می‌باشد. بالاترین مقدار شاخص رنگی a^* و کروما (C) نیز به‌ترتیب با میزان ۶/۶۶ و ۳۸/۰۶ در تیمار M_2*H_t و حداکثر میزان فاکتور b^* در تیمار $M_2*H_{0.75}$ با مقدار ۳۷/۴۱ مشاهده گردید. همان‌طور که در نتایج مشاهده شد، کاربرد محلول‌های غذایی به‌صورت مغناطیسی شده، سبب افزایش بهبود مصرف آن‌ها در گیاه دارویی فیسالیس شده است که به‌طور کلی با نتایج سایر محققین نیز هم‌خوانی دارد. به‌طوری‌که مقادیر صفات مورفولوژیکی قطر میوه (۱/۶۹ سانتی‌متر)، وزن میوه (۲/۷۷ گرم)، مشخصات رنگ (۶۵/۷۲ برای روشنی، ۱۶/۶۹ قرمزی و ۵۸/۱۱ زردی) در میوه فیسالیس (*P. peruviana*) گزارش شد (Solange *et al*., 2016). هم‌چنین کاربرد تیمار آب مغناطیسی و افزایش شدت آن بر مقادیر صفات مورفولوژیکی طول، قطر و وزن میوه گیاه دارویی مرزه تأثیر معنی‌دار داشته و مقادیر آن‌ها را بهبود داده است (Nayyerpourdizaj *et al*., 2017). استفاده از تیمار آب مغناطیسی سبب افزایش جذب عناصر غذایی، بهبود توسعه رشد ریشه، افزایش وزن تر و خشک ریشه و ساقه شوید شده است (Houshmand *et al*., 2017). تأثیر معنی‌دار مذکور با نتایج تحقیق حاضر در استفاده از تأثیر متقابل و ترکیبی تیمارها (از جمله تیمار شدت مغناطیس) و بهبود صفات مورفولوژیکی گیاه مطابقت داشت. به‌طور کلی می‌توان بیان نمود که تجربه‌های اخیر، در واقع تأییدی بر تأثیر مثبت کاربرد تیمار مغناطیس می‌باشد. از طرف دیگر، حداکثر مقدار متوسط فاکتور L^* در تیمار $M_3*H_{0.75}$ با مقدار ۷۲/۱۹ حاصل گردید. در فاکتور شاخص رنگ هیو (h^0) نیز حداکثر مقادیر میانگین این فاکتور به‌میزان ۸۵/۵۲ مشاهده شد. در نهایت، می‌توان گفت شاخص‌های مهم اقتصادی کمی میوه فیسالیس (هم‌چون طول، قطر و وزن میوه) تحت اثر تیمارهای ساده و ترکیبی به‌طور قابل‌توجهی افزایش یافتند. از طرف دیگر، تیمار غلظت محلول غذایی و افزایش آن در تحقیق حاضر بر تمام صفات مورفولوژیکی (غیر از نسبت طول به قطر میوه) تأثیر معنی‌داری داشت. افزایش ترکیبات گیاهی دارویی بدون استفاده از کودهای شیمیایی را می‌توان اثبات یکی از کاربردهای مهم اعمال تیمار شدت مغناطیس در کشاورزی دانست (Nayyerpourdizaj *et al*.,

2017) که نشان‌دهنده افزایش انحلال و جذب مواد غذایی با استفاده از آب مغناطیسی می‌باشد. به‌طور کلی استفاده از تیمارهای مغناطیس، می‌تواند به‌عنوان ابزار مؤثری در افزایش ارزش غذایی و دارویی گیاهان، از جمله گیاهان دارویی بکار گرفته شود. هم‌چنین تیمار مذکور به‌طور بالقوه، به‌عنوان روشی طبیعی جهت بهبود رشد و تحریک تولید ترکیبات دارویی در گیاه شوید نیز گزارش شده است (Houshmand *et al.*, 2017). تأثیر معنی‌دار استفاده از آب مغناطیسی بر اکثر خصوصیات کمی و کیفی گیاهان دارویی میوه‌ای هم‌چون فیسالیس، بر خواص گل‌های دارویی هم‌چون گل محمدی نیز ثابت شده است (Ebrahimi *et al.*, 2013).

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیش‌ترین میزان عملکرد میوه فیسالیس در تیمارهای $M_2*H_{0.75}$ (۳۴۲۸/۳ گرم در گیاه) و M_2*H_t (۳۲۸۵ گرم در گیاه) مشاهده شد. هم‌چنین حداکثر میزان کارایی مصرف آب تحت تأثیر تیمارهای $M_2*H_{0.75}$ (۵۰/۷۹ گرم در لیتر) و M_2*H_t (۴۸/۶۷ گرم در لیتر) گزارش گردید. باتوجه به مشاهده کم‌ترین میزان‌های عملکرد و کارایی مصرف آب در تیمار شاهد، مشخص شد که تیمارهای شدت مغناطیسی و غلظت محلول‌های غذایی تأثیر مثبت روی این صفات داشتند. عبور آب از میدان مغناطیسی موجب می‌شود که پیوندهای هیدروژنی و واندروالسی بین مولکول‌های آب شکسته شود. در نتیجه کشش سطحی آب کاهش و حلالیت آن افزایش می‌یابد. تحت چنین شرایطی انحلال املاح معدنی مورد نیاز گیاه در آب افزایش یافته و باعث بهبود کمیت و کیفیت محصول می‌شود. با استناد به نتایج مذکور، می‌توان افزایش خصوصیات عملکردی هم‌چون قطر میوه، وزن میوه و طول میوه فیسالیس را به تأثیر مثبت آب مغناطیسی در تیمارهای ترکیبی پژوهش حاضر نسبت داد. بنابراین افزایش قاب ملاحظه کارایی مصرف عناصر غذایی از جمله امکان مصرف یکنواخت مواد غذایی در محدوده توسعه ریشه گیاه از نتایج اثبات شده آب مغناطیسی می‌باشد. هم‌چنین کاربرد دقیق مواد غذایی، کاهش تلفات کود به‌صورت آبشویی، استفاده مناسب از محلول‌های کودی (حاوی عناصر غذایی کم-مصرف) و تنظیم و پایش آسان‌تر مصرف کودها نیز از نتایج مثبت و کاربردی تحقیق حاضر می‌باشد (Kenya and Parsons, 2005).

جدول۴- مقایسه میانگین صفات مورفولوژیکی و عملکردی تحت تیمارهای شدت مغناطیس آب و غلظت محلول غذایی

شدت مغناطیس	غلظت محلول غذایی	صفات مورفولوژیکی											
		طول میوه (mm)	قطر میوه (mm)	طول/ قطرمیوه	وزن میوه (g)	عملکرد (g/Plant)	کارایی مصرف(g/l) آب	a^*	b^*	L^*	کروما(C)	هیو(h^0)
M_0	$H_{0.25}$	۱۱/۲۵^{d}	۹/۸۲^{d}	۱/۱۵^{ab}	۲/۷۸^{d}	۱۳۸۷/۵^{d}	۲۰/۵۶^{d}	۵/۳۶^{abc}	۳۱/۷۵^{cd}	۵۷/۹۴^{cd}	۳۲/۲^{dc}	۸۰/۴۴^{a}
	$H_{0.5}$	۱۴/۴۹^{ab}	۱۳/۱۷^{abc}	۱/۱^{ab}	۵/۰۷^{abc}	۲۵۳۵^{abc}	۳۷/۵۶^{abc}	۲/۹۱^{abcde}	۳۷/۱۵^{ab}	۷۰/۸۸^{ab}	۳۷/۳۳^{ab}	۸۵/۵۲^{a}
	$H_{0.75}$	۱۳/۹۶^{abc}	۱۳/۱۴^{abc}	۱/۰۶^{b}	۴/۳۵^{bdc}	۲۱۷۳/۳^{bcd}	۳۲/۲^{bcd}	۳/۲^{abcde}	۳۴/۰۵^{abcd}	۶۲/۱۴^{abc}	۳۴/۲۵^{abcd}	۸۴/۵۹^{a}
	H_t	۱۳/۶۵^{abc}	۱۳^{abc}	۱/۰۵^{b}	۵/۸۲^{abc}	۲۹۱۱/۷^{abc}	۴۳/۱۴^{abc}	۳/۷۶^{abcd}	۳۴/۸۶^{abcd}	۶۲/۶۶^{abc}	۳۵/۰۹^{abcd}	۸۳/۹^{a}
M_1	$H_{0.25}$	۱۲/۹۶^{bdc}	۱۲/۳۳^{bc}	۱/۰۵^{b}	۴/۹^{abc}	۲۴۵۰^{abc}	۳۶/۳^{abc}	۱/۹۱^{abcdef}	۳۴/۸۲^{abcd}	۶۶/۶۷^{abc}	۳۴/۹۲^{abcd}	۲۶/۸۳^{ab}
	$H_{0.5}$	۱۵/۲^{a}	۱۳/۳۸^{abc}	۱/۱۳^{ab}	۵/۷۵^{abc}	۲۸۷۳/۳^{abc}	۴۲/۵۷^{abc}	۴/۷۷^{abc}	۳۳/۲۸^{abcd}	۶۰/۰۲^{dc}	۳۳/۶۳^{abcd}	۸۱/۹۸^{a}
	$H_{0.75}$	۱۴/۱۶^{abc}	۱۲/۸۸^{abc}	۱/۱^{ab}	۵/۱۵^{abc}	۲۵۷۳/۳^{abc}	۳۸/۱۲^{abc}	۵/۷۴^{ab}	۳۳/۱۹^{abcd}	۶۰/۳^{bcd}	۳۳/۶۹^{abcd}	۸۰/۲۳^{a}
	H_t	۱۳/۴۹^{abc}	۱۲/۱^{c}	۱/۱۲^{ab}	۵/۱۱^{abc}	۲۵۵۵^{abc}	۳۷/۸۵^{abc}	۰/۵۵^{cdef}	۳۳/۸۸^{abcd}	۶۸/۶۹^{abc}	۳۳/۹۱^{abcd}	۲۹/۰۹^{ab}
M_2	$H_{0.25}$	۱۳/۰۱^{bdc}	۱۱/۶۷^{dc}	۱/۱۲^{ab}	۳/۹۴^{dc}	۱۹۶۸/۳^{dc}	۲۹/۱۶^{dc}	۴/۳۱^{abc}	۳۰/۷۱^{cd}	۵۷/۸۹^{cd}	۳۱/۰۴^{dc}	۸۲/۲۷^{a}
	$H_{0.5}$	۱۲/۹^{bdc}	۱۲/۰۲^{dc}	۱/۰۳^{b}	۴/۰۷^{bdc}	۲۰۳۳/۳^{bcd}	۳۰/۱۲^{bcd}	-۱/۹۷^{f}	۳۱/۶۱^{cd}	۶۲/۰۷^{abc}	۳۱/۶۷^{dc}	-۸۶/۴۳^{b}
	$H_{0.75}$	۱۵/۱۶^{a}	۱۴/۷۶^{a}	۱/۰۷^{b}	۶/۸۶^{a}	۳۴۲۸/۳^{a}	۵۰/۷۹^{a}	۱/۱^{bcdef}	۳۲/۳۲^{bcd}	۶۱/۵۴^{bc}	۳۲/۳۵^{bcd}	۲۸/۲۴^{ab}
	H_t	۱۵/۴۵^{a}	۱۴/۴۹^{ab}	۱/۰۷^{b}	۶/۵۷^{a}	۳۲۸۵^{a}	۴۸/۶۷^{a}	۶/۶۶^{a}	۳۷/۴۱^{a}	۶۵/۸۲a^{bc}	۳۸/۰۶^{a}	۷۹/۸۲^{a}
M_3	$H_{0.25}$	۱۴/۷۴^{ab}	۱۱/۹۶^{dc}	۱/۲۵^{a}	۵/۲۷^{abc}	۲۶۳۵^{abc}	۳۹/۰۴^{abc}	-۱/۴^{ef}	۲۵/۴۳^{e}	۵۰/۳۵^{d}	۲۵/۴۸^{e}	-۸۶/۷۵^{b}
	$H_{0.5}$	۱۲/۸۸^{bdc}	۱۲/۵۲^{abc}	۱/۰۳^{b}	۴/۰۱^{dc}	۲۰۰۶/۷^{dc}	۲۹/۷۳^{dc}	-۰/۷۶^{def}	۳۰/۰۷^{cd}	۵۹/۷۸^{dc}	۳۰/۰۷^{d}	-۸۸/۵۶^{b}
	$H_{0.75}$	۱۲/۴۵^{dc}	۱۱/۸^{dc}	۱/۰۶^{b}	۴/۳۷^{bdc}	۲۱۸۳/۳^{bcd}	۳۲/۳۵ ^{bcd}	۰/^{y}۶۷	۳۵/۴۴^{abc}	۷۲/۱۹^{a}	۳۵/۴۷^{abc}	۲۸/۴۲^{ab}
	H_t	۱۴/۰۹^{abc}	۱۳/۸^{abc}	۱/۰۳^{b}	۶/۱۹^{ab}	۳۰۹۵^{ab}	۴۵/۸۵^{ab}	۳/۷۵^{abcd}	۳۳/۱۸^{abcd}	۶۱/۰۶^{bc}	۳۳/۴۹^{abcd}	۸۳/۸۹^{a}

نتایج مقایسه میانگین‌ها برای خصوصیات فیتوشیمیایی در جدول (۵) نیز نشان داد که حداکثر مقادیر کلروفیل a (۰/۲۱ mg/g DW) در تیمار $M_1*H_{0.25}$ به‌دست آمد. هم‌چنین حداکثر مقدار صفت کلروفیل b، به ترتیب در دو تیمار $M_3*H_{0.5}$ با مقدار ۰/۸۹۷ mg/ g DW و سپس در تیمار M_1*H_t با مقدار ۰/۸۸ mg/ g DW به‌دست آمد. نتایج به‌دست آمده نشانگر

تأثیرات مثبت اثرات ساده و متقابل تیمارهای ساده و ترکیبی شدت مغناطیس و هم‌چنین غلظت محلول بر فاکتور اشاره شده است.

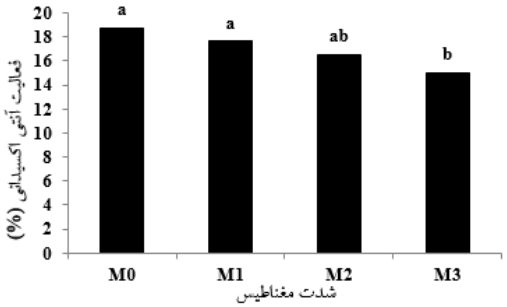
رنگیزه‌های کاروتنوئیدی از مهم‌ترین ترکیبات موجود در میوه‌های فیسالیس می‌باشند. بیش‌ترین میزان کاروتنوئید (mg/ g DW ۲۹/۳۲۳) در تیمار $M_1*H_{0.5}$ گزارش شد. این نتیجه، با نتایج سایر محققین روی میوه فیسالیس (Khalil and Abou Leila, 2016) تطابق دارد. هم‌چنین محتوای کاروتنوئید کل موجود در میوه، همانند برگ آن از مراحل رشد میوه متأثر شده و با بلوغ میوه افزایش می‌یابد که در مورد گیاهانی چون رازیانه و شنبلیله نیز گزارش شده است (Singh *et al.*, 2010). در نتیجه، مقادیر گزارش شده برای میوه بالغ فیسالیس در پژوهش حاضر، حداکثر مقادیر قابل گزارش آن، در طول رشد بوده است. از طرف دیگر، بیش‌ترین میزان فاکتور بتاکاروتن تحت تأثیر تیمار M_3*H_t و با مقدار ۰/۶ mg/ g DW به‌دست آمد که نشانگر بیش‌ترین تأثیرپذیری معنی‌دار این فاکتور در سطح احتمال ۱٪ از تیمارهای متقابل و ساده (شدت مغناطیس) می‌باشد. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیش‌ترین مقدار این خصوصیت فیتوشیمیایی به میزان ۵۵/۳۲۷ mg GAE/g DW و mg GAE/ g DW ۴۹/۸۵، به ترتیب در تیمارهای M_2*H_t و $M_0*H_{0.5}$ وجود داشت. تأثیر و میزان اثر آب مغناطیسی بر فاکتورهای مورد مطالعه به گونه‌های گیاهی بستگی دارد (Gabrielli *et al.*, 2001). همین دلیل می‌تواند، دلیل برخی تفاوت‌ها در نتایج پژوهش حاضر و دیگر تحقیقات مرتبط با آب مغناطیسی باشد. هم‌چنین متفاوت بودن برخی نتایج این تحقیق با نتایج سایر محققین را می‌توان به تفاوت روش کار و نحوه کاربرد تیمارها نسبت داد. افزایش محتوای فنل کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی برگ انگور سلطانی، تحت تأثیر آبیاری با محلول هوگلند مغناطیسی نیز نشان داد، کاهش رادیکال‌های آزاد تحت تیمار شدت مغناطیس اعمالی بر آب و مواد مغذی (کود)، در اثر افزایش فعالیت سیستم آنتی‌اکسیدانی می‌باشد (Hosseinpour *et al.*, 2016). اثر آب مغناطیسی در افزایش محتوای فنل کل و تعدیل تنش از طریق سیستم آنتی‌اکسیدانی و هم‌چنین کاهش محتوای رادیکال‌های آزاد سلولی نیز از دیگر نتایج مشابه در این زمینه می‌باشد. در نهایت، با توجه به مقایسه مقادیر میانگین خصوصیات فیتوشیمیایی (جدول ۴) مشاهده شد که حداکثر مقدار خصوصیت فلاونوئید کل با مقادیر mg que/g DW ۱۱/۸۲۳و mg que/g DW ۱۱/۷۸۳ به ترتیب مربوط به تیمارهای ترکیبی M_1*H_t و $M_2*H_{0.5}$ (بدون اختلاف معنی‌دار) می‌باشد. تأثیرپذیری آب مغناطیسی به طول لوله محتوی محلول غذایی واقع در میدان مغناطیسی نیز بستگی دارد (Gabrielli *et al.*, 2001). در نتیجه با توجه به قرار گرفتن طول بیش‌تری از لوله محلول‌دهی در معرض میدان مغناطیسی، بهبود یا تغییر بیش‌تر مقادیر میانگین برخی فاکتورها تحت تأثیر تیمار M_1 نسبت به M_2 و M_3 می‌تواند حاصل شود.

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات فیتوشیمیایی تحت تیمارهای شدت مغناطیس آب آبیاری و غلظت محلول غذایی

شدت مغناطیس	غلظت محلول غذایی	صفات					
		کلروفیل a mg/ g DW	کلروفیل b mg/ g DW	کاروتنوئید mg/ g DW	بتاکاروتن mg/ g DW	فنل کل mg GAE/ g DW	فلاونوئید کل mg que/g DW
M_0	$H_{0.25}$	۰/۱۴۳^{bc}	۰/۰۶^{fg}	۱۸/۳۸^{ab}	۰/۴۴۳^{abc}	۳۷/۴۶^{bc}	۵/۰۸۷^{c}
	$H_{0.5}$	۰/۰۹۳^{ed}	۰/۲۷^{cdef}	۱۹/۹۱۷^{ab}	۰/۴^{abc}	۴۹/۸۵۷^{a}	۳/۳۷^{dc}
	$H_{0.75}$	۰/۱۱۳^{cde}	۰/۲۹۷^{cde}	۱۸/۸۶۳^{ab}	۰/۳۷۳^{bc}	۲۵/۹۱۷^{efgh}	۳/۹۰۳^{dc}
	H_t	۰/۱۲۷^{bcd}	۰/۱۰۷^{efg}	۲۵/۹۰۳^{ab}	۰/۵۶^{ab}	۳۱/۴۷۷^{bcdef}	۹/۱۹^{b}
M_1	$H_{0.25}$	۰/۲۱^{a}	۰/۳۷^{bcd}	۲۲/۶۱۷^{ab}	۰/۴۱^{abc}	۳۱/۳۲۳^{bcdef}	۴/۱۰۳^{dc}
	$H_{0.5}$	۰/۰۹۷^{ed}	۰/۵۱^{b}	۲۹/۳۲۳^{a}	۰/۴۸^{abc}	۲۹/۲۴۷^{cdefg}	۴/۱۵۷^{dc}
	$H_{0.75}$	۰/۱۴^{bc}	۰/۴۶^{bc}	۱۸/۷۴^{ab}	۰/۳۱۷^{dc}	۳۷/۹۳^{b}	۵/۴۳۳^{c}
	H_t	۰/۰۳۳^{f}	۰/۸۸^{a}	۱۵/۸۳^{b}	۰/۱۲۷^{d}	۳۱/۹۷^{bcdef}	۱۱/۸۲۳^{a}
M_2	$H_{0.25}$	۰/۰۸۳^{e}	۰/۲۱^{defg}	۲۱/۴۶^{ab}	۰/۴۴۷^{abc}	۲۳/۹۷۳^{fgh}	۴/۰۷۳^{dc}
	$H_{0.5}$	۰/۱۲^{cde}	۰/۱۸^{defg}	۲۰/۸۸۳^{ab}	۰/۴۴۷^{abc}	۳۳/۹۳۳^{bcde}	۱۱/۷۸۳^{a}
	$H_{0.75}$	۰/۱۶^{b}	۰/۰۳^{g}	۲۶/۳۴۳^{ab}	۰/۵۸۷^{ab}	۳۲/۰۳^{bcdef}	۲/۵۸۷^{d}
	H_t	۰/۱۳^{bcd}	۰/۰۶۳^{gf}	۲۵/۹۰۷^{ab}	۰/۵۷^{ab}	۵۵/۳۲۷^{a}	۲/۹۷^{d}
M_3	$H_{0.25}$	۰/۱۱۳^{cde}	۰/۰۶۷^{fg}	۱۶/۹۴^{ab}	۰/۴۱۷^{abc}	۲۰/۳۱۳^{h}	۲/۸^{d}
	$H_{0.5}$	۰/۰۳^{f}	۰/۸۹۷^{a}	۱۷/۳۳۳^{ab}	۰/۱۴۷^{d}	۲۶/۵۴۳^{defgh}	۱۱/۰۹۳^{ab}
	$H_{0.75}$	۰/۱۵^{bc}	۰/۰۹۷^{efg}	۱۸/۸۵^{ab}	۰/۴۴^{abc}	۲۲/۱۰۳^{gh}	۲/۶۵^{d}
	H_t	۰/۱۳^{bcd}	۰/۰۹^{efg}	۲۷/۹۰۳^{ab}	۰/۶^{a}	۳۴/۴۸۳^{bcd}	۹/۲۰۳^{ab}

با توجه به نتایج تحقیق حاضر مشخص شد، کاربرد تیمارهای شدت مغناطیس و غلظت محلول غذایی بر اکثر فاکتورهای مورفولوژیکی و فیتوشیمیایی میوه گیاه دارویی فیسالیس، همانند تأثیر معنی‌دار میدان مغناطیسی ضعیف بر رشد اندام‌های گیاه ذرت و ریشه‌های اولیه در طی دوران ابتدایی رشد معنی‌دار بود (Turker *et al.*, 2007). میزان فاکتورهای فنل کل، فلاونوئید کل، افزایش ارزش غذایی میوه گیاه دارویی فیسالیس تحت تأثیر معنی‌دار تیمار شدت مغناطیس (در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪) (Nayyerpourdizaj *et al.*, 2017) بهبود و افزایش می‌یابد. هم‌چنین می‌توان تأثیر معنی‌دار مثبت تیمار شدت مغناطیس بر گیاه دارویی شوید Houshmand *et al.*, (2017) را نیز نمونه دیگری از اثرات مفید کاربرد این تیمار دانست. از طرف دیگر علی‌رغم اینکه، تأثیر متقابل تیمارهای غلظت محلول غذایی و شدت مغناطیس بر فاکتور میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه گیاه فیسالیس در این پژوهش غیرمعنی‌دار بود، ولی تأثیر ساده تیمار شدت مغناطیس بر این پارامتر، از لحاظ آماری (در سطح احتمال ۵٪) معنی‌دار شد. این نتیجه به‌طور کلی، در تحقیقات دیگری بر گیاه دارویی مرزه (Nayyerpourdizaj *et al.*, 2017) و در انگور (Hosseinpour *et al.*, 2016) نیز اثبات شده است. یک دسته از ترکیبات مهم بیوشیمیایی موجود در گیاه دارویی فیسالیس، ترکیبات فنلی می‌باشند. این ترکیبات به‌عنوان عوامل آنتی‌اکسیدان عمل می‌کنند و از اثر اکسیدکننده‌های مخرب جلوگیری می‌نمایند. مکانسیم عمومی ترکیبات فنلی در جهت فعالیت آنتی‌اکسیدانی، حذف رادیکال‌های آزاد و جلوگیری از تجزیه هیدروپروکسیدازها به رادیکال‌های آزاد می‌باشد. همان‌طور که نتایج نشان داد افزایش فنل در تیمارهای ترکیبی به اندازه‌ای نیست که فعالیت آنتی‌اکسیدانی را تحت تأثیر قرار دهد. در نتیجه معنی‌دار نبودن فعالیت آنتی‌اکسیدانی می‌تواند بدین علت باشد. هم‌چنین ترکیبات فنلی می‌توانند تحت تأثیر جنس گیاه، گونه، بلوغ گیاه در زمان برداشت، دوره رشد و غیره قرار گیرد (Razali *et al.*, 2008). هم‌چنین علاوه بر تأثیر دوره رشد و بلوغ بر محتوای فنل و فلاونوئیدها می‌توان گفت مقادیر این فاکتورها ممکن است در بین میوه‌ها و سبزی‌ها متفاوت باشد. سطح ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی در فلفل (Marin *et al.*, 2004) در پاسخ به بلوغ کاهش یافته، ولی سطح این ترکیبات در گیاه فیسالیس مشابه با توت‌فرنگی، شاه‌توت و تمشک، با بلوغ افزایش یافت (Kim *et al.*, 2004). هم‌چنین با توجه به اینکه، بیش‌ترین مقدار کاروتنوئید کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی در میوه رسیده فیسالیس مشاهده می‌گردد (Houshani *et al.*, 2015)، در نتیجه می‌توان گفت مقادیر به‌دست آمده برای این فاکتورها در پژوهش حاضر حداکثر مقدار ممکن آن‌ها بوده است.

کاربرد شدت مغناطیس و تأثیرگذاری تیمار آب مغناطیسی، می‌تواند تحت تیمارهای ترکیبی مختلف نتایج متفاوتی داشته باشد. به‌طوری‌که تأثیر این تیمار همراه با کم‌آبیاری پیوسته، در سطح احتمال ۱٪ بر فاکتور کلروفیل برگ ذرت رقم ماکسیما معنی‌دار بوده است (Nikbakht *et al.*, 2014). نتیجه مذکور، با تأثیرپذیری معنی‌دار فاکتور کلروفیل b در پژوهش جاری تطابق دارد. ولی در مقابل تأثیرپذیری فاکتور کلروفیل a تحت تأثیر تیمار ساده شدت مغناطیس (اعمال مغناطیس بدون هوگلند) در پژوهش حاضر معنی‌دار نشد. هم‌چنین بهبود میزان رشد گیاهان با آب مغناطیسی، علاوه بر کاهش اثرات سوء کم‌آبیاری، می‌تواند موجب افزایش جذب عناصری چون نیتروژن، پتاسیم، فسفر (در محلول غذایی هوگلند) و سدیم گردد (Nikbakht *et al.*, 2014).



شکل۳-نمودار تغییرات میزان فعالیت آنتی اکسیدانی تحت تیمار شدت‌های مختلف مغناطیس

سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی در تمام مراحل رشد گیاهان فعال است. با توجه به شکل (۳)، افزایش شدت میدان مغناطیسی میزان فعالیت آنتی‌اکسیدان را کاهش داده است. هم‌چنین با مقایسه مقادیر درصد آنتی‌اکسیدان متأثر از تیمار شدت مغناطیس M_3، با دو تیمار دیگر (M_1، و تیمار شاهد) مشخص شد اختلاف معنی‌دار بوده است. با توجه به اینکه عمل آنتی‌اکسیدان‌ها متفاوت بوده و به‌طور گسترده با چندین عامل مانند مراحل بلوغ، شرایط برداشت و ذخیره‌سازی تغییر می‌کند (Mejia *et al.*, 1988)، می‌توان تطابق کمتر مقدار این فاکتور در تحقیق حاضر با تحقیقات دیگر را ناشی از این عوامل دانست. هم‌چنین در طی بلوغ گیاهان، تغییرات فیتوشیمیایی بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی آن‌ها مؤثر است و کیفیت غذایی انواع مختلف میوه و سبزی‌ها را در زمان‌های مختلف تحت تأثیر قرار می‌دهد (Conforti *et al.*, 2007). در نتیجه، مقادیر آنتی‌اکسیدان اندازه-

گیری شده در گیاهان مختلف یا تحت شرایط مختلف می‌تواند متفاوت باشد. هم‌چنین اکثر پلی‌فنل‌ها در بین ترکیبات فیتوشیمیایی آنتی‌اکسیدان به علت ویژگی احیایی و عمل به دام انداختن رادیکال آزاد بسیار مهم هستند. پلی‌فنل‌ها، به‌عنوان ترکیباتی که در طی رشد و نمو متغیر هستند، به علت شرکت داشتن در بو، رنگ و مزه گیاهان نیز اهمیت دارند (Deepa *et al.*, 2007). آن‌ها هم‌چنین از طریق تعامل با سیستم‌های آنزیمی مختلف، توانایی کلات‌کنندگی فلزات را دارند. نقش دفاعی برخی فلاونوئیدها اثبات شده است (Witzell *et al.*, 2003). عصاره متانولی بخش‌های مختلف گیاه فیسالیس در طی مراحل رشد حاوی غلظت‌های مختلفی از ترکیبات مختلف آنتی‌اکسیدان است. به‌طوری‌که بیش‌ترین میزان فنل، فلاونوئید در برگ‌های آن در مراحل مختلف رشد وجود داشته است. در نتیجه واضح است، مقادیر آن‌ها در میوه، در تحقیق حاضر کمتر از نتایج دیگر پژوهش‌ها باشد.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که تیمارهای غلظت محلول غذایی هوگلند و هم‌چنین شدت مغناطیس مؤثر بر آن، می‌توانند موجب بهبود اکثر صفات مورفولوژیکی و خصوصیات فیتوشیمیایی گیاه دارویی فیسالیس شوند. در نتیجه شاخص‌ترین تیمار مؤثر بر بهبود حداکثری هر یک از فاکتورهای فیتوشیمیایی این تحقیق عبارت‌اند از: تیمار M_1*H_t در افزایش خصوصیت فلاونوئیدکل (۱۱/۸۲۳-۲/۵۸۷ mg que/g DW)، تیمار M_2*H_t برای بهبود فنل کل (۵۵/۳۲۷- mg GAE/g DW ۲۰/۳۱۳)، M_3*H_t در افزایش بتاکاروتن (۰/۶- mg/g DW ۰/۱۲۷)، $M_1*H_{0.5}$ در افزایش کاروتنوئید (۲۹/۳۲۳- mg/g DW ۱۵/۸۳)، $M_3*H_{0.5}$ در بهبود پارامتر کلروفیل b (۰/۸۹۷-۰/۰۳)، $M_1*H_{0.25}$ در بهبود کلروفیل a (۰/۲۱-۰/۰۳). هم‌چنین در مورد فاکتورهای صفات مورفولوژیکی نیز شاخص‌ترین تیمارهای توصیه شده، با بیش‌ترین افزایش یا تغییر در فاکتورهای مورد بررسی، صفت قطر (۱۴/۷۶۳-۹/۸۱۷) و وزن میوه (۱/۲۵۳-۱/۰۲۷) تحت تیمار $M_2*H_{0.75}$، پارامترهای طول میوه (۱۵/۴۴۷-۱۱/۲۵)، a^* (۶/۶۲۷-۱/۹۷)، b^* (۳۷/۴۱-۲۵/۴۲۷) و کروما (C) (۳۸/۰۶۳-۲۵/۴۷۷) تحت تأثیر M_2*H_t، نسبت طول به قطر میوه (۱/۲۵۳-۱/۰۲۷) با $M_3*H_{0.25}$، هیو (H) (۸۵/۵۲-۸۸/۵۶) تحت $M_0*H_{0.5}$ و L* (۷۲/۱۸۷-۵۰/۳۴۷) با $M_3*H_{0.75}$ بودند.

REFERENCES

Ahmed, MEM., Elzaawel AA., and Bayoumi YA., (2013). Effect of magnetic field on seeds germination, growth and yield of sweet peper (*capsicum annum* L.*). Asian Journal of Science*, 5(3)286-294.

Basant, Baker, J.S., Judd, S.J., 1996. Magnetic amelioration of scale formation. *Water Res.* 30(2), 247–260.

Chang, C., Yang, M., Wen, H. and Chern, J. (2002). Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *Journal of Food and Drug Analysis*, 10: 178-182.

Conforti, F., Statti, G. A. and Menichini, F. (2007) Chemical and biological variability of hot pepper fruits (*Capsicum annuum var. acuminatum* L.) in relation to maturitystage. *Food Chemistry* 102: 1096-1104.

Deepa, N., Kaura, Ch., Georgea, B., Singhb, B. and Kapoor, H. C. (2007) Antioxidant constituents in some sweet pepper (Capsicum annuum L.) genotyps during maturity. *LWT Food Science and Technology* 40: 121-129.

Ebrahimi, R.; Hashem Abadi, D.; Mohammadi Torkashvand, A., (2013), Investigating the Effect of Magnetic Water Use on the Quantity and Quality of Medicinal Plants (Golmohammadi), *The First Regional Conference of Medicinal Plants in Northern Iran*, Gorgan, Agricultural and Natural Resources Research Center of Golestan.

Ebrahimzadeh, MA, Pourmorad, F. and Bekhradnia, AR. (2008). Iron chelating activity screening, phenol and flavonoid content of some medicinal plants from Iran. *African Journal of Biotechnology*, 7: 3188-3192.

Esitken, A, and Turan M, (2004). Alternating magnetic field effects on yield and plant nutrient element composition of Strawberry (*Fragaria ananassa* cv. Camarosa). *Soil and Plant Sci.*, 54:135-139.

Gabrielli, C., Jaouhari, R., Maurin, G., Keddam, M., (2001). Magnetic water treatment for scale prevention. *Water Res.* 35, 3249–3259.

Ghobaie, T., Ebrahimi, M., Azizi, B., (2014). Effect of nutritional solutions on the quality and quantity of essential oils of different species of peppermint, *The first national conference of herbs, traditional medicine and organic farming*, Hegmataneh Environment Assessment Center, Hamedan, Iran.

Hassanien, M.F.R. (2011). *Physalis peruviana*: A rich source of bioactive phytochemicals for functional foods and pharmaceutical. *Food Rev. Int.* 27(3): 259-273.

Hassanpouraghdam, M.B.; Tabatabai, S.J.; Aflatouni, A.; (2008), Effect of different concentrations of nutrient solution on vegetative growth and essential oil of Tanacetum balsamita L., *Agricultural Knowledge*, 18(1): 27-38.

Highashitani, K., Kage, A., Katamura, S., Imai, K., and Hatade, S. (1993). Effects of a magnetic field on

the formation of CaCO3 particles. *J. Colloid Interface Sci.*, 156(1): 90–95.

Hosseinpour, Sh.; Zare Nahandi, F, Razavi, S.M.; (2016); *The effect of magnetic water on the performance of the antioxidant system of Vitis vinifera L. under NaCl conditions*; M.Sc. Thesis, Tabriz University - Faculty of Agricultural Sciences, Tabriz, Iran.

Houshani, M., Mianabadi, M., Aghdasi, M., Azimhosseini, M., (2015). Evaluation of methanolic extract Antioxidant activity of of the *Physalis alkekengi* during different stages of growth, *Journal of Plant Biology*, 14(4), 101-114.

Houshmand, S., Alizadeh, S., Bolandnazar, S., (2017), *Effect of magnetic water on growth, essential oil yield and some phytochemical properties Anethum graveolens* L., M.Sc. Thesis, Tabriz University - Faculty of Agricultural Sciences, Tabriz, Iran.

Hozayn, M., Canola Abdallha, M.M., Abd El-Monem, A.A., El-Saady, A.A., Darwish, M.A., (2016). Applications of magnetic technology in agriculture: a novel tool for improving crop productivity. *Afr. J. Agric. Res.* 11 (5), 441–449.

Kenya, A. D. and Parsons, S. A. (2005). A spectrophotometer- based study of magnetic water: Assessment of ionic vs. surface mechanisms. *Water Research*, 40: 517-524.

Khalil, S.E.; Abou Leila, B.H.; (2016), Effect of Magnetic treatment in improving Growth, Yield and fruit quality of *Physalis pubescens* plant grown under saline irrigation conditions, *International Journal of ChemTech Research*, 2016,9(12): 246-258.

Kim, B.K., Park, P.K., Chae, H.J., Kim, E.Y., *(2004)*. Effect of phenol on β-carotene content in total carotenoids production in cultivation of*Rhodotorula glutinis*, *Korean J. Chem. Eng., 21(3): 689-692*.

Maheshwari, B.L., Grewal, H.S., (2009b). Magnetic treatment of irrigation water: itseffects on vegetable crop yield and water productivity. *Agric. Water Manag.* 96, 1229–1236.

Marin, A., Ferreres, F., Tomas-Barberan, F. and Gil, M. I. (2004). Characterization and quantitation of antioxidant constituents of sweet pepper (Capsicum annuum L.). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 52: 3861-3869.

Mashayekhi, K. and Atashi, S. (2014). The analyzing methods in plant physiology (surveys befor and after harvest). *Press sirang words*, Gorgan, 310 p.

Maskan, M., 2001, Kinetics of colour change of kiwifruits during hot air drying, *Journal of Food Engineering* 48(2):169-175.

Mejia, L. A., Hudson, E., Gonzalez de Mejia, E. and Vasquez, F. (1988) Carotenoid content and vitamin A activity of some common cultivars of Mexican peppers (*Capsicum annuum*) as determined by HPLC. *Journal of Food Science*, 53: 1448-1451.

Nayyerpourdizaj, A., Alizadeh Salteh, S., Zare Nahandi, F., (2017). Investigating the effect of magnetic water on some morphological and biochemical properties and essential oil yield of medicinal herb, M.Sc. Thesis, Tabriz University - Faculty of Agricultural Sciences, Tabriz, Iran.

Nikbakht, J., Khandehrouyan, M., Tavakoli, A. and Tahheri, M. (2014). The effect of magnetic water deficit on yield and water use efficiency of corn. *Journal of Water Research in Agriculture*, 24(4): 551-563.

Razali, N., Razab, R., Junit, S., and Abdulaziz, A. (2008). Radical scavenging and reducing properties of extracts of cashew shoots (*Anacardium occidentale* L.). *Food Chem*. 111: 38–44.

Rezaverdinejad, V., Shabaniyan, M., Besharat, S. and Hassani, A. (2017). Determination of crop water requirement, crop coefficient and water use efficiency of greenhouse-grown cucumber and tomato (Case study: Urmia region). *Ejgcst.* 8(3) :27-40.

Singh, P., Singh, U., Shukla, M. and Singh, R. L. (2010) Variation of some phytochemicals in Methi and Saunf plants at different stages of development. Journal of Herbal Medicine and Toxicology 4: 93 -99.

Solange F. Oliveira, Fernando J. A. Gonçalves, Paula M. R. Correia, Raquel P. F. Guiné, (2016). Physical properties of *Physalis peruviana* L., *Open Agriculture*, 1: 55-59.

Taha, BA, Khalil SE and Khalil AM, (2011). Magnetic treatments of *Capsicum Annuum* L. grown under saline irrigation conditions. *Journal of Applied Sciences Research*, 7(11): 1558-1568.

Talaie G.h., Amini Dehaghi M., Azizi Kh. and Fatoukian M.H. (2012). *Effect of bio and chemical fertilizers on yield and yield components of cumin (cimin cimio)*. MSc thesis.Univ. Shahed, Tehran, Iran.

Teixeira da Silva, J.A., Dobránszki, J., (2014). Impact of magnetic water on plant growth. Environ. *Exp. Biol*. 12, 137–142.

Turker, M., Temirci, C., Battal, P., Erez, M.E., (2007). The effects of an artificial and static magnetic field on plant growth chlorophyll and phytohormone levels in maize and sunflower plants. *Phys. Ann. Rev. Bot.* 46: 271–284.

Verma, A.; Singh, S.P.; Akhilesh K. Pal and Singh, B.K.; Chemical Attributes in Cape Gooseberry (*Physalis peruviana* L.) to Integrated Nutrient Managemen (2017)., *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(11): pp. 1940-1945.

Witzell, G., Gref, R. and Nasholm, T. (2003). Plant - Part specific and temporal variation in phenolic compounds of boreal bilberry (Vaccinium myrtills) plants. *Biochemistry and Ecology*, 31: 115 -127.

Zavala, D., Q. Mauricio, A. Pelayo, M. Posso, J. Rojas and V. Wolach. (2006). Citotoxic effect of *Physalis peruviana* (capuli) in colon cancer and chronic myeloid leukemia. *Anales de la Facultad de Medicina*, 67(4): 283-289.