

## The effects of Magnetic Fertigation and Concentration of Zinc Nano Fertilizer Solution Spraying on Physicochemical Characteristics of Physalis Plant

SAYYED HADI ABTAHI<sup>1</sup>, ABOLFAZL ALIREZALU<sup>2\*</sup>, VAHID REZAVARDINEJAD<sup>3</sup>, MOHAMMAD HEMMATTI<sup>4</sup>,  
MOHAMMADTAGHI AHMADI<sup>5</sup>

1. Ph.D. Student, Water Engineering Department, Agriculture Faculty, Urmia University, Urmia, Iran
2. Assistant Professor, Horticulture Sciences Department, Agriculture Faculty, Urmia University, Urmia, Iran
3. Associate Professor, Water Engineering Department, Agriculture Faculty, Urmia University, Urmia, Iran
4. Associate Professor, Water Engineering Department, Agriculture Faculty, Urmia University, Urmia, Iran
5. Associate Professor, Physics Department, Science Faculty, Urmia University, Urmia, Iran

(Received: June. 19, 2018- Revised: Oct. 19, 2018- Accepted: Oct. 27, 2018)

### ABSTRACT

Investigation of physicochemical variations of physalis crop, as a species with various medicinal and nutritional properties, was performed under combined treatments of magnetism intensity (M) in four levels of zero, 0.2, 0.3 and 0.4 T and concentration of nano zinc fertilizer (N) in three levels 1, 1.5 and 2 g/l. The results showed that the effect of combined treatments on all biochemical properties (except carotenoid factor), as well as all morphological traits (with exception of fruit diameter) was significant at 1% and 5% levels. By analyzing the phytochemical factors, chlorophyll b factor was significantly improved by 5.3 times as compared to the control treatment, under treatments of 0.4 Tesla and 1.5 g/l. Also, among the morphological factors, a\* factor showed the highest increment (2.7 times as compared to the control) under 1.5 g/l zinc fertilizer without magnetism intensity. In general, the balanced use of these treatments could be applied in economical production of this crop.

**Key Words:** Biochemical properties, Morphological Factors, Magnetism Intensity, Phytochemical factors, Nano Zinc

## اثرات کاربرد کودآبیاری مغناطیسی و غلظت محلول پاشی نانوکود روی بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی فیسالیس

سید هادی ابطحی<sup>۱</sup>، ابوالفضل علیرضالو<sup>۲\*</sup>، وحید رضاوردی نژاد<sup>۳</sup>، محمد همتی<sup>۴</sup>، محمد تقی احمدی<sup>۵</sup>

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

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

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

۴. دانشیار، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

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

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۳/۲۹ - تاریخ بازنگری: ۱۳۹۷/۷/۲۷ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۷/۸/۵)

### چکیده

بررسی تغییرات فیزیکی و شیمیایی گیاه دارویی فیسالیس به عنوان گونه‌ای با خواص متعدد درمانی و غذایی، تحت تأثیر توامان تیمارهای شدت مغناطیس (M) در چهار سطح صفر، ۰/۲، ۰/۳ و ۰/۴ تسلا و غلظت نانوکود روی (N) در سه سطح ۱، ۱/۵ و ۲ گرم در لیتر اجرا گردید. نتایج نشان داد تأثیر توامان تیمارها بر تمامی خصوصیات بیوشیمیایی (به جز کاروتنوئید) و کلیه صفات مورفولوژیکی (به استثنای قطر میوه) در سطوح ۵٪ و ۱٪ معنی دار بود. با بررسی فاکتورهای فیتوشیمیایی، فاکتور کلروفیل b با افزایش معنی دار ۵/۳ برابری نسبت به تیمار شاهد، تحت تیمارهای ۰/۴ تسلا و ۱/۵ گرم در لیتر بیشترین بهبود را در بین تیمارها داشت. همچنین از بین فاکتورهای مورفولوژیکی، فاکتور a\* تحت تیمار ۱/۵ گرم در لیتر و بدون شدت مغناطیس با بهبود ۲/۷ برابری بالاترین افزایش را نشان داد. در مجموع، استفاده متعادل از این تیمارها می‌تواند در تولید اقتصادی این محصول بکار گرفته شود.

**واژه‌های کلیدی:** آبیاری، خصوصیات شیمیایی، شدت مغناطیس، صفات فیزیکی، نانوروی

### مقدمه

فیسالیس زرد (*Physalis peruviana* L.) گیاهی با کاربردهای درمانی متعدد و از خانواده Solanaceae می‌باشد. ترکیب فیتوشیمیایی این گیاه حاوی آلکالوئیدها، ترکیبات فنلی، گلوکوکورتیکوئیدها، لیکوپن، ترکیبات الکلی و ویتامین C می‌باشد (Namjoyan et al., 2015). همچنین کاربرد درمانی این گیاه در درمان انواع بیماری‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Fischer and Miranda, 2012).

موثرترین مدیریت تغذیه و پخش کود، مدیریتی است که در آن مقدار کافی از مواد غذایی محلول در خاک مرطوب با تهویه مناسب در اختیار ریشه گیاه قرار گیرد. آب آبیاری سریع‌ترین، موثرترین و کم‌هزینه‌ترین وسیله برای تحقق اهداف اشاره شده می‌باشد. به این روش مدیریت کودی که در آن کود همراه با آب آبیاری به کار می‌رود، کودآبیاری گفته می‌شود. کودآبیاری موجب افزایش عملکرد، کارایی مصرف آب و همچنین کود می‌گردد (Traore et al., 2000).

حتی یک میدان مغناطیسی کم می‌تواند آب را مغناطیسی نماید (XiaoFeng and Bo, 2008). اعمال مغناطیس بر آب و محلول‌های غذایی، باعث تغییر در مشخصات آن‌ها از جمله خواص الکترومغناطیسی، ترمودینامیکی، اپتیکی و مکانیکی می‌گردد. در نتیجه غلظت، چگالی، ظرفیت انحلال نمک، نقاط جوش و انجماد، pH، هدایت الکتریکی، کشش سطحی و ثابت دی‌الکتریک آن‌ها تغییر می‌نماید (Ji et al., 2007). (Maheshwari and Grewal, 2009) تأثیر تصفیه مغناطیسی چند نوع آب آبیاری را بر بهره‌وری آب و عملکرد گیاهان کرفس، نخود و نخود سبز مورد ارزیابی قرار دادند. انواع مختلف آب آبیاری به وسیله دستگاه مغناطیسی با شدت ۳/۱۳۶-۵ mT تیمار شدند. نتایج نشان داد که آب مغناطیسی می‌تواند به طور قابل توجهی موجب بهبود عملکرد گیاه و بهره‌وری آب گردد. Patil (2014) نیز تأثیرات آب آبیاری مغناطیسی در عملکرد موز را بررسی نمود. استفاده از آب مغناطیسی منجر به بهبود جوانه‌زنی، رشد گیاه، افزایش عملکرد محصول و موجب جلوگیری از رشد سفیدک در نزدیک گیاه

از اهداف کشاورزی پایدار به‌عنوان بخشی از مزایای استفاده از این کودها مورد توجه می‌باشد (Naderi and Danesh-Shahraki, 2013). تأثیر مثبت کاربرد روی و ترکیبات آن در دو شکل نانوذرات و ذرات معمولی بر بهبود رشد گیاهانی چون پنبه (Rezaie and Abbasi, 2014) اثبات شده است. هم‌چنین ویژگی‌های کمی و کیفی گیاه مرزه در اثر کاربرد نانوکود روی و اسیدهومیک تأثیرپذیری مثبت داشت (Najafivafa et al., 2015). هم‌چنین اثرگذاری نانوذرات اکسید روی بر ویژگی‌های جوانه‌زنی و بیوشیمیایی گیاه کرچک نیز بخش دیگری از نتایج تأثیرگذاری کودهای روی و نانوروی بر فاکتورهای بیوشیمیایی و مورفولوژیکی گیاهان بود (Esparham et al., 2017).

کودهای معمولی و سینتیک، پتانسیل بالایی در آلوده‌سازی خاک و آب دارند. از طرف دیگر مصرف نامتعارف همین کودها موجب تجمع عناصر و ترکیبات سمی متعدد در گیاهان می‌گردد. در ادامه این روند منفی، مصرف گیاهان آلوده بوسیله انسان‌ها و حیوانات سبب بروز بیماری‌های خطرناک می‌شود. در نتیجه با استناد به نتایج تحقیقات گوناگون در گیاهان مختلف مشخص شد کاربرد تیمار آب مغناطیسی می‌تواند به‌عنوان تیماری فیزیکی و سالم موجب کاهش مصرف غیرطبیعی کودهای شیمیایی گردد. هم‌چنین با توجه به تأثیرگذاری‌های قابل‌توجه کودهای نانو از جمله نانو کود روی، استفاده از آن‌ها می‌تواند جایگزین مصرف کودهای شیمیایی سینتیک گردد. در نتیجه روش کار تحقیق حاضر با هدف بررسی تغییرات خصوصیات بیوشیمیایی و صفات مورفولوژیکی گیاه دارویی فیسالیس تحت تأثیر استفاده ترکیبی از مزایای این دو تیمار تعریف و اجرا شد.

## مواد و روش‌ها

### مکان آزمایش

این تحقیق در گلخانه‌های 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 در طی سال ۱۳۹۶ به شکل گلدانی انجام شد. متوسط دمای روزانه و شبانه در این گلخانه به ترتیب  $25 \pm 2$  و  $15 \pm 2$  درجه سانتی‌گراد بود. روشنایی موردنیاز گیاهان نیز با نور طبیعی آفتاب تأمین شد.

### مواد گیاهی

در پژوهش حاضر از رقم زرد فیسالیس (*P. peruvina* L) که یکی از ارقام تجاری مطرح مورد استفاده در دنیا می‌باشد، استفاده شد.

گردید. هم‌چنین میانگین عملکرد گیاهان به‌ازای هر بوته در قطعه آبیاری شده با آب مغناطیسی نشان‌دهنده افزایش ۲۷/۶۷٪ عملکرد بود. بهبود ظرفیت مصرف مواد مغذی، آب و صفات مورفولوژیکی در گیاه فلفل (Machado et al., 2004) و هم‌چنین تأثیر مثبت آن بر مشخصات جوانه‌زنی، رشد اولیه گیاه و نیز استقرار بذرها در ذرت رقم ماکسیمما (Nikbakht et al., 2014) را می‌توان از دیگر نتایج مثبت استفاده از این تیمار دانست. از طرفی تیمار مغناطیسی بر کاهش سمیت ناشی از سدیم در سلول و در نتیجه سم‌زدایی، ممانعت از ورود سدیم در غشای سطحی و البته کاهش جذب آن بوسیله ریشه‌های گیاه مؤثر می‌باشد. لازم به ذکر است که بهبود پارامترهای مورفولوژیکی تحت شوری و تیمار تصفیه مغناطیسی آب آبیاری (Maheshwari, 2009) نیز بخش دیگری از مزیت‌های کاربرد این تیمار در کشاورزی به شمار می‌رود.

بکارگیری مفید، در حد ضرورت و هم‌چنین پیوسته انواع مختلف عناصر و کودها، راه اصلی برای تغذیه مطلوب در طول دوره رشد و نیز افزایش عملکرد محصول می‌باشد (Talaie et al., 2012). عنصر روی یکی از عناصر ریزمغذی ضروری برای انسان‌ها، جانوران و گیاهان می‌باشد (Fageria et al., 2002). این عنصر نقش مهمی در دامنه وسیعی از فرآیندهای متابولیکی سیستم‌های بیولوژیکی هم‌چون سنتز و تجزیه کربوهیدرات‌ها، لیپیدها، اسیدهای نوکلئیک و نیز پروتئین‌ها ایفاء می‌نماید. تأمین عنصر و ترکیبات حاوی روی برای گیاهان، به‌عنوان عنصری ریزمغذی که نقش‌های حیاتی زیادی در گیاهان دارد ضروری است (Fallahi et al., 2015). گیاهان در اثر کمبود روی دچار تنش‌های فیزیولوژیکی، نقص در دیگر اعمال متابولیکی مرتبط با عنصر روی و در نهایت زردی، توقف یا کاهش رشد می‌گردند (Baybordi, 2006). هم‌چنین ریزش برگ‌ها، کاهش کیفیت محصولات، افزایش حساسیت گیاهان به آسیب‌های ناشی از شدت نور، دمای بالا و نیز افزایش آلودگی به بیماری‌های قارچی از دیگر نتایج کمبود روی در گیاهان می‌باشد (Cakmak, 2000).

در سال‌های اخیر استفاده از نانوذرات به‌علت بالابودن نسبت سطح به حجم، خواص فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی و نیز عملکردهای جدید و متفاوت آن‌ها نسبت به توده ماده اولیه گسترش یافته است (Lengke et al., 2007). تولید و عرضه کودهای شیمیایی به‌شکل نانوذرات، به‌دلیل اندازه کوچک و نفوذ بسیار بالای آن‌ها از طریق غشاهای سلولی و در نتیجه جذب بیشتر توسط گیاه (Panwar et al., 2012) در جذب بیشتر آن‌ها توسط گیاه مؤثر می‌باشد. کاهش تعداد دفعات کاربرد کود، کاهش مصرف کود و در نهایت تأمین بخشی

### تیمارهای آزمایش

این تحقیق در قالب طرح کاملاً تصادفی به صورت فاکتوریل دو عاملی و با سه تکرار انجام گرفت. تیمارهای آزمایش شامل چهار سطح شدت مغناطیس و سه سطح غلظت نانوکود کلات روی ۱۲٪ (به صورت محلول پاشی) بودند. آهنرباهای مورد نیاز برای اعمال تیمارهای مغناطیسی از شرکت مگنت تابان و نانوکود کلات روی از شرکت دانش بنیان خضراء تهیه گردید. اعمال تیمارهای مغناطیسی بلافاصله بعد از انتقال گیاهان از سینی های نشاء به گلدان ها شروع گردید. محلول های غذایی هر سه روز یکبار پس از عبور از میدان مغناطیسی و تحت شدت های مختلف، با سیستم آبیاری قطره ای در اختیار گیاهان قرار گرفتند. هم چنین تیمارهای محلول پاشی نانوکود روی در سه مرحله (قبل از گلدهی، زمان گلدهی و بعد از تشکیل میوه) روی گیاهان اعمال شدند. آب مورد استفاده در این پژوهش دارای pH ۶/۷-۷/۷ و EC ۰/۸ میلی-زیمنس بر سانتی متر بود.

بذور مورد نیاز این تحقیق از شرکت پاکان بذر اصفهان (تولیدی ترکیه) خریداری گردید. سینی های نشاء با مخلوطی از پیت ماس و پرلیت (به نسبت ۷ به ۳) پر شدند. پیت ماس، تولید شرکت هلیوفلور کشور استونی و پرلیت ساخت ایران بود. بذرها به تعداد دو عدد در هر جایگاه کشت و در عمق یک سانتی متری از بستر کشت در اوایل بهار کاشته شدند. لازم به ذکر است بسترهای کشت مورد استفاده برای آزمایش اصلی، همان بسترهای مورد استفاده برای نشاکاری بود. به منظور حفظ رطوبت بستر کشت و تسهیل جوانه زنی، آبیاری همه روزه تا زمان جوانی زنی انجام گردید. پس از جوانه زنی بذرها، به منظور رشد بهتر آن ها از محلول غذایی که حاوی تمامی عناصر ماکرو و میکرو بود استفاده شد. بعد از اینکه نشاء در اواسط بهار به مرحله چهاربرگی رسیدند از سینی های کشت به گلدان های پلاستیکی ده لیتری به ابعاد ۲۳ سانتی متر (قطر فوقانی گلدان)، ۱۹ سانتی متر (قطر تحتانی گلدان) و ۲۴ سانتی متر (ارتفاع) منتقل شدند (در هر گلدان یک گیاه).

جدول ۱- تیمارهای شدت مغناطیس و غلظت محلول پاشی

مشخصه تیمار غلظت (N)	غلظت محلول پاشی نانوکود روی (g/L)	مشخصه تیمار مغناطیس (M)	شدت مغناطیس (تسلا)
N <sub>1</sub>	۱	M <sub>0</sub>	۰
N <sub>2</sub>	۱/۵	M <sub>1</sub>	۰/۲
N <sub>3</sub>	۲	M <sub>2</sub>	۰/۳
		M <sub>3</sub>	۰/۴

اعمال میدان مغناطیسی بر فضای مابین آن ها و در نتیجه مغناطیسی شدن محلول غذایی عبوری از درون لوله پلاستیکی ۱۶ میلی متری، نمایش داده شده است.



شکل ۲- تصویری از جفت آهنرباهای دائمی تثبیت شده بر روی لوله مابین آنها، جهت مغناطیسی شدن محلول غذایی درون لوله

### خصوصیات مورفولوژیکی

برای اندازه گیری صفات مورفولوژیکی طول، عرض و قطر میوه، از کولیس (Placom KP-80N, Koizumi) با دقت ۰/۰۱ میلی متر و

نیاز آبی در مرحله گلدهی (شکل ۱-الف) که در اواخر بهار اتفاق افتاد، برابر با ۶۵۰ میلی لیتر و در مرحله میوه دهی برابر با ۷۵۰ میلی لیتر تعیین گردید (Rezaverdinejad et al., 2017). میوه ها (شکل ۱-ب) در حدود ۴ ماه پس از نشاکاری و پس از رسیدن به مرحله بلوغ فیزیولوژیکی به طور مداوم برداشت گردیدند. سپس برای جلوگیری از فساد، میوه ها در یخچال ۴ درجه سانتی گراد نگهداری شدند.



شکل ۱- (الف) مرحله گلدهی (ب) مرحله میوه دهی

در این پژوهش برای اعمال مغناطیس از جفت آهنرباهای دائمی استفاده گردید. در شکل (۲) نحوه قرارگیری آهنرباها و

این مرحله، جذب مخلوط بعد از گذشت ۴۰ دقیقه در طول موج ۴۱۵ نانومتر نسبت به شاهد قرائت گردید. منحنی استاندارد با استفاده از کوئرتستین رسم شد. در نهایت، میزان فلاونوئید کل عصاره‌ها بر اساس میلی‌گرم معادل کوئرتستین بر گرم وزن خشک میوه گزارش گردید (Chang et al., 2002).

#### کاروتنوئید کل و کلروفیل a و b

در این بخش، جهت سنجش کاروتنوئید، کلروفیل a و کلروفیل b از عصاره متانولی استفاده گردید. جذب نمونه‌ها در طول موج‌های ۶۶۶، ۶۵۳ و ۴۷۰ نانومتر (به ترتیب 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 شد (Lichtenthaler, 1987):

$$\text{Cla} = 15/65A666 - 7/34A653 \quad (\text{رابطه ۳})$$

$$\text{Cib} = 27.05A653 - 11/21A666 \quad (\text{رابطه ۴})$$

$$\text{Cx+c} = 1000 A470 - 286 \text{Cla} - 129.2 \text{Cib}/245 \quad (\text{رابطه ۵})$$

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

#### فعالیت آنتی‌اکسیدانی

با هدف اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی به روش DPPH، ۵ میکرولیتر از عصاره متانولی ۵ برابر رقیق شده از هر نمونه در یک لوله آزمایشی ریخته شد. در ادامه به عصاره مدنظر ۲۰۰۰ میکرولیتر از محلول DPPH (از قبل تهیه شده) اضافه گردید. پس از آن محلول حاصل تکان داده شد و در دمای آزمایشگاه به مدت ۳۰ دقیقه نگهداری گردید. سپس جذب در طول موج ۵۱۶ نانومتر در اسپکتروفتومتر قرائت شد. به منظور تهیه نمونه شاهد (بلنک) نیز از روش بالا استفاده گردید. بدین منظور، به جای عصاره از ۵۰ میکرولیتر اتانول ۸۰ درصد استفاده شد. در انتها، اعداد قرائت شده از جذب نمونه توسط فرمول ۶ به درصد (/) مهار تبدیل گردید (Mashayekhi and Atashi, 2014):

(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 هستند.

#### تجزیه و تحلیل آماری

لازم به ذکر است تجزیه و تحلیل داده‌ها در پژوهش حاضر با استفاده از نرم‌افزار آماری (SAS 9.13) در قالب طرح کاملاً تصادفی به صورت فاکتوریل و با سه تکرار صورت گرفت. مقایسه

برای تعیین وزن تر آن از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم استفاده گردید (DigiWeigh DWP-2004). رنگ میوه‌ها نیز توسط دستگاه هانتربل (VA-Reston, USA) بر اساس سه مؤلفه  $L^*$  (شفافیت)،  $a^*$  (قرمزی) و  $b^*$  (زردی) تعیین گردید. در ادامه، C (شدت رنگ) از رابطه ۱ و  $h^\circ$  (درجه رنگ) از رابطه ۲ محاسبه شدند (Maskan, 2001):

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

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

#### خصوصیات فیتوشیمیایی

##### عصاره‌گیری

به منظور اندازه‌گیری خصوصیات فیتوشیمیایی، عصاره‌گیری متانولی از میوه‌ها با استفاده از دستگاه اولتراسونیک انجام گردید. در ادامه یک گرم از هر نمونه درون فالكون‌های ۵۰ میلی‌لیتری قرار داده شد. سپس با اضافه کردن ۲۰ میلی‌لیتر متانول ۸۰ درصد، عصاره‌گیری در مدت نیم‌ساعت تحت دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد توسط دستگاه اولتراسونیک و با قدرت ۱۲۰ هرترز (Elmasonic) انجام گرفت (Alirezalu et al., 2018).

##### فنل کل

سنجش فنل کل با استفاده از روش Ebrahimzadeh et al. (2008) و با استفاده از معرف فولین سیوکالتیو انجام گرفت. ابتدا ۱۰۰ میکرولیتر از هر عصاره با آب مقطر به حجم یک میلی‌لیتر رسانده شد (۱۰ برابر رقیق‌تر). در ادامه، ۱/۶ میلی‌لیتر آب دیونیزه به ۲۰۰ میکرولیتر از نمونه رقیق شده اضافه و ۲۰۰ میکرولیتر فولین نیز به مخلوط افزوده شد. بعد از ۵ دقیقه به مخلوط مذکور ۲ میلی‌لیتر کربنات سدیم ۷ درصد اضافه و پس از آن با آب دیونیزه به حجم ۵ میلی‌لیتر رسانده شد. در ادامه، نمونه‌ها به مدت ۳۰-۴۵ دقیقه در دمای اتاق قرار داده شدند. نهایتاً جذب در طول موج ۷۶۰ نانومتر توسط اسپکتروفتومتر (MODEL: UV2100 PC) قرائت گردید. در طول آزمایش، آب دیونیزه به عنوان شاهد و اسید گالیک به عنوان استاندارد مورد استفاده قرار گرفتند. در پایان، منحنی استاندارد بر اساس گالیک اسید ترسیم و نتایج به صورت میلی‌گرم گالیک اسید بر گرم وزن خشک گزارش شدند.

##### فلاونوئید کل

برای اندازه‌گیری میزان فلاونوئید کل، به ۵۰ میکرولیتر از هر عصاره میوه ۱/۵ میلی‌لیتر متانول ۸۰ درصد، ۱۰۰ میکرولیتر محلول آلومینیوم کلراید ۱۰ درصد، ۱۰۰ میکرولیتر محلول اسید پتاسیم (۱ مولار و ۴/۷۵ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شد. در

میانگین‌ها نیز به روش آزمون دانکن انجام شد.

### نتایج و بحث

نتایج آنالیز داده‌ها نشان داد که، تیمار شدت مغناطیسی روی خصوصیات مورفولوژیکی طول، قطر، وزن میوه و هم‌چنین هیو در سطح احتمال ۱ درصد تأثیر معنی‌دار داشت. در این بین، فاکتورهای کروما و  $b^*$  نیز در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار شدند. ولی از طرف دیگر، برخی خصوصیات مورفولوژیکی همچون طول به قطر میوه،  $a^*$  و  $L^*$  تحت تأثیر معنی‌دار شدت‌های مغناطیسی قرار نگرفتند (جدول ۲). در ادامه، جهت بررسی اثرگذاری تیمار غلظت نانو روی، بر فاکتورهای مذکور مشخص شد که فاکتورهای طول میوه،  $a^*$  و نیز هیو در سطح احتمال ۱٪ و فاکتور  $L^*$  نیز در سطح ۵٪ معنی‌دار شدند. اما از سوی دیگر، فاکتورهای قطر، وزن و طول به قطر میوه، کروما و  $b^*$  تحت تأثیر این تیمار معنی‌دار نشدند. با بررسی میزان تأثیرگذاری تیمارهای اثر متقابل شدت مغناطیسی × غلظت محلول غذایی بر فاکتورهای مذکور نیز مشخص شد که اثر تیمارهای ترکیبی مدنظر بر فاکتورهای طول میوه، طول به قطر میوه،  $a^*$  و هیو در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد. هم‌چنین فاکتورهای وزن میوه،  $L^*$ ،  $b^*$  و کروما نیز در سطح

۵٪ معنی‌دار بودند. در این حالت صرفاً فاکتور قطر میوه از تیمارهای ترکیبی مذکور تأثیر نپذیرفته است. با توجه به نتایج بدست آمده تأثیر کاربرد شدت‌های مغناطیسی و غلظت محلول-پاشی بر جذب عناصر غذایی و افزایش کارایی آنها در گیاه تأثیر مثبت داشت.

بررسی یافته‌های بدست آمده از جدول تجزیه واریانس خصوصیات فیتوشیمیایی نیز نشان داد که تیمار شدت مغناطیسی بر خصوصیات کلروفیل  $b$ ، بتاکاروتن، کاروتنوئید و فلاونوئید کل، به جز فاکتورهای کلروفیل  $a$ ، فنل و آنتی‌اکسیدان در سطح احتمال ۱٪ تأثیر معنی‌دار داشت. از طرف دیگر، خصوصیات کلروفیل  $a$ ، کلروفیل  $b$ ، کاروتنوئید، بتاکاروتن و آنتی‌اکسیدان، از تیمار غلظت محلول نانوکود روی در سطح احتمال یک درصد متأثر شدند. البته تحت تأثیر همین تیمار، خصوصیات فیتوشیمیایی فنل و فلاونوئید معنی‌دار نشدند (جدول ۳). هم-چنین اثر متقابل شدت مغناطیسی محلول × غلظت محلول نانوکود بر تمامی خصوصیات فیتوشیمیایی به غیر از فاکتور کاروتنوئید معنی‌دار گردید. در نتیجه، کاربرد شدت‌های مغناطیسی تأثیر مثبتی روی جذب عناصر غذایی و افزایش کارایی آنها در گیاه داشته است.

جدول ۲- تجزیه واریانس اثرات تیمارهای ساده و ترکیبی بر صفات مورفولوژیکی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات (MS)								
		طول میوه	قطر میوه	وزن میوه	طول به قطر میوه	$a^*$	$b^*$	$L^*$	کروما (C)	هیو ( $h^0$ )
شدت مغناطیسی	۳	۲۰/۴۸۳**	۶/۵۲۶**	۷/۰۸۶**	۰/۰۰۲ <sup>ns</sup>	۵/۲۵۸ <sup>ns</sup>	۱۶/۹۱*	۶۹/۶۸۶ <sup>ns</sup>	۱۸/۲۸۹*	۷۵۵۴/۲۷۷**
غلظت محلول نانو	۲	۲/۷۸۶**	۰/۰۳ <sup>ns</sup>	۲/۱۰۹ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۸ <sup>ns</sup>	۱۱۰/۴۵۱**	۸/۱۶۸ <sup>ns</sup>	۹۲/۴۵۹*	۶/۰۲۴ <sup>ns</sup>	۵۶۲۵/۵۳۵**
شدت مغناطیسی × غلظت محلول نانو	۶	۰/۲۰۴**	۳/۲۶۶ <sup>ns</sup>	۳/۸۳۵*	۰/۰۱**	۸/۶۷۳**	۱۴/۶*	۶۶/۳۸*	۱۴/۲۸۸*	۷۵۲۰/۳۴۴**
خطای آزمایش		۰/۰۵۵	۱/۳۸۲	۱/۲۱۵	۰/۰۰۳	۱/۹۱۸	۴/۲۶	۲۴/۰۷۸	۴/۰۷۳	۶/۵۲
CV(%)		۱/۶۷۵	۹/۰۸	۲۱/۱۸۷	۴/۶۸۶	۳۶/۰۱۸	۶/۳۶	۸/۲۲	۶/۱۴۹	۳/۷۴

\*\* معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، \* معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، <sup>ns</sup> عدم معنی‌داری،  $L^*$ : شفافیت،  $a^*$ : قرمزی و  $b^*$ : زردی

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر تیمارهای ساده و ترکیبی بر خصوصیات بیوشیمیایی اندازه‌گیری شده

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات (MS)						
		کلروفیل $a$	کلروفیل $b$	کاروتنوئیدها	بتاکاروتن BC	فنل کل TPC	فلاونوئیدکل TFC	فعالیت آنتی‌اکسیدانی
شدت مغناطیسی	۳	۰/۰۰۰۹ <sup>ns</sup>	۰/۰۲۷**	۲۷۸/۶۷۵**	۰/۱۱۱**	۲۲/۹۶۷ <sup>ns</sup>	۶/۸۲۶**	۳۶/۸۷۶ <sup>ns</sup>
غلظت محلول نانو	۲	۰/۰۰۵**	۰/۰۱۳**	۲۱۳/۱۳**	۰/۰۶۲**	۱۱۵/۶۹۹ <sup>ns</sup>	۰/۹۶۳ <sup>ns</sup>	۱۷۱/۳۴۶**
شدت مغناطیسی × غلظت محلول نانو	۶	۰/۰۰۵**	۰/۰۰۷**	۵۵/۸۶۸ <sup>ns</sup>	۰/۰۴۲**	۵۲۶/۲۵۶**	۲/۹۱۶**	۹۱/۹۷۷**
خطای آزمایش		۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۲	۲۵/۶۴۱	۰/۰۰۶	۴۸/۷۲	۰/۵۱	۱۷/۹۲
CV(%)		۱۳/۵۷۹	۳۰/۰۵۸	۱۸۳۳۷	۱۳/۰۳۵	۱۹/۵۰۸	۱۸/۲۹۴	۲۲/۷۸۷

\*\* معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، \* معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، <sup>ns</sup> عدم معنی‌داری



با توجه به جدول (۴) حداکثر میزان فاکتور وزن، به عنوان یکی از مهم‌ترین پارامترهای اقتصادی تحت تأثیر تیمار  $M_3*N_2$  به میزان ۷/۴۳۷ گرم گزارش شد. دلیل این امر در تأثیرپذیری این پارامتر از تیمار مغناطیس و غلظت نانوکود روی بود. کاربرد تیمار آب مغناطیسی موجب شد تا انحلال مواد مغذی در آب مغناطیسی نسبت به آب معمولی بیشتر باشد. در نتیجه با توجه به جذب بیشتر مواد مغذی به همراه جذب آب توسط گیاه، رشد میوه‌های آن نیز بهبود یافت. واضح‌ترین نتیجه مشاهده شده از این تیماردهی در افزایش فاکتور وزن میوه بود که نسبت به تیمار شاهد، ۳۴ درصد بهبود یافت. از طرفی مشاهده حداکثر میزان این فاکتور در تیمار ترکیبی شامل  $N_2$  بیانگر تأثیر مثبت افزایش غلظت نانوکود روی بر آن بود. کاربرد عنصر روی موجب افزایش رشد ریشه، گرهک‌سازی، محتوای نیتروژن و گرهک‌های گیاه نخود می‌شود (Guar et al., 2010). این نتیجه می‌تواند مؤید تأثیر مثبت تیمار غلظت روی بر میزان رشد و در نتیجه بهبود فاکتورهای مورفولوژیکی همچون وزن در تحقیق حاضر باشد. تأثیر امکان ورود نانوذرات از طریق نانومنافذ طبیعی و روزه‌های باز سلول‌های گیاهی، در افزایش فعالیت‌های متابولیکی آن‌ها و افزایش محصول اثبات شده است (Tarafdar et al., 2014). اثرات تأثیر فراوان کاربرد نانوکود اکسید روی در بهبود رشد و عملکرد گیاه نخود (Pandey et al., 2010) و گوجه‌فرنگی (Panwar et al., 2012) نیز از جمله دیگر نتایج مؤید تأثیر مثبت نانوکود روی بر صفات مورفولوژیکی مهمی چون وزن بود. نانوذرات از طریق نانومنافذ طبیعی و روزه‌های باز به سلول‌های گیاهی وارد می‌شوند. این مسئله موجب افزایش فعالیت‌های متابولیکی سلول‌های گیاهی و در نتیجه بهبود میزان تولید محصول می‌گردد (Eichert et al., 2014; Tarafdar et al., 2008) که با نتایج تحقیق حاضر تطابق دارد. هم‌چنین با مقایسه مقدار فاکتور وزن با میزان حداکثر وزن میوه فیسالیس زرد (۲/۷۷ گرم) در پژوهش (Solange et al., 2016) مشخص شد که استفاده از تیمارهای پژوهش حاضر موجب بهبود ۲/۶۸ برابری وزن میوه گردید. تأثیرپذیری معنی‌دار تعداد چتر، چترک، تعداد شاخه فرعی و تعداد برگ گیاه شوید از اعمال مغناطیس بر آب آبیاری (Houshmand et al., 2017) نیز از جمله تأثیرات مشابه مثبت ناشی از کاربرد تیمار بر پارامترهای مورفولوژیکی در تحقیق حاضر بود. فاکتور شدت رنگ ( $h^v$ ) پارامتر دیگری است که تأثیر تیماردهی در پژوهش حاضر بر آن معنی‌دار و مثبت شد. به طوری که بیش‌ترین میزان آن تحت تیمارهای  $M_2*N_3$  و سپس  $M_0*N_3$  به ترتیب به میزان ۸۸/۷۱ و

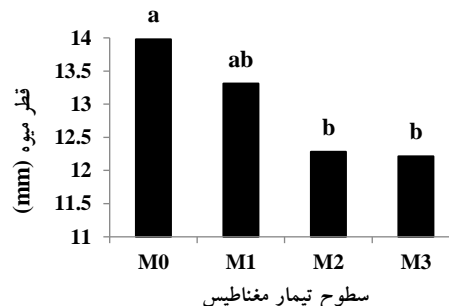
۸۷/۸۹۳ گزارش گردید که اختلاف آن‌ها معنی‌دار نبود. البته لازم به ذکر است که علی‌رغم افزایش ۴ درصدی مقدار این فاکتور نسبت به تیمار شاهد، این میزان بهبود معنی‌دار نشد. هم‌چنین تیمار آب مغناطیسی بر پروتئین، بیوماس خشک، عملکرد دانه و غلظت روی در گیاهان همچون ارزن (Tarafdar et al., 2014) نیز مؤثر می‌باشد. با بررسی فاکتور  $a^*$  مشخص شد، بیش‌ترین مقدار این فاکتور تحت تأثیر تیمار غلظت نانوروی در تیمار  $M_0*N_2$  و با بهبود ۱/۶۸ برابری نسبت به تیمار شاهد به میزان ۸/۶۵ حاصل گردید. از طرف دیگر، فاکتورهای طول،  $b^*$  و  $L^*$  نیز پارامترهایی بودند که حداکثر مقدار آن‌ها در تیمار ترکیبی شاهد  $M_0*N_1$  به ترتیب به میزان ۱/۶ سانتی‌متر، ۳۶/۵ و ۶۸/۴ گزارش گردید. هم‌چنین مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تیمارها از لحاظ میزان کروما تفاوت زیادی با یکدیگر نداشتند. پس می‌توان گفت تأثیر تیمارهای ترکیبی بر این فاکتورها علی‌رغم معنی‌دار بودن، منفی بوده است. سرعت جذب، انتقال و تجمع، کارایی جذب، سطح مخصوص و هم‌چنین جذب نانوکودها توسط گیاهان در مقایسه با ذرات معمولی بسیار بیشتر است. این امر، ناشی از اندازه کوچک نانوذرات و نفوذ بسیار بالای آن‌ها از طریق غشاهای سلولی است. در نتیجه می‌توان واضح‌ترین دلیل نتایج حاضر و توجیه‌کننده اثرگذاری بیشتر این ذرات را به این موضوع نسبت داد (Monica and Cremonini, 2009). لازم به ذکر است تفاوت‌ها در ویژگی‌های کمی و کیفی گیاهان و مواد مؤثره آن‌ها در بخشی از پژوهش‌های مرتبط در این زمینه را، می‌توان به عوامل مختلفی همچون ژنتیک گیاه، عملیات کشاورزی و نیز مدیریت مراحل کاشت و داشت محصولات نسبت داد (Hassanpouraghdam et al., 2011). در ادامه با مشاهده و مقایسه مقادیر پارامتر طول به قطر، بیش‌ترین مقدار این فاکتور در تیمارهای اثر متقابل  $M_1*N_2$  و  $M_2*N_2$  با مقدار ۱/۱۵۳ گزارش گردید. ولی با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس مشخص شد، این صفت تحت تغییرات تیمار شدت مغناطیس و هم‌چنین تغییرات تیمار غلظت نانوکود روی اختلاف معنی‌داری نشان نداد. در نتیجه می‌توان مشاهده این نتایج را به تأثیر تیمارهای ترکیبی پژوهش حاضر نسبت داد.

با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) مشخص شد که تأثیرپذیری فاکتور قطر میوه از تیمار ساده شدت مغناطیس معنی‌دار بوده است. در نتیجه همان‌طور که در شکل (۳) نیز مشخص است، نتایج نشان داد که تأثیر شدت مغناطیس بر قطر میوه منفی بوده و در بازه ۱/۲ سانتی‌متر تحت تیمار شاهد شدت مغناطیس ( $M_0$ ) تا ۱/۴ سانتی‌متر تحت تیمار  $M_3$  متغیر بود.

جدول ۴- مقایسه میانگین تأثیر متقابل ترکیب تیمارهای شدت مغناطیس و غلظت نانوکود روی بر صفات مورفولوژیکی

شدت مغناطیس	غلظت نانو روی	صفات					طول میوه (mm)	طول به قطر	وزن (g)	a*	b*	L*	کروما C	هیو H
M0	N1	۱۶/۲۱۷ <sup>a</sup>	۱/۱ <sup>a</sup>	۵/۵۳۷ <sup>abc</sup>	۳/۲۳ <sup>cde</sup>	۳۶/۴۶۷ <sup>a</sup>	۶۸/۴ <sup>a</sup>	۳۶/۶۱۳ <sup>ab</sup>	۸۴/۹۱۳ <sup>ab</sup>					
	N2	۱۵/۶۴ <sup>b</sup>	۱/۰۲۷ <sup>a</sup>	۶/۷۸۷ <sup>ab</sup>	۸/۶۴۷ <sup>a</sup>	۳۲/۲ <sup>abc</sup>	۵۵/۲۲ <sup>bc</sup>	۳۳/۳۹ <sup>ab</sup>	۷۴/۹۱۳ <sup>d</sup>					
	N3	۱۵/۱۲ <sup>bc</sup>	۱/۱۲۷ <sup>a</sup>	۶/۴۹۳ <sup>ab</sup>	۱/۳ <sup>ef</sup>	۳۴/۸ <sup>ab</sup>	۶۷/۹۱۷ <sup>ab</sup>	۳۴/۸۳۳ <sup>ab</sup>	۸۷/۸۹۳ <sup>a</sup>					
M1	N1	۱۴/۸۳۳ <sup>c</sup>	۱/۰۴۳ <sup>a</sup>	۴/۷۴۳ <sup>abc</sup>	۲/۸۲۷ <sup>de</sup>	۲۹/۵۲۷ <sup>bc</sup>	۵۶/۱۰۷ <sup>abc</sup>	۲۹/۶۹ <sup>b</sup>	۸۴/۷۱۷ <sup>ab</sup>					
	N2	۱۴/۶ <sup>cd</sup>	۱/۱۵۳ <sup>a</sup>	۴/۹۰۳ <sup>abc</sup>	۷/۳۵ <sup>ab</sup>	۳۳/۷۷۷ <sup>abc</sup>	۶۱/۰۶ <sup>abc</sup>	۳۴/۵۹۳ <sup>ab</sup>	۷۷/۶۸۷ <sup>cd</sup>					
	N3	۱۴/۳۵۷ <sup>d</sup>	۱/۰۴ <sup>a</sup>	۵/۵۱۷ <sup>abc</sup>	۳/۲۸ <sup>cde</sup>	۳۱/۹۹۷ <sup>abc</sup>	۵۷/۹۲ <sup>abc</sup>	۳۲/۱۷۷ <sup>ab</sup>	۸۳/۹۸۳ <sup>abc</sup>					
M2	N1	۱۳/۶۹ <sup>e</sup>	۱/۰۴۳ <sup>a</sup>	۴/۶۸ <sup>abc</sup>	۵/۰۷ <sup>bcd</sup>	۳۳ <sup>abc</sup>	۵۹/۵۸۷ <sup>abc</sup>	۳۲/۴۳ <sup>ab</sup>	۸۱/۴۱۷ <sup>bc</sup>					
	N2	۱۳/۴۶۷ <sup>ef</sup>	۱/۱۵۳ <sup>a</sup>	۳/۳ <sup>c</sup>	۵/۲ <sup>bcd</sup>	۳۱/۹۱ <sup>abc</sup>	۵۷/۷۴۷ <sup>abc</sup>	۳۲/۳۵ <sup>ab</sup>	۸۰/۵۱۳ <sup>bcd</sup>					
	N3	۱۲/۹۷۳ <sup>fg</sup>	۱/۰۲۷ <sup>a</sup>	۴/۴۸۳ <sup>bc</sup>	۰/۷ <sup>ef</sup>	۳۱/۰۵ <sup>bc</sup>	۵۸/۷۴۷ <sup>abc</sup>	۳۱/۰۶ <sup>b</sup>	۸۸/۷۰۷ <sup>a</sup>					
M3	N1	۱۲/۷۷ <sup>g</sup>	۱/۰۴ <sup>a</sup>	۴/۰۵ <sup>abc</sup>	۳/۹۰۷ <sup>bcd</sup>	۳۴/۴۹۷ <sup>abc</sup>	۶۴/۱۳۷ <sup>abc</sup>	۳۴/۷۳۷ <sup>ab</sup>	۸۳/۴۷ <sup>abc</sup>					
	N2	۱۲/۴۸۳ <sup>g</sup>	۱/۱ <sup>a</sup>	۷/۴۳۷ <sup>a</sup>	۶/۴۷ <sup>abc</sup>	۲۹/۲۴۷ <sup>c</sup>	۵۲/۵۳۷ <sup>c</sup>	۲۹/۹۹ <sup>b</sup>	۷۷/۵۵۳ <sup>cd</sup>					
	N3	۱۱/۲۶۳ <sup>h</sup>	۱/۱۱۳ <sup>a</sup>	۴/۶۰۷ <sup>abc</sup>	-۱/۸۵۷ <sup>f</sup>	۳۰/۹۲۷ <sup>bc</sup>	۵۷/۰۲۷ <sup>abc</sup>	۳۰/۹۸ <sup>b</sup>	-۸۶/۵۷ <sup>e</sup>					

بر آن‌ها بود. لازم به ذکر است، حداکثر مقدار فاکتور بتاکاروتن متأثر از دو تیمار پژوهش حاضر تحت تأثیر تیمارهای  $M_2 * N_2$ ،  $M_2 * N_1$ ،  $M_0 * N_2$  و نهایتاً در  $M_1 * N_2$  و بدون اختلاف معنی‌دار نسبت به هم، به ترتیب به میزان ۰/۷۶۳، ۰/۷۲۷، ۰/۷۲ و ۰/۶۹ mg/g DW حاصل شد. با بررسی فاکتور فنل نیز مشخص گردید حداکثر مقادیر این فاکتور بدون اختلاف معنی‌دار نسبت به یکدیگر، تحت تأثیر تیمارهای  $M_3 * N_1$ ،  $M_2 * N_2$  و  $M_0 * N_1$  و به ترتیب به میزان ۴۶/۶، ۴۳/۱۹ و ۴۵/۴۹ mg GAE/g DW حاصل شد. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که بیش‌ترین میزان فنل کل در تیمار شاهد گزارش گردید و با افزایش مقادیر تیمارهای ترکیبی میزان آن کاهش یافت. لازم به ذکر است از جمله پژوهش‌های دیگری که مؤید نتایج تحقیق حاضر می‌باشد می‌توان به تأثیرگذاری منفی روی بر میزان فنل‌ها در گیاه کلم اشاره نمود. در تحقیق مذکور افزایش فنلیک‌ها در شرایط کمبود روی گزارش شد (Hajiboland and Amirzad, 2010). علی‌رغم گزارش‌های محدود در مورد رابطه عنصر روی با ترکیب‌های فنلی گیاهان (Venkatesan *et al.*, 2005) می‌توان همبستگی مثبت و بالا بین روی و محتوای پلی‌فنل‌ها در برگ‌های بالغ چای را از جمله گزارش‌های مغایر با نتایج پژوهش حاضر به شمار آورد. مصرف سولفات روی در گیاه شاه‌اسپریم نیز موجب افزایش محتوای فنل کل در برگ‌ها می‌شود (Derakhshani *et al.*, 2011). هم‌چنین بیش‌ترین میزان فاکتور فلاونوئید (۵/۶۶۷ mg qu/g DW) نیز تحت تأثیر تیمار  $M_0 * N_1$  حاصل گردید. البته حداکثر میزان این فاکتور تحت تیمارهای این تحقیق، همانند فاکتور فنل در تیمار شاهد گزارش شد. غلظت‌های ترکیبات مختلف آنتی‌اکسیدان در



شکل ۳- نمودار تغییرات قطر میوه در مقابل تأثیرات ساده تغییرات شدت مغناطیس آب

با توجه به جدول (۵) به‌طور کلی مشخص گردید که تغییر غلظت محلول‌پاشی بر اکثر فاکتورهای فیتوشیمیایی گیاه فیسالیس همچون کلروفیل a و کلروفیل b، بتاکاروتن و آنتی-اکسیدان به‌طور معنی‌داری تأثیر گذاشت. در بررسی حداکثر مقدار فاکتور کلروفیل a و کلروفیل b مشخص گردید بیش‌ترین مقدار این فاکتورها تحت تیمارهای  $M_1 * N_1$  و  $M_3 * N_2$  و به ترتیب با مقدار ۰/۲۲۳ و ۰/۵۱ mg/g DW حاصل شد. هم‌چنین بهبود خواص گیاه مرزه و افزایش محتوای کلروفیل SPAD آن تحت تأثیر استفاده از نانوکود کلات روی (Najafivafa *et al.*, 2015) موید اثرگذاری مثبت کاربرد این نوع کود در پژوهش حاضر بود. محتوای کلروفیل‌های a، b و کل گیاه نخود نیز تحت تأثیر معنی‌دار استفاده از کود کلات روی به دو شکل نانو و غیرنانو در سطوح مختلف شوری (Yadegari *et al.*, 2014) بهبود یافت. هم‌چنین افزایش محتوای کلروفیل‌ها در اثر استفاده از عنصر روی در گیاه نخود (Akay, 2011)، گوجه‌فرنگی (Gurmani *et al.*, 2012) و برنج (Feng-Juan *et al.*, 2005) نتیجه اثرگذاری مثبت کود روی

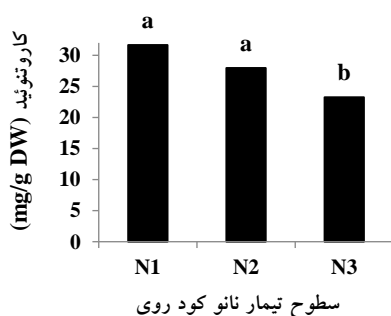


فیسالیس کاهش یافتند. البته تفاوت اشاره شده می‌تواند ناشی از نوع محصول مورد مقایسه (برگ با میوه) در گیاهان دارویی مورد بررسی باشد. در نتیجه، با توجه به بررسی‌ها مشخص شد که تیمار آب مغناطیسی به‌طور بالقوه، به‌عنوان روشی طبیعی جهت بهبود رشد و تحریک تولید ترکیبات دارویی در گیاهانی چون شوید محسوب می‌شود. هم‌چنین نتایج اخیر مشخص کرد که استفاده از تیمار فیزیکی شدت مغناطیس می‌تواند به‌عنوان ابزاری موثر در افزایش ارزش غذایی و دارویی گیاهان از جمله گیاهان دارویی به‌کار گرفته شود. تأثیر معنی‌دار استفاده از آب مغناطیسی علاوه بر بهبود اکثر خصوصیات کمی و کیفی گیاهان دارویی میوه‌ای هم‌چون فیسالیس، بر خواص گل‌های دارویی مانند گل محمدی نیز ثابت شده است (Ebrahimi et al., 2013). در نتیجه افزایش تولیدات گیاهان دارویی سالم با استفاده از این تیمار اهمیت بالایی دارد.

عصاره متانولی حاصل از میوه و برگ گیاه فیسالیس در طول رشد گیاه، متفاوت می‌باشد و بیش‌ترین میزان فنل و فلاونوئید در طی رشد، در برگ‌ها وجود دارد. علاوه بر این سطح ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی در پاسخ به بلوغ کاهش می‌یابد که گزارش آن در انگور، تأییدی بر این موضوع می‌باشد (Castrejon et al., 2008). در نتیجه می‌توان گفت با توجه برداشت میوه‌ها در مرحله بلوغ، مقادیر فنل و فلاونوئید بدست آمده، کم‌ترین میزان آن‌ها در طول رشد بود. فاکتور مهم دیگر مورد بررسی، میزان فعالیت آنتی-اکسیدانی است که حداکثر مقدار فاکتور مذکور تحت تیمار  $M_2 * N_2$  به میزان ۳۰/۸۹٪ گزارش شد. نتایج بدست آمده از این پژوهش، با نتایج تأثیر معنی‌دار آب مغناطیسی بر گیاه دارویی مرزه (Nayerpour dizaj et al., 2017) تفاوت داشت. هم‌چنین تحت تأثیر همین تیمار، میزان فنل در انگور سلطانی (Hosseinpour et al., 2016) و نیز فلاونوئید و فنل در گیاه شوید افزایش یافته است، درحالی‌که فاکتورهای مذکور در میوه

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل محلول مغناطیسی و نانوکود روی بر خصوصیات فیتوشیمیایی

شدت مغناطیس	غلظت نانو روی	خصوصیات				
		کلروفیل a mg/g DW	کلروفیل b mg/g DW	بتاکاروتن mg/g DW	فنل کل mg GAE/g DW	فلاونوئید کل mg que/g DW
M <sub>0</sub>	N <sub>1</sub>	۰/۱ <sup>cd</sup>	۰/۰۹۷ <sup>d</sup>	۰/۴۷۷ <sup>bc</sup>	۴۵/۴۹۷ <sup>a</sup>	۵/۶۶۷ <sup>a</sup>
	N <sub>2</sub>	۰/۱۱ <sup>bcd</sup>	۰/۰۵ <sup>d</sup>	۰/۷۳ <sup>a</sup>	۳۹/۷۶ <sup>ab</sup>	۴/۴۷۳ <sup>abc</sup>
	N <sub>3</sub>	۰/۱۵ <sup>b</sup>	۰/۲۵ <sup>bc</sup>	۰/۴۱ <sup>c</sup>	۲۲/۹۲۷ <sup>b</sup>	۴/۸۳۳ <sup>ab</sup>
M <sub>1</sub>	N <sub>1</sub>	۰/۲۲۳ <sup>a</sup>	۰/۱۳ <sup>d</sup>	۰/۶۵۷ <sup>ab</sup>	۳۴/۲۹۷ <sup>ab</sup>	۴/۴۷۷ <sup>abc</sup>
	N <sub>2</sub>	۰/۱۱۳ <sup>bcd</sup>	۰/۰۶۷ <sup>d</sup>	۰/۶۹ <sup>a</sup>	۳۱/۸۹۳ <sup>ab</sup>	۳/۸۶۷ <sup>abc</sup>
	N <sub>3</sub>	۰/۰۸۷ <sup>d</sup>	۰/۲۷ <sup>b</sup>	۰/۴۰۷ <sup>c</sup>	۳۵/۵۷۳ <sup>ab</sup>	۲/۹۱۷ <sup>cd</sup>
M <sub>2</sub>	N <sub>1</sub>	۰/۱۴۳ <sup>bc</sup>	۰/۱ <sup>d</sup>	۰/۷۲۷ <sup>a</sup>	۲۹/۰۹۷ <sup>ab</sup>	۴/۴۵ <sup>abc</sup>
	N <sub>2</sub>	۰/۱۳ <sup>bcd</sup>	۰/۱ <sup>d</sup>	۰/۷۶۳ <sup>a</sup>	۴۳/۱۹ <sup>a</sup>	۳/۲۷ <sup>bcd</sup>
	N <sub>3</sub>	۰/۱۳۷ <sup>bc</sup>	۰/۱۳ <sup>d</sup>	۰/۶۳۷ <sup>ab</sup>	۴۱/۰۲ <sup>ab</sup>	۴/۲۶۷ <sup>abc</sup>
M <sub>3</sub>	N <sub>1</sub>	۰/۱۵۳ <sup>b</sup>	۰/۱۵ <sup>cd</sup>	۰/۴۸۷ <sup>bc</sup>	۴۶/۶ <sup>a</sup>	۱/۶۱۳ <sup>d</sup>
	N <sub>2</sub>	۰/۱۱۳ <sup>bcd</sup>	۰/۵۱ <sup>a</sup>	۰/۳۴ <sup>c</sup>	۲۸/۳۹ <sup>ab</sup>	۲/۶۹۷ <sup>cd</sup>
	N <sub>3</sub>	۰/۱۵۷ <sup>b</sup>	۰/۰۴۳ <sup>d</sup>	۰/۵ <sup>bc</sup>	۳۱/۱۳ <sup>ab</sup>	۴/۳۱ <sup>abc</sup>



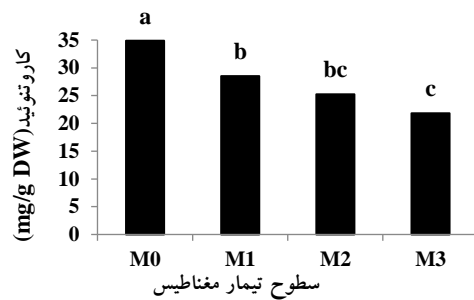
شکل ۴- تغییرات مقادیر کارتنوئید میوه، تحت تأثیر ساده تغییرات غلظت محلول نانوکود روی

فاکتور کارتنوئید نیز فاکتور دیگری بود که تأثیر متقابل تیمارهای شدت مغناطیس و نانوکود روی بر آن معنی‌دار نشد. ولی از طرف دیگر، تأثیر ساده هر دو تیمار مذکور بر فاکتور مورد مطالعه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گشت. در نتیجه، همان‌طور که در شکل (۴ و ۵) مشخص است، تأثیر غلظت نانوکود روی و شدت مغناطیس بر کارتنوئید معکوس بوده و با افزایش هر یک از تیمارها مقدار آن کاهش یافت. هم‌چنین حداکثر میزان آن‌ها به‌ترتیب به میزان ۳۱/۶۵ mg/g DW و ۳۴/۸۸۷ mg/g DW گزارش شد.

گیاهان دارویی مثبت و قابل توجه بود. در نتیجه، بطور کلی علاوه بر اثرگذاری مثبت کاربرد تیمارهای ترکیبی شدت مغناطیس و نیز غلظت نانوکود روی در راستای جبران کمبودهای گیاه فیسالیس و بهبود اکثر خصوصیات بیوشیمیایی میوه آن، تأثیر آن بر برخی فاکتورهای فیتوشیمیایی اساسی همچون کلروفیل b چشم‌گیرتر بود. همچنین با بررسی یافته‌های مورفولوژیکی نیز مشخص گردید که تیمارهای منتخب در این پژوهش، در افزایش پارامترهای مهمی همچون  $a^*$  و وزن میوه نیز تأثیر بسزایی داشتند. در نهایت، با توجه به اهمیت دوچندان بهبود قابل توجه مقادیر مربوط به تعدادی از مهم‌ترین فاکتورهای کیفی میوه دارویی فیسالیس و در ادامه، بهبود فاکتورهای کمی همچون وزن که افزایش جزئی در مقدار آن می‌تواند از جنبه اقتصادی دارای اهمیت ویژه و سودآوری قابل توجه باشد، می‌تواند در پژوهش‌های پیش‌روی محققان مورد استفاده قرار گیرد.

## REFERENCES

- Akay, A. (2011). Effect of zinc fertilizer applications on yield and element contents of some registered chickpeas varieties. *African Journal of Biotechnology*, 10(61): 13090-13096.
- Alirezalu, A., Salehi, P., Ahmadi, N., Sonboli, A., Aceto, S., Hatami Maleki, H., and Ayyari, M. (2018). *International Journal of Food Properties*, 21, 452-470.
- Baybordi, A., (2006). Zinc in Soil and Crop Nutrition. Parivar Press, 179p.
- Cakmak, I., (2000). Possible roles of zinc in protecting plant cells from damage by reactive oxygen species. *New Phytologist*, 146: 185-205.
- Castrejón, A. D. R., Eichholz, I., Rohn, S., Kroh, L. W. and Huyskens-Keil, S. (2008). Phenolic profile and antioxidant activity of highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) during fruit maturation and ripening, *Journal of Food Chemistry*, 109: 564-572.
- 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.
- Derakhshani, Z., Hassani, A., Rasouli-Sadaghiani, M.H., Hassanpouraghdam, M.B., Hosseini Khalifani, B. and Dalkani, M., (2011). Effect of zinc application on growth and some biochemical characteristics of costmary (*Chrysanthemumbalsamita* L.). *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 42(20): 2493-2503.
- 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.
- Eichert, T., Kurtz, A., Steiner, U. and Goldbach, H.E., (2008). Size exclusion limits and lateral heterogeneity of the stomatal foliar uptake pathway for aqueous solutes and water-suspended nanoparticles. *Physiologia Plantarum*, 134(1): 151-160.
- Fageria, N.K., Baligar, V.C. and Clark, R.B., (2002). Micronutrients in crop production. *Advances in Agronomy*, 77: 185-268.
- Fallahi A., Hassani A., Sefidkon, F., (2015). Solution spraying effect of different zinc sources on the performance and phytochemical characteristics of the basil (*Ocimum basilicum* L.), *Iranian Journal of the Medicinal and Aromatic Plants Research*, 32(5): 743-757.
- Fischer G., Miranda D., (2012). Uchuva (*Physalis peruviana* L.), In Fischer, G. (ed.). *Manual para el cultivo de frutales en el trópico. Produmedios*, Bogotá, Chapter 4.22, pp. 851-873.
- Feng-Juan, Y., Shi-Qi, L. Xiu-Feng, W. and Jin-Bo, Z. (2005). The effect of zinc on physiological-biochemical indexes and nutrition quality of garlic. *Soils Fertility*, 1:30-36
- Gurmani, A.R., Jalal-Ud-Din, Khan, S.U., Andaleep, R., Waseem, K., Khan, A. and Hadyatullah. (2012). Soil Application of zinc improves growth and yield of tomato. *International Journal of Agriculture and Biology*, 14: 91-96.
- Hajiboland, R. and Amirazad, F., (2010). Growth, photosynthesis and antioxidant defense system in Zn-deficient red cabbage plants. *Plant, Soil and Environment*, 56: 209-217.
- Hassanpouraghdam, M.B., Gohari, G.R., Tabatabaei, S.J., Dadpour, M.R. and Shirdel, M., (2011). NaCl salinity and Zn foliar application influence



شکل ۵- تغییرات مقادیر کاروتنوئید میوه تحت تأثیر ساده تغییرات شدت مغناطیس محلول غذایی

## نتیجه‌گیری کلی

یافته‌های تحقیق حاضر در هر دو محور نتایج فیتوشیمیایی و ریخت-شناسی نشان داد که تأثیر متقابل و ساده تیمارهای مفروض در ابتدای پژوهش، به‌طور کلی بر هر دو جنبه کیفی و کمی مدنظر در

- essential oil composition of basil (*Ocimum basilicum* L.). *Acta Agriculturae Slovenica*, 97(2): 93-98.
- 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.
- 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.
- Ji, A.C., Xie, X.C., Liu, W.M. (2007). Quantum magnetic dynamics of polarized light in arrays of micro cavities. *Physical Review Letter*, 99, 183602–183605.
- Lengke FM, Fleet EM, Southam G. (2007). Biosynthesis of silver nanoparticles by filamentous cyanobacteria from a silver (I) nitrate complex. *Langmuir*, 23:2694-2699.
- Lichtenthaler, HK. (1987). Chlorophylls and carotenoids; pigments of photosynthetic membranes. *Methods in Enzymology*, 148: 350-382.
- Machado, NNB, Saturnino SM, Bomfim DC and Custodio CC, (2004). Water stress induced by Mannitol and Sodium chloride in Soybean cultivars. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 47(4): 521-529.
- Maheshwari, B.L., Grewal, H.S., (2009). Magnetic treatment of irrigation water: its effects on vegetable crop yield and water productivity. *Agriculture Water Management*, 96, 1229–1236.
- Mashayekhi, K. and Atashi, S. (2014). The analyzing methods in plant physiology (surveys before and after harvest). Sirang words Press, Gorgan, 310 p.
- Maskan, M., (2001). Kinetics of colour change of kiwifruits during hot air drying. *Journal of Food Engineering*, 48(2):169-175.
- Monica, R.C. and Cremonini, R. (2009). Nanoparticles and higher plants. *Caryologia*, 62(2): 161-165.
- Naderi, M.R. and Danesh-Shahraki, A., (2013). Nanofertilizers and their roles in sustainable agriculture. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 5(19): 2229-2232.
- Najafivafa, Z.; Fallahi, N.; Zare, M.; Nadi Bohlooli, S.; Sirousmehr, A.R. (2015). The Effects of Different levels of using Zinc nano chelated fertilizers and humic acid on Growth Parameters and on some quality and quantity Characteristics of Medicinal Plants of Savory, *Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences*, 4(6): 56-67.
- Namjoyan, F., Jahangiri, A., Azemi, M. E., Arkian, E. and Mousavi, H. (2015). Inhibitory effects of *Physalis alkekengi L.*, *Alcea rosea L.*, *Bunium persicum B. Fedtsch.* and *Marrubium vulgare L.* on *Mushroom Tyrosinase*. *Jundishapur Journal of Natural Pharmaceutical Products*, 10: e23356.
- Nayerpourizaj, 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.
- Pandey, A.C., Sanjay, S.S. and Yadav, R.S., (2010). Application of ZnO nanoparticles in influencing the growth rate of *Cicer arietinum*. *Journal of Experimental Nanoscience*, 6: 488-497.
- Panwar, J., Jain, N., Bhargaya, A., Akhtar, M.S. and Yun, Y.S., (2012). Positive effect of zinc oxide nanoparticles on tomato plants: A step towards developing "Nano-fertilizers". *Proceeding of 3<sup>rd</sup> International Conference on Environmental Research and Technology (ICERT)*, Penang, Malaysia: 348-352.
- Patil, AG. (2014). Device for Magnetic Treatment of Irrigation Water and its Effects on Quality and Yield of Banana Plants. *International Journal of Biological Sciences and Applications*. 1 (4): 152-156.
- Rezaie, M. and Abbasi, H., (2014). Foliar application of nano-chelate and non-Nano chelate of zinc on plant resistance physiological processes in cotton (*Gossypium hirsutum L.*). *Iranian Journal of Plant Physiology*, 4(4): 1137-1144.
- 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.
- 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. University of Shahed, Tehran.
- Tarafdar, J.C., Raliya, R., Mahawar, H. and Rathore, I., (2014). Development of zinc nanofertilizer to enhance crop production in pearl millet (*Pennisetum americanum*). *Agricultural Research*, 3(3): 257-262.
- Traore, S.B., Carlson, R.E., Pilcher, C.D., Rice, M.E. (2000). Bt and Non-Bt maize growth and development as affected by temperature and drought stress. *Agronomy Journal* 92: 1027–1035.
- Venkatesan, S., Murugesan, S., Senthur Pandian, V.K. and Ganapathy, M.N.K., (2005). Impact of sources and doses of potassium on biochemical and green leaf parameters of tea. *Food Chemistry*, 90: 535-539.
- Yadegari, R., Niakan M., Mosawat, A. (2014). Investigation of Zinc Nano and non-Nano Chelated fertilizer Effect at different levels of Salinity on Growth Indices, Chlorophylls and soluble sugars of chickpea (*Cicer arietinum L.*), *Iranian Journal of Plant Ecophysiology, Special Issue: Plant Physiology Research*, 9 (Special Issue): 351-311