بررسی برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیتوشیمیایی گیاه دارویی کنگرفرنگی با محلول‌پاشی متانول و نانوذره دی‌اکسید تیتانیوم

فهیمه طالبی[۱]، وحید اکبرپور*[۱]، ویدا چالوی[۲]

[۱]دانشجوی کارشناسی ارشد رشته علوم باغبانی (گرایش گیاهان دارویی، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران)

[۲]استادیار (گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران)

[۳]دانشیار (گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران)

*نویسنده مسئول: v_akbarpour60@yahoo.com

چکیده

امروزه استفاده از شیوه‌های نوین در تغذیه گیاهان به منظور تسریع در جذب عناصر مورد نیاز گیاه بسیار حائز اهمیت است. بدین منظور پژوهشی با هدف بررسی اثر متانول و نانوذره دی‌اکسید تیتانیوم (TiO_2) به صورت محلول‌پاشی بر برخی از صفات مورفولوژیکی و فیتوشیمیایی گیاه دارویی کنگرفرنگی (*Cynara scolymus* L.) در قالب طرح فاکتوریل بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در سال های ۹۹-۱۳۹۸ انجام شد. تیمارها شامل متانول (۰، ۱۵، ۳۰ و ۴۵ درصدحجمی) و نانوذره دی‌اکسید تیتانیوم (۰، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ ppm) بود. در سال آخر نتایج نهایی حاصل از جدول تجزیه واریانس این پژوهش نشان داد که اعمال تیمارها بر بیشتر صفات مورد بررسی در سطح آماری ۱٪ معنی‌دار شد. بطوری‌که بیشترین تعداد برگ، همزمان در تیمارهای (۴۵ درصد حجمی متانول و صفر ppm نانوذره (TiO_2)) و نیز (۳۰ درصد حجمی متانول و ۲۰ ppm نانوذره) مشاهده شد. بالاترین اندازه ارتفاع بوته نیز مربوط به تیمار (۴۵ درصد حجمی متانول و صفر ppm نانوذره (TiO_2)) بوده است. هم‌چنین کاربرد متقابل تیمار (۱۵ درصد حجمی متانول و ۴۰ ppm نانوذره (TiO_2)) بیشترین میزان وزن برگ خشک را به خود اختصاص داد. کلروفیل a در کاربرد متقابل تیمار (۴۵ درصد حجمی متانول و ۴۰ ppm نانوذره (TiO_2)) بالاترین مقدار را نشان داد. بیشترین میزان کاروتنوئید نیز در تیمار (۱۵ درصد حجمی متانول و صفر ppm نانوذره) مشاهده شد. نتایج نشان داد استفاده از تیمارهای آزمایش در بهبود صفات مورد بررسی این پژوهش مؤثر واقع شده است.

واژه‌های کلیدی: تغذیه، فتوکاتالیست، کاروتنوئید، محلول‌پاشی، مورفولوژیکی

مقدمه

با توجه به اهمیت گیاهان دارویی در تامین سلامت جوامع بشری امروزه در بیشتر کشورهای توسعه یافته، استفاده از این گیاهان و فرآورده‌های آن سهم بالایی از سلامتی افراد جامعه را به خود اختصاص داده و در ابعاد مختلف تحت حمایت دولت‌ها قرار گرفته است (سند ملی گیاهان دارویی، ۱۳۹۲). کنگرفرنگی (*Cynara scolymus* L.) گیاهی دارویی از خانواده کاسنی با قدمت هزار ساله بومی نواحی مدیترانه و شمال آفریقا بوده، اما امروزه در بیشتر نقاط معتدل دنیا کشت می‌شود. برگ‌های کنگرفرنگی که به عنوان اندام دارویی گیاه معرفی شده در پیشگیری و درمان برخی از بیماری‌ها از جمله بیماری کبد، قند خون، چربی خون و ... مورد استفاده قرار می‌گیرد (اله دادی، ۱۳۹۷). با توجه به اهمیت و نقش گیاهان دارویی، تقاضا برای تولید مواد اولیه‌ی دارویی با کیفیت نیز بالا رفته است (مقدم و همکاران، ۱۳۹۶). بر اساس بررسی‌های انجام شده استفاده از ترکیباتی که موجب افزایش عملکرد در واحد سطح شوند یکی از مهم‌ترین مواردی است که توجه بسیاری از محققین را به خود جلب نموده است. بنابراین افزایش تولید ماده خشک در واحد سطح اولین شرط دستیابی به عملکرد بالا می‌باشد چون حدود ۹۰ درصد وزن خشک گیاهان مربوط به اسیمیلاسیون دی‌اکسیدکربن توسط فتوسنتز است بنابراین با افزایش سرعت تثبیت دی‌اکسیدکربن، ظرفیت تولیدات گیاهی نیز افزایش می‌یابد. محلول پاشی با الکل‌ها از جمله متانول یکی از روش‌های مؤثر در بالابردن تولید محصولات کشاورزی به خصوص گیاهان دارویی می‌باشد. پس از

محلول‌پاشی متانول به دو علت افزایش سرعت رشد محصول را خواهیم داشت: یکی استفاده از متانول به عنوان منبع مستقیم جهت ساخت اسیدآمینه سرین و نیز افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن، دیگری به دلیل کاهش هدر رفتن کربن از طریق تنفس می‌باشد (Nourafcan and Kalantari, 2017). در پژوهشی که بر روی صفات مورفوفیزیولوژیکی گیاه دارویی مرزه (*Satureja hortensis*) تحت تأثیر محلول‌پاشی متانول و اتانول انجام شد، تأثیر مثبت این تیمارهای الکلی با افزایش وزن تر و خشک برگ، افزایش وزن خشک ساقه و گیاه و نیز افزایش ارتفاع بوته و تعداد برگ همراه بود (نورافکن و پویانفر، ۱۳۹۶). در تحقیقی که بر روی گیاه بادرنجبویه (*Melissa officinalis* L.) تحت تأثیر محلول‌پاشی متانول و اتانول انجام شد، صفاتی مانند ارتفاع گیاه، وزن تر، عملکرد بوته، کلروفیل a، b و کل و نیز کاروتنوئید نسبت به تیمار شاهد افزایش نشان دادند (اکبرپور و همکاران، ۱۳۹۸). در عصر حاضر استفاده از فناوری‌های مدرن در صنعت کشاورزی از جمله فناوری نانو زمینه مناسبی را جهت تولید محصولات غذایی و کشاورزی فراهم آورده است (شکی، ۱۳۸۹). فتو کاتالیست نانوذره دی‌اکسیدتیتانیوم از طریق جذب و تغییر انرژی نورانی به انرژی الکترونی و از آن به انرژی فعال شیمیایی، موجب افزایش سرعت فتوسنتز می‌شوند(Gao *et al*., 2006). در پژوهشی که بر روی گیاه خرفه (*Portulaca*) انجام شده بود اثر محلول‌پاشی نانوذرات دی‌اکسیدتیتانیوم بر بیشتر صفات این گیاه معنی‌دار و باعث افزایش شاخص کلروفیل و وزن خشک گردید(سرتیپ و همکاران، ۱۳۹۳). در تحقیق دیگر که به منظور تأثیر نانو ذرات (TiO_2) بر روی توت فرنگی (*Fragaria*) در شرایط کشت هیدروپونیک انجام شد، موجب افزایش همه صفات از جمله افزایش کلروفیل a، b، کل و افزایش وزن تر و خشک و نیز اندام هوایی گردید (هاشمی و همکاران، ۱۳۹۵). تحقیق انجام یافته با هدف بررسی اثر متانول و نانوذره دی‌اکسید تیتانیوم (TiO_2) به صورت تغذیه برگی (محلول‌پاشی) بر برخی از صفات مورفولوژیکی و فیتوشیمیایی گیاه دارویی کنگرفرنگی (*Cynara scolymus* L.) انجام شد.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در سال‌های ۹۹-۱۳۹۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری در قالب فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. تیمارها شامل متانول با غلظت‌های ۰، ۱۵، ۳۰ و ۴۵ (درصد حجمی) و نانوذره دی‌اکسید تیتانیوم با غلظت‌های ۰، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ (ppm) به صورت محلول‌پاشی برگی بر روی گیاه دارویی کنگر فرنگی اعمال شد. به منظور کوتاه نمودن دوره رشد ابتدا بذرها را درون گلدان‌های کوچک (لیوان یک‌بار مصرف پلاستیکی) کاشته و پس از رشد بذرها و نیز رویش برگ‌های اصلی، نشاها به خاک مزرعه منتقل شدند. با انتقال نشاء به مزرعه و استقرار گیاه، محلول‌پاشی برگی در پنج مرحله با فاصله هفته‌ای یک‌بار با تیمارهای مشخص شده انجام شد. پس از اتمام محلول‌پاشی کلی گیاه در انتهای دوره پژوهشی، ارتفاع بوته ها با متر اندازه‌گیری و سپس برداشت برگ‌ها انجام شد و به منظور اندازه‌گیری برخی صفات مورفولوژیکی و فیتوشیمیایی به آزمایشگاه منتقل گردید. برای اندازه‌گیری وزن خشک برگ ابتدا برگ‌های رشد یافته با اندازه متوسط از هر بوته را پس از برداشت وزن کرده (وزن تر برگ) و بعد از خشک کردن با آون ۴۵ درجه مجدداً توزین (وزن خشک برگ) گردید. برای اندازه‌گیری کلروفیل a و کاروتنوئید از روش آرنون (۱۹۶۷) استفاده شد. رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel، و تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بیشتر شاخص‌های مورد بررسی تحت تأثیر متقابل تیمارهای متانول و نانوذره دی‌اکسید تیتانیوم در سطح احتمال ۱٪ قرار گرفتند (جدول۱).

جدول ۱ - تجزیه واریانس اثر تیمارهای آزمایش بر برخی صفات مورفولوژی و فیتوشیمیایی گیاه دارویی کنگر فرنگی.

منابع تغییرات S.O.V	آزادی درجه dF	تعداد برگ	ارتفاع بوته (cm)	وزن خشک برگ (g)	کلروفیل a	کاروتنوئید
متانول(A)	۳	۵/۰۲**	۱۴۷۵/۱۹^{ns}	۶/۹۶**	۰/۱۸۷**	۰/۰۰۰۲۵*
نانوذره دی‌اکسیدتیتانیوم(B)	۳	۱۲/۹۶**	۳۴۶۲/۸۴**	۰/۳۷^{ns}	۰/۰۰۴۴^{ns}	۰/۰۰۰۰۷^{ns}
A*B	۹	۲/۵۰*	۱۷۹۹/۹**	۱/۹۸**	۰/۰۴۰**	۰/۰۰۰۲۰**
خطای آزمایش	۳۰	۰/۹۶	۵۱۶/۷۶	۰/۴۲	۰/۰۰۷	۰/۰۰۰۰۵۷
ضریب تغییرات(%)	-	۱۶/۹۸	۱۸/۲۰	۱۷/۲۵	۲۷/۲۴	۲۷/۷۸

*و ** به ترتیب اختلاف معنی داری در سطح ۵ و ۱ درصد و ns غیرمعنی‌داری.

تعداد برگ و ارتفاع بوته

با توجه به جدول تجزیه واریانس (جدول ۱) اثر متانول و نانوذره دی‌اکسید تیتانیوم و برهمکنش آن‌ها بر تعداد برگ و مقدار ارتفاع بوته کنگرفرنگی به ترتیب در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد قرار گرفت. بیشترین تعداد برگ همزمان در تیمارهای ۴۵ درصد حجمی متانول + صفر ppm نانوذره دی‌اکسید تیتانیوم و نیز ۳۰ درصد حجمی متانول + ۲۰ ppm نانوذره دی‌اکسیدتیتانیوم با ۴۳/۳۹ درصد افزایش نسبت به شاهد مشاهده شد (جدول۲). بالاترین اندازه ارتفاع بوته نیز با ۵۵/۶۲ درصد افزایش نسبت به شاهد مربوط به تیمار (۴۵ درصد حجمی متانول و صفر ppm نانوذره دی‌اکسیدتیتانیوم) بوده است (جدول۳). در پژوهشی که بر روی صفات مورفوفیزیولوژیکی گیاه دارویی مرزه تحت تأثیر محلول‌پاشی متانول و اتانول انجام شد، تأثیر مثبت این تیمارهای الکلی با روند افزایشی بیشتر صفات از جمله افزایش ارتفاع بوته و تعداد برگ همراه بود (نورافکن و پویانفر، ۱۳۹۶). در تحقیق دیگر که بر روی گیاه خرفه انجام شده بود اثر محلول‌پاشی نانوذرات دی‌اکسیدتیتانیوم بر بیشتر صفات این گیاه از جمله صفات فنولوژیک و مورفولوژیکی معنی‌دار شد (سرتیپ و همکاران، ۱۳۹۳).

وزن خشک برگ

در پژوهش انجام شده اثر متقابل تیمارهای متانول و نانوذره دی‌اکسیدتیتانیوم بر وزن خشک برگ کنگرفرنگی در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار شد به طوری که بیشترین میزان وزن برگ خشک از برهمکنش تیمار (۱۵ درصد حجمی متانول و ۴۰ ppm نانوذره دی‌اکسیدتیتانیوم) با ۹۸/۵۱ درصد افزایش نسبت به شاهد دیده شد و نیز کمترین این میزان از تیمار (۴۵ درصد حجمی متانول و ۶۰ ppm نانوذره دی‌اکسیدتیتانیوم) حاصل شد که از نظر آماری هیچ تفاوتی با شاهد نداشت (جدول۲). در پژوهشی که بر روی صفات مورفوفیزیولوژیکی گیاه دارویی مرزه تحت تأثیر تیمارهای الکلی از جمله متانول انجام شد، تأثیر مثبت این تیمارها با افزایش وزن تر و خشک برگ، افزایش وزن خشک ساقه ،گیاه و ... همراه بود (نورافکن و پویانفر، ۱۳۹۶). در آزمایشی که بر روی توت‌فرنگی با محلول‌پاشی نانوذره دی‌اکسیدتیتانیوم انجام شد، وزن تر و خشک و نیز اندام هوایی افزایش یافتند (هاشمی و همکاران، ۱۳۹۵).

کلروفیل a و کاروتنوئید

با توجه به نتایج پژوهش انجام شده میزان کلروفیل a و کاروتنوئید تحت تأثیر متقابل تیمارهای متانول و نانوذره دی‌اکسیدتیتانیوم در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شدند بدین گونه که کلروفیل a در کاربرد متقابل تیمار (۴۵ درصد حجمی متانول و ۴۰ ppm نانوذره دی‌اکسیدتیتانیوم) با افزایش ۲۳۷/۶۲ درصدی نسبت به شاهد بالاترین مقدار را نشان داد و بیشترین میزان کاروتنوئید نیز با ۳۱۰ درصد افزایش نسبت به شاهد در تیمار (۱۵ درصد حجمی متانول و صفر ppm نانوذره) مشاهده شد (جدول ۲). در تحقیقی که بر روی گیاه بادرنجبویه تحت تأثیر محلول‌پاشی متانول و اتانول انجام شد، صفاتی مانند ارتفاع گیاه، وزن تر، عملکرد بوته، کلروفیل a، b و کل و نیز کاروتنوئید نسبت به تیمار شاهد افزایش نشان دادند (اکبرپور و همکاران، ۱۳۹۸). در بررسی دیگر و

در شرایط کشت هیدروپونیک افزایش کلروفیل a، b، کل و ... با محلول‌پاشی نانوذرات (TiO_2) بر روی توت فرنگی مشاهده شد (هاشمی و همکاران، ۱۳۹۵) که نتایج تحقیق حاضر با تحقیقات انجام شده مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج پژوهش حاضر می‌توان اظهار داشت که استفاده از تیمار الکلی متانول به عنوان منبع کربنی همراه با نانوذره دی‌اکسید تیتانیوم به عنوان یک فتوکاتالیست موجب بهبود صفات مورد بررسی گیاه دارویی کنگرفرنگی در مقایسه با شاهد (بدون اعمال تیمار) گردید.

جدول ۲ -مقایسه میانگین اثر متانول و نانوذره دی اکسیدتیتانیوم بر برخی صفات مورفولوژی و فیتوشیمیایی گیاه دارویی کنگر فرنگی.

متانول (درصد حجمی)	نانوذره دی‌اکسیدتیتانیوم (میلی گرم بر لیتر)	تعداد برگ	ارتفاع بوته (cm)	وزن خشک برگ (g)	کلروفیل a	کاروتنوئید
۰	۰	۵/۳^{cdef}	۱۰۰/۶۷^{cdef}	۲/۷۰^{e}	۰/۱۹۴^{cd}	۰/۰۱۴^{f}
	۲۰	۴/۶^{def}	۱۲۰/۶۷^{abcde}	۳/۰۳^{de}	۰/۲۴۲^{cd}	۰/۰۳۵^{abc}
	۴۰	۶^{abcde}	۱۵۱/۵۰^{ab}	۴/۳۳^{abc}	۰/۱۷۶^{cd}	۰/۰۲۰^{cdef}
	۶۰	۳/۶^{f}	۹۲/۲۲^{def}	۴/۰۶^{bcd}	۰/۲۲۵^{cd}	۰/۰۲۳^{cdef}
۱۵	۰	۵/۶^{bcde}	۱۴۳/۰۳^{abc}	۴/۳۳^{abc}	۰/۲۲۰^{cd}	۰/۰۴۱^{a}
	۲۰	۷^{abc}	۱۵۴/۳۸^{ab}	۴/۶۰^{abc}	/۴۴۴^{b}	۰/۰۱۶^{ef}
	۴۰	۵^{def}	۱۱۵/۴۳^{abcde}	۵/۳۶^{a}	۰/۱۴۶^{d}	۰/۰۳^{abcde}
	۶۰	۵^{def}	۱۱۰/۳۳^{bcdef}	۴/۹۳^{ab}	۰/۲۲۶^{cd}	۰/۰۲۶^{bcdef}
۳۰	۰	۷/۳^{ab}	۱۴۵/۵۰^{ab}	۲/۵۳^{e}	۰/۳۲۵^{bc}	۰/۰۲۴^{bcdef}
	۲۰	۷/۶^{a}	۱۳۳/۵۰^{abcd}	۳/۰۶^{de}	۰/۲۱۷^{cd}	۰/۰۳۱^{abcde}
	۴۰	۶/۳^{abcd}	۱۳۷/۲۰^{abc}	۲/۸۶^{de}	۰/۲۹۶^{cd}	۰/۰۱۹^{def}
	۶۰	۴/۳^{ef}	۱۳۳/۸۳^{abcd}	۳/۵۰^{cde}	۰/۴۳۱^{b}	۰/۰۲^{cdef}
۴۵	۰	۷/۶^{a}	۱۵۶/۶۷^{a}	۴/۸۳^{ab}	۰/۴۷۰^{b}	۰/۰۳۸^{ab}
	۲۰	۷/۳^{ab}	۱۴۴^{abc}	۴/۴۳^{abc}	۰/۳۹۳^{b}	۰/۰۳۳^{abcd}
	۴۰	۴/۶^{def}	۸۹/۸۳^{ef}	۳/۵۳^{cde}	۰/۶۵۵^{a}	/۰۳۲^{abcd}
	۶۰	۴/۶۵^{def}	۶۹^{f}	۲/۴۵^{e}	۰/۴۵۵^{b}	۰/۰۲۸^{abcdef}

در هر ستون اعدادی با حروف مشابه تفاوت معنی‌داری با هم در سطح احتمال ۵٪ آزمون دانکن ندارند.

منابع

اکبرپور، و.، طاهری مقدس، ج.، بهمنیار، م.ع. و آشناور، م. ۱۳۹۸ . تأثیر کاربرد اتانول و متانول بر برخی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژی گیاه دارویی بادرنجبویه (*Melissa officinalis* L.). یازدهمین کنگره علوم باغبانی ایران. دانشگاه ارومیه.

اله دادی م.۱۳۹۷. مروری بر جنبه های مختلف گیاه دارویی کنگر فرنگی (*Cynara scolymus* L.)، فصلنامه داروهای گیاهی، ۹ (۲): ۶۳-۷۱.

سرتیپ، ح.، سیروس مهر، ع.، یادگاری، ه.، اکبری، ا. ۱۳۹۳ . اثر محلولپا شی نانو ذرات دی‌اک سیدتیتانیوم و تنش خ شکی روی ویژگی‌های فنولوژیک، مرفولوژیک و شاخص کلروفیل در گیاه خرفه. کنفرانس بین المللی تو سعه پایدار، راهکارها و چالش‌ها با محوریت کشاورزی ، منابع طبیعی، محیط زیست و گردشگری.

شکی، ف. ۱۳۸۹ . کاربرد نانو ذرات. نانوتکنولوژی. ۲: ۲۵-۲۱.

مقدم، م.، نریمانی، ر.، رستمی، ق.، مجرب، س. ۱۳۹۶. بررسی اثر محلول‌پاشی اتانول و متانول بر شاخص‌های مورفولوژیکی و بیو شیمیایی گیاه دارویی ریحان (*Ocimum basilicum* c.v. *Keshkeni luvelou*). پژوهش‌های زراعی ایران، ۱۶ (۲): ۳۴۵-۳۵۴.

نورافکن، ح.، پویانفر، م. ۱۳۹۶. خصو صیات مورفوفیزیولوژیکی مرزه تحت تأثیر محلول پا شی متانول و اتانول. فصلنامه بوم شنا سی گیاهان زراعی. ۱۳: ۱۷-۹.

ها شمی دهکردی، ا.، م. مو سوی.، ن. ا. معلمی و م. ه. غفاریان مقرب. ۱۳۹۵. برر سی تأثیر نانوذرات تیتانیوم دی‌اک سید (آناتاز) بر روی خصوصیات فیزیولوژیکی توت‌فرنگی رقم کوئین الیزا (*Fragaria ananassa* c.v. Queen Elisa) در شرایط کشت هیدروپونیک. فرآیند و کارکرد گیاهی، ۵ (۱۶): ۳۸-۲۶.

Gao, F., Chao, l., Zheng, L., Mingyu, S., Xiao, W, Yang, F., Cheng, W. and Ping. 2006. Mechanism of nano anatase TiO2 on promoting photosynthetic carbon reaction of spinach. Biological Trace Element Research, 111: 239-245.

Nourafcan, H. and Kalantari, Z. 2017. The effect of methanol and ethanol foliar application on peppermint morphophysiological traits. Agroecology Journal, 12(4): 1-9.

Investigation of some morphological and phytochemical properties of artichoke by foliar spraying of methanol and titanium dioxide nanoparticles

Fahimeh Talebi[1], Vahid Akbarpour[1*], Vida Chalavi[2]
[1]M.Sc. Student of Medicinal Plants, Department of Horticultural Sciences, Sari Agricultural Science and Natural Resources
[2]Assistant professor, Department of Horticultural Sciences, Sari Agricultural Science and Natural Resources
[3]Associated professor, Department of Horticultural Sciences, Sari Agricultural Science and Natural Resources
*Corresponding Author: v_akbarpour60@yahoo.com

Abstract

Nowadays, it is very important to use modern methods in plant nutrition in order to accelerate the absorption of plant nutrients. This experiment was conducted as a factorial based on randomized complete blocks design with four replications in order to investigate the methanol and titanium dioxide nanoparticles (TiO_2) effects on some of morphological and phytochemical attributes of artichoke. Treatments included different concentrations of methanol alcohol (M) (0, 15, 30 and 45 Volumetric %) and titanium dioxide nanoparticles (0, 20, 40 and 60 ppm). The final results of the analysis of variance showed that the application of treatments on most of the studied traits was statistically significant at the level of 1%. So that, the highest number of leaves was observed simultaneously in the treatments of 45% v:v of methanol + 0 mg.l-1 nanoparticles and 30% v:v of methanol + 20 mg.l-1 of nanoparticles. The highest plant height was related to the treatment of 45% v:v of methanol + 0 mg of nanoparticles (TiO_2). Also, interaction of 15% v:v of methanol + 40 mg.l-1 nanoparticles application had the highest dry leaf weight. Chlorophyll a showed the highest value in the interaction of 45% v:v of methanol + 40 $mg.l^{-1}$ nanoparticles application. The highest amount of carotenoids was observed in the treatment of 15% v:v of methanol + 0 $mg.l^{-1}$ nanoparticles. Therefore, it is concluded that the application of experimental treatments has been effective in improving the traits studied in this research.

Keywords: Carotenoids, Morphology, Nutrition, Photocatalist, Spray