به‌زراعی کشاورزی
دوره ۲۳ ■ شماره ۱ ■ بهار ۱۴۰۰
صفحه‌های ۹۹-۸۷

مقاله پژوهشی:

ارزیابی زمان محلول‌پاشی و کود نانوذره مولیبدن به روش شیمیایی و شیمی‌سبز بر برخی شاخص‌های زراعی و کیفی ماش (*Vigna radiate* L.)

ناز پری شهلی بر رود گزی[۱]، مهدی دهمرده[۲*]، عیسی خمری[۳]، زیبا سوری نظامی[۴]
۱. دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران.
۲. دانشیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران.
۳. استادیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران.
۴. استادیار، گروه شیمی، دانشکده علوم، دانشگاه زابل، زابل، ایران.
تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۱۰/۰۲ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۰۲/۰۸

چکیده

به‌منظور ارزیابی تأثیر زمان محلول‌پاشی و نانوذره مولیبدن به‌روش شیمیایی و شیمی سبز بر شاخص‌های زراعی و کیفی ماش (توده محلی سیستان) این پژوهش در فروردین‌ماه سال ۱۳۹۶ به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل نانوذره مولیبدن در چهار سطح (بدون استفاده از مولیبدن، نانوذره با منشأ گیاهی، نانوذره با منشأ شیمیایی، ترکیب نانوذره گیاهی و شیمیایی) به‌عنوان فاکتور اول و زمان محلول‌پاشی در دو سطح (چهاربرگی و شش‌برگی) به‌عنوان فاکتور دوم بودند. تراکم کاشت ماش ۳۳ بوته در مترمربع بود و آبیاری دو بار در هفته انجام شد. بیش‌ترین ارتفاع بوته (۴۷/۵ سانتی‌متر)، عملکرد بیولوژیک (۵۲۸۷ کیلوگرم در هکتار)، عملکرد اقتصادی (٦٣٤ کیلوگرم در هکتار)، تعداد نیام در بوته (۸)، بیش‌ترین کاروتنوئید، کلروفیل a و کلروفیل b، از مرحله شش‌برگی و از کاربرد نانوذره مولیبدن به‌صورت مخلوط به‌دست آمد. مقایسه میانگین اثر متقابل زمان محلول‌پاشی و نانوذره مولیبدن نشان داد که بیش‌ترین پروتئین بذر (٤٠ درصد) از تیمار نانوذره گیاهی و مرحله چهاربرگی به‌دست آمد. محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی به‌عنوان یک راه‌کار مدیریتی کارآمد می‌تواند در تولید محصولات کشاورزی مناسب باشد. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که کاربرد توأم نانوذره مولیبدن شیمیایی و گیاهی در مرحله شش‌برگی باعث افزایش صفات کمی ماش گردید.

کلیدواژه‌ها: ارتفاع بوته، پروتئین دانه، تغذیه برگی، حبوبات، ریزمغذی‌ها، شیمی سبز، مولیبدن، نانو ذرات.

Evaluation of Spraying Time and Fertilizer of Molybdenum Nanoparticles by Chemical and Green Chemistry on Morpho-Physiological Indices of Mungbean (*Vigna radiata* L.)

Nazpari Shahvaliborrodgazi[1], Mehdi Dahmardeh[2*], Issa Khammari[3], Ziba Sori Nezami[4]
1. Former M.Sc. Student, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol. zabol, Iran.
2. Associate Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol. zabol, Iran.
3. Assistant Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol. zabol, Iran.
4. Assistant Professor, Department of chemistry, Faculty of science, University of Zabol. zabol, Iran.
Received: December 23,2019 Accepted: April 27, 2020

Abstract

In order to evaluate the effect of soluble time and molybdenum nanoparticles by chemical and green chemistry on morph-physiological indices of mung bean, the present research has been conducted in a factorial experiment, in Randomized Complete Block Design (RCBD) with three replications at Agricultural Research Institute University of Zabol in 2017. The experiment includes 4 levels of treatments: (Molybdenum nanoparticles of plant origin, chemical origin, plant and chemical composition, and control), as the primary factor and spraying time in 2 levels (Step 4 leaf and Step 6 leaf) as the secondary one. The plant density of mung bean has been 33 plants/m^2 with the irrigation being performed twice a week. The maximum plant height (47.5 cm), biological yield (5287 kg ha^{-1}), economic yield (634kg ha^{-1}), number of seeds in pod (8), carotenoid, and chlorophyll a and b occur from Step 4-6 and the application of mixed molybdenum nanoparticles. Results from the experiment show that the highest seed protein (40%) has been obtained from plant nanoparticles as well as the 4-leaf stage. Micronutrient can be an effective management solution for production of agricultural products. The results also show that the application of chemical and vegetable molybdenum nanoparticles at 6- leaf stage increase mung bean traits.

Keywords: Leaf feeding, Legume, micronutrients, plant height, seed protein, green chemistry, molybdenum, nanoparticles

* نویسنده مسئول Email: Dr.dahmardeh@uoz.ac.ir

۱. مقدمه

امروزه بیش از هر زمان دیگر تولید محصول به‌منظور تأمین نیاز غذای کافی و امنیت غذایی جامعه بشری اهمیت دارد (Norgholipour & Maleki, 2005). حبوبات جایگاه مهم و عمده‌ای در سبد غذایی دارند و جزو اصلی رژیم غذایی بسیاری از مردم دنیا محسوب می‌شوند. حبوبات علاوه بر قابلیت انبارداری مناسب، یک منبع غنی از پروتین و مواد مغذی مانند ویتامین، نشاسته، روغن و مواد معدنی هستند (FAO, 2012).

ماش مهم‌ترین منبع پروتئین در جنوب و جنوب شرقی آسیا می‌باشد (Prakit *et al*., 2014). تولید پروتئین حیوانی از پروتئین گیاهی مشکل‌تر است و از طرف دیگر پروتئین گیاهی اساس پروتئین‌هایی از قبیل گوشت قرمز، مرغ، ماهی، شیر و تخم‌مرغ می‌باشد. لذا در کشورهایی که به دلایل اقتصادی گوشت و فرآورده‌های دامی را کم‌مصرف می‌کنند و یا به دلایل مذهبی مورداستفاده قرار نمی‌دهند حبوبات می‌توانند منبع عمده تأمین پروتئین را تشکیل دهند. این محصولات نه‌تنها غذای اصلی مردم را از نقطه‌نظر کیفیت تغذیه‌ای کامل می‌نمایند، بلکه فرآورده‌های فرعی گوناگون از آن‌ها به‌دست می‌آید که رژیم غذایی مردمی را که محدودیت دارند، متنوع می‌سازد (Ebrahimzadeh, 2012). ماش یکی از حبوبات با ارزش بوده و سرشار از فسفر است، در ایران کشت حبوباتی چون ماش به‌واسطه داشتن ۲۲–۲۸ درصد پروتئین از منبع گیاهی نسبت به سایر حبوبات اهمیت بیش‌تری دارد (Khodabakhsh *et al*., 2011). نانوتکنولوژی یکی دیگر از فناوری‌های نوین است که به‌تازگی وارد عرصه کشاورزی شده است. نانوذرات عناصر غذایی مجموعه‌های اتمی یا ملکولی با ابعاد ۱۰۰–۱ نانومتر هستند که ویژگی‌های فیزیک و شیمیایی متفاوتی در مقایسه با مواد اولیه و توده خود دارند (Ruffini Castiglione & Cremonini, 2009). یکی از مهم‌ترین کاربردهای فناوری نانو در زمینه‌ها و گرایش‌های مختلف کشاورزی در بخش آب و خاک، استفاده از نانوکودها برای تغذیه گیاهان می‌باشد. این ترکیبات به سرعت و به‌صورت کامل جذب گیاه شده و به‌خوبی نیازها و کمبودهای غذایی آن را برطرف می‌کند (Mazlomi *etal*., 2012; Rezaei *et al*., 2009).

مطالعات اولیه نشان داده است که استفاده از نانوذرات می‌تواند در افزایش تولید بذر و رشد و حمایت گیاه، افزایش مقاومت گیاه در مقابل بیماری و آفات و تشخیص باقیمانده علف‌کش‌ها کاربرد داشته باشد (Khot *et al*., 2012). استفاده از مواد نانو می‌تواند باعث تسریع در جوانه‌زنی گیاه، مقاومت به تنش‌های زنده و محیطی، افزایش راندمان استفاده عناصر غذایی و هم‌چنین کاهش اثرات آلودگی‌های زیست‌محیطی در مقایسه با روش‌های سنتی و قدیمی به‌کار گرفته شده، گردد (Alharby *et al*., 2016). سایر پژوهش‌گران بیان کردند که از نظر محلول‌پاشی نانوذرات، کاربرد ترکیبی سلسیوم و روی برتر از استفاده جداگانه سیلیس از نظر تعداد پنجه بارور و میزان غلظت و جذب روی در دانه برنج بود. آن‌ها بیان کردند که استفاده از سلسیوم و روی به هر دو روش محلول‌پاشی نانوذرات و مصرف خاکی جهت افزایش غلظت و جذب این عناصر و هم‌چنین بهبود عملکرد دانه برنج در خاک‌هایی که قابلیت دسترسی پایینی به این دو عنصر غذایی دارند مؤثر می‌باشند (Kheyri *et al*., 2019). یکی از نیازهای مهم در برنامه‌ریزی زراعی، ارزیابی سیستم‌های مختلف تغذیه گیاه است. استفاده از نانوکودها منجر به افزایش کارایی مصرف عناصر غذایی، کاهش سمیت خاک، به حداقل‌رساندن اثرات منفی ناشی از مصرف بیش از حد کود و کاهش تعداد دفعات کاربرد کود می‌شود، بنابراین گیاه قادر به جذب بیش‌ترین مقدار

مواد غذایی بوده و در نتیجه ضمن کاهش آب‌شویی عناصر، عملکرد محصول نیز افزایش می‌یابد (Derosa *et al*., 2010). البته باید توجه داشت که با وجود نقش مثبت مولیبدن در لگوم ها و حساسیت آن‌ها به کمبود مولیبدن، از طرفی زیادی مولیبدن نیز تأثیر منفی روی گیاه دارد و منجر به کاهش زیست‌توده، کاهش عملکرد دانه و کاهش کیفیت تولیدمی‌شود (Nautiyal & Chatterjee, 2004). محلول‌پاشی لوبیا با ٤٠ گرم مولیبدن در هکتار باعث افزایش فعالیت آنزیم نیتروژناز در گیاه گردید (Vieria *et al*., 1998).

عناصر کم‌مصرف با وجود نیاز کم جایگاه ویژه‌ای در تولیدات کشاورزی دارند (Christiansen & Graham, 2002). مولیبدن به‌ویژه در سازوکارهای مربوط به متابولیسم نیتروژن نقش مهمی دارد. یکی از آنزیم‌هایی که نقش کلیدی در سلسله فرایندهای مربوط به مصرف نیترات دارد، نیترات ردوکتاز است. شواهد زیادی حاکی از پیچیدگی تنظیم این آنزیم و نقش مولیبدن در میزان فعالیت آن می‌باشد (Sigel, 2002). مولیبدن از عناصر ضروری است که در حبوباتی مثل لوبیا و ماش دو نقش مهم دارد، اولاً گیاه از مولیبدن برای تجزیه نیترات جذب‌شده از خاک استفاده می‌کند و ثانیاً مولیبدن در تثبیت نیتروژن موجود در اتمسفر به‌وسیله باکتری‌های موجود در ریشه گیاهان نقش دارد (Kaiser *et al.*, 2005). مولیبدن برای سوخت‌وساز نیتروژن و فعال‌کردن ریزوبیوم های همزیست با حبوبات و هم‌چنین برای احیای نیترات در گیاهان غیر حبوبات الزامی است (Khawazi, 2003). قابلیت جذب مولیبدن در خاک‌های با واکنش قلیایی، مناسب است. بنابراین استفاده از محلول‌پاشی کودها به‌ویژه کودهای حاوی عناصرکم‌مصرف از اقتصادی‌ترین روش‌های مصرف کود می‌باشد که در مقایسه با مصرف خاکی آن هفت برابر کارایی بیش‌تری داشته وگیاه نیز پاسخ سریع‌تری به مصرف کود نشان می‌دهد و از تثبیت کود در خاک جلوگیری می‌کند. با توجه به اهمیت استفاده از عنصر کم‌مصرف مولیبدن بر کارایی تثبیت نیتروژن، این تحقیق به‌منظور بررسی اثر نانوذره مولیبدن به دو صورت سنتز سبز و شیمیایی در دو مرحله رشدی گیاه ماش در منطقه سیستان اجرا شد.

۲. مواد و روش‌ها

این آزمایش طی سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹٦ در مزرعه تحقیقاتی پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل واقع در شهرستان زابل اجرا شد. پژوهشکده کشاورزی در ۳۵ کیلومتری جنوب‌شرقی شهرستان زابل در موقعیت جغرافیایی ٦١ درجه و ٤١ دقیقه طول شرقی و عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ٥٤ دقیقه شمالی و ارتفاع ٤٩٥ متر از سطح دریا قرار دارد. آب‌وهوای منطقه بر اساس طبقه بندی کوپن جزو اقلیم‌های خشک و بسیار گرم با تابستان گرم و خشک می‌باشد. براساس طبقه‌بندی آمبرژه نیز این منطقه جزو مناطق گرم و خشک طبقه‌بندی می‌گردد (ایستگاه هواشناسی زهک). طبق آمار ایستگاه هواشناسی زهک، میانگین درازمدت (٤٠ ساله) بارندگی در منطقه ٦٣ میلی‌متر، میانگین تبخیر سالانه ٤٥٠٠ تا ٥٠٠٠ میلی‌متر، میانگین ٤٠ ساله درجه حرارت منطقه ۲۳ درجه سانتی‌گراد با حداکثر ٤٩ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه آموزشی- پژوهشی پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل (چاه نیمه) اجرا شد. قبل از کاشت از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری مزرعه نمونه خاک تهیه و به آزمایشگاه ارسال شد. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آنالیز خاک در جدول (۱) ارائه شده است.

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری

عمق خاک (cm)	مولیبدن قابل‌جذب ($mg.kg^{-1}$)	کربن آلی (%)	فسفر (ppm)	نیتروژن (%)	واکنش خاک (pH)	هدایت الکتریکی ($ds.m^{-1}$)	سدیم (تأثیر بر شوری خاک) (ppm)	بافت خاک
۰-۳۰	۰/۰٤	۰/۰۳	۱۱/۳	۰/۰۱۵	٦/۹	۱/۰۲	۹۰/٦	لومی شنی

تیمارهای آزمایشی براساس کمبود عناصر میکرو در منطقه شامل دو فاکتور، فاکتور اول زمان محلول‌پاشی در دو سطح (چهاربرگی و شش‌برگی) و فاکتور دوم نانوذره مولیبدن در چهار سطح شامل (نانوذره مولیبدن با منشأ گیاهی، نانوذره مولیبدن با منشأ شیمیایی، ترکیب نانوذره گیاهی و شیمیایی و شاهد (عدم استفاده از نانوذره) بودند. هر کرت شامل چهار ردیف کشت و فاصله بین هر کرت ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بین ردیف‌های کشت ۳۰ سانتی‌متر و فاصله دو بوته روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر بود. کود فسفرازمنبع سوپرفسفات به مقدار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار و کود پتاسیم از منبع سولفات‌پتاسیم به مقدار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار و کود نیتروژن از منبع اوره به مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار براساس نیاز خاک منطقه استفاده گردید. کشت به‌روش خطی و طول هر خط کاشت سه متر در نظر گرفته شد. تاریخ کاشت در ۲۰ فروردین‌ماه و با دست انجام شد. آبیاری براساس شرایط اقلیمی ونیاز گیاه به‌صورت کرتی دو بار در هفته انجام شد. محلول‌پاشی طی دو مرحله رشد اولیه گیاه انجام شد. مرحله اول زمان چهاربرگی گیاه و مرحله دوم در زمان شش‌برگی انجام شد. وجین علف‌های هرز مانند اویارسلام، خارشتر و پنجه‌مرغی در طول اجرای طرح به‌صورت دستی (وجین با استفاده از فوکا) در سه مرحله قبل از رسیدگی کامل نیام‌ها صورت گرفت. برداشت از اوایل خردادماه ۹۷ قبل از گلدهی گیاه به‌منظور بررسی صفات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی شروع شد.

۲. ۱. سنتز نانو ذرات مولیبدن به روش شیمیایی

ابتدا ۰/۰۲۵ میلی‌مول مولیبدات آمونیوم (ترکیب اصلی نمک فلز مولیبدن بوده و مایع یونی تترا اتیل‌آمونیم کلراید نقش احیاکننده فلز را بازی می‌کند و محصول واکنش نانوذرات مولیبدن هستند) با ۵ میلی‌مول (گرم) از تترا اتیل‌آمونیوم کلراید مخلوط شد و به آن آب دو بار تقطیر اضافه شد. محلول حاصله در دستگاه سونوشیمی (ULTRASONIC HOMOGENIZER مدل فاپن FAPAN) تحت امواج التراسونیک قرار گرفت (شکل ۱) و سپس به محلول مقدار ۱ میلی‌مول سدیم بور هیدرات ($NaBH_4$) اضافه شد و به‌مدت ٢٤ ساعت با قدرت W ٦٠ (وات) به‌مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. رسوب حاصله در کوره با دمای ٤٠٠ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ٤ ساعت کلسینه شد. به‌منظور تأثیر نانوذرات در محلول‌پاشی ۰/۰٤ میلی‌گرم از این نانوذرات در یک لیتر آب حل شد و جهت آنالیزهای تکمیلی از آن‌ها استفاده شد (Feldman *et al*., 1996; Wu *et al*., 2011; Santillo*et al*., 2012).

۲. ۲. سنتز نانوذرات به روش گیاهی

ابتدا ۰/۰۲۵ میلی‌مول مولیبدات آمونیوم را با ۵ سی‌سی عصاره رازیا (گیاه رازیا استریکتا[1] از جمله گیاهان دارویی است، که در ایران منحصراً در برخی از رویشگاه‌های جنوب شرق استان سیستان و بلوچستان پراکنش دارد.

1. Rhazya stricta

شکل ۱. دستگاه سونوشیمی مدل فاپن ULTRASONIC HOMOGENIZER مدل فاپن FAPAN

فیتوشیمی برگ رازیا شامل فلاونویید، آلکالوییدها، گلیکوزوییدها، ترپن‌ها و تانن می‌باشد که خاصیت ضدسرطانی، دیابت و بیماری‌های خاصی مانند سفلیس، گلودرد، دندان درد و بیماری‌های چشمی دارد) مخلوط شد و به آن آب دو بار تقطیر اضافه شد. محصول حاصله در دستگاه سونوشیمی ULTRASONIC HOMOGENIZER مدل فاپن FAPAN) تحت امواج التراسونیک قرار گرفت و سپس به محلول مقدار ۱ میلی‌مول (گرم) سدیم بور هیدرات ($NaBH_4$) اضافه شد و به‌مدت ۲٤ ساعت با قدرت ٦۰ W (وات) به‌مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت و رسوب حاصله در کوره با دمای ٤۰۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ٤ ساعت کلسینه شد. به‌منظور تأثیر نانوذرات در محلول‌پاشی ۰/۰٤ میلی‌گرم از این نانوذرات در یک لیتر آب حل شد و جهت آنالیزهای تکمیلی از آن‌ها استفاده شد (Garda-Torredey, 2002; Daizy Philipa, 2011).

۲. ۳. سنتز نانوذرات مولیبدن مخلوط

برای تهیه نانوذرات مولیبدن مخلوط ۰/۰۲ میلی‌گرم از نانو ذرات گیاهی با ۰/۰۲ میلی‌گرم از نانو ذرات شیمیایی ترکیب و در یک لیتر آب حل شد.

۲. ٤. آنالیزذرات مولیبدن

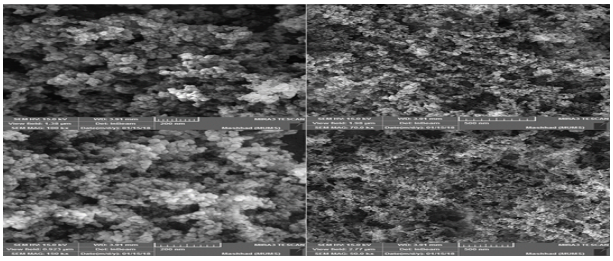
به‌منظور تعیین مورفولوژی و سایز نانوذرات مولیبدن، ذرات مولیبدن جهت آنالیز SEM[1] (میکروسکوپ الکترونی روبشی که قابلیت عکس‌برداری از سطوح با بزرگ‌نمایی ۱۰ تا ۵۰۰۰۰۰ برابر با قدرت تفکیکی کم‌تر از ۱ تا ۲۰ نانومتر) بسته به نوع نمونه را دارد. به آزمایشگاه دانشکده علوم دانشگاه فردوسی مشهد ارسال گردید. نتایج به‌دست‌آمده از این آنالیز اندازه ذرات را با میانگین ٦۰–۵۰ نانومتر تأیید کرد (شکل ۲). اولین محلول‌پاشی در زمان چهاربرگی و دومین محلول‌پاشی در مرحله شش‌برگی انجام گرفت.

۲. ۵. اندازه‌گیری صفات مورد ارزیابی

غلظت رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a، کلروفیل b، کاروتنوئید)

نمونه‌برداری از برگ‌های تازه گیاه قبل از گلدهی (اوایل خردادماه) صورت گرفت. سپس مقدار ۰/۱ گرم بافت تازه برگ گیاه وزن شد و در هاون چینی ساییده شد و ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد به آن اضافه شد و به‌مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ٦۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد و جذب محلول بالایی در طول موج‌های ٦٦۳ نانومتر برای کلروفیل a، ٦٤۵ نانومتر برای کلروفیل b و ٤۷۰ نانومتر برای کاروتنوئید توسط اسپکترومتر اندازه‌گیری شد.

الف) سنتز شیمیایی ب) سنتز سبز گیاهی



شکل ۲. تصویر SEM[1] نانوذرات مولیبدن به‌روش سونوشیمی. (الف- سنتز شیمیایی، ب- سنتز سبز)

سپس با استفاده از فرمول‌های زیر میزان کلروفیل a، b و کاروتنوئید نمونه (میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ تازه) به‌دست آمد (Arnon, 1967).

Chlorophyll=(19.3×A663-0.86×A645) V/100W
Chlorophyll b= (19. 3×A645-3. 6×A663) V/100W
Carotenoides=
100 (A470)-3. 27 (mg chl. a)-104 (mg chl. b)/227

V= حجم محلول سانتریفیوژشده، A= جذب نور در طول موج های ٦٦٣، ٦٥٤، ٤٧٠ نانومتر، W= وزن تر نمونه برحسب گرم.

ارتفاع بوته

پس از رسیدن گیاه به ارتفاع نهایی و مرحله رسیدگی فیزیولوژیک، قبل از برداشت نهایی با در نظرگرفتن اثر حاشیه‌ای با استفاده از متر از قسمت طوقه تا انتهایی‌ترین قسمت ساقه پنج بوته از هر کرت را به‌طور تصادفی انتخاب کرده و میانگین آن برای هر کرت محاسبه شد.

تعداد نیام در بوته

پس از رسیدگی گیاه و پس از رسیدگی کامل نیام‌ها در بوته از هر کرت پنج بوته به‌طور تصادفی انتخاب و تعداد نیام‌ها شمارش شد.

عملکرد بیولوژیک

برای اندازه‌گیری عملکرد بیولوژیک بوته‌ها از قسمت طوقه از دو خط میانی با حذف اثر حاشیه و مساحت ۱/۲ مترمربع کف‌بر شدند، اندام هوایی بوته شامل ساقه، برگ، در آزمایشگاه با آون در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ٤٨ ساعت خشک شدند و سپس جهت اندازه‌گیری وزن خشک با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ توزین گردیدند.

عملکرد اقتصادی

پس از رسیدگی کامل گیاه هنگامی که نیام‌ها قهوه‌ای و دانه‌ها سخت شد، از دو خط میانی با حذف اثر حاشیه و مساحت ۱/۲ مترمربع از هر کرت عملکرد دانه براساس هکتار به‌دست آمد.

پروتئین بذر

در پایان رسیدگی فیزیولوژیکی اندازه‌گیری پروتئین بذر به‌روش برادفورد انجام شد (Bradford, 1976).

تجزیه و تحلیل داده‌ها

تجزیه و تحلیل داده‌های آماری و نتایج تحقیق با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۱) انجام شد. مقایسه میانگین‌ها در سطح احتمال پنج درصد و با آزمون چنددامنه‌ای دانکن انجام شد.

۳. نتایج و بحث

۳. ۱. ارتفاع بوته

تغییرات ارتفاع گیاه معمولاً بارزترین تغییر ناشی از شرایط رشد در اغلب گیاهان زراعی می‌باشد. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که نانوذرات مولیبدن و اثر متقابل نانوذرات و مرحله محلول‌پاشی اثر معنی‌داری بر ارتفاع نشان نداد اما مرحله محلول‌پاشی در سطح یک

1. Scanning Electron Microscope

درصد بر ارتفاع بوته اثر معنی‌داری نشان داد (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها توسط آزمون دانکن نشان داد که بیش‌ترین ارتفاع بوته (۴۳/۶۷ سانتی‌متر) در محلول‌پاشی مرحله شش‌برگی به‌دست آمد. بیش‌ترین ارتفاع بوته از کاربرد نانوذره گیاهی به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با کاربرد توأم نانوذره نشان نداد (جدول ۳).

پژوهش‌گران با محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی روی سورگوم نشان دادند که مصرف این عناصر موجب افزایش ارتفاع در سورگوم[1] می‌شود (Khalili Mahalle *et al*., 2006). محلول‌پاشی عناصر میکرو در مراحل مختلف بر ارتفاع بوته آفتابگردان[2] تأثیر معنی‌داری داشت (Roshdi *et al*., 2011). پژوهش‌گران نشان دادند که عناصر ریزمغذی از طریق افزایش میزان فتوسنتز گیاه سبب افزایش ارتفاع (۸۹/۱۵) در بوته گندم[3] می‌شوند (Moussavi Nik, 1997).

جدول ۲. تجزیه واریانس صفات زراعی و فیزیولوژیکی ماش تحت تأثیر زمان محلول‌پاشی و نانو ذرات مولیبدن

منبع تغییر	درجه آزادی	کلروفیل b	کلروفیل a	کاروتنوئید	عملکرد اقتصادی	عملکرد بیولوژیک	تعداد نیام در بوته	ارتفاع بوته
تکرار	۲	۱/۳۹	۳/۸۷ns	۰/۰۱۱ns	۹۲۲۶/۶ns	٤٦٩٦٧٨/١٣ns	۸/٤ns	٤/٧٧ ns
زمان محلول‌پاشی	۱	۱/۲۵ ns	۱/۲۸ ns	۰/۱۸ ns	۲۳٤۱۳/۱۳ns	٥٤٩٢٣٥٧/٣**	۲۱/۸٥**	۸٥/۸۸**
نانوذره مولیبدن	۳	۱/۹۰ ns	٤/۲*	۰/۲۲**	۱۳٥۹۱۱/٦۱**	۷٤۲٥٥۲۱/۲**	۱٤/۳۸**	۲/۰۸ ns
زمان محلول‌پاشی× نانوذرات	۳	٥/٦۳**	۰/٦٦ ns	۰/۲۱*	۱۱۹۱٤۰۱/۱۹**	٦٦۳۱۳٥٦/٤٥**	۱۱/۰۱*	۳۰/۳ ns
خطا	۱٤	۰/۷۰۱	۲/۳٦	۰/۰٦۳	٦٦۰۲/۲٦	۲۱٤٦٤٦/۱	۲/۰٤	۹/۱٥
ضریب تغییرات (%)	–	۲۹/٤	۲٥/٥	۲٤/۲	۲۷/۱	۲۰/٦	۲۷/٤	۷/۲

* و ** به‌ترتیب بیانگر معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و ns عدم معنی‌داری می‌باشد.

جدول ۳. مقایسه میانگین اثرات ساده صفات زراعی و فیزیولوژیکی ماش تحت تأثیر زمان محلول‌پاشی و نانوذرات مولیبدن

تیمار	ارتفاع بوته (cm)	کلروفیل a ($mg.gr^{-1}$)
زمان محلول‌پاشی		
مرحله چهاربرگی	۳۹/۸۹ b	٥/۷۹ a
مرحله شش‌برگی	٤۳/٦۷ a	٦/۲٥ a
LSD5%	۲/٦٤	۱/۳٤
نانوذره مولیبدن		
شاهد	٤۱/۰۰a	٤/۹٤ b
نانوذره شیمیایی	٤۱/٦٦ a	٦/۹۱ a
نانوذره گیاهی	٤۲/۳a	٥/۸٦ a
نانوذره مخلوط	٤۲/۱٦a	٦/۲٦ a
LSD 5%	۳/۷٤	۱/۹۰

1. *Sorghum bicolor* L.
2. *Helianthus annuus* L.
3. *Triticum aestivum* L.

هرچند که استفاده از نانوذرات باعث افزایش حدود ۳ درصد ارتفاع در گیاه ماش نسبت به شاهد گردید، اما این ختلاف معنی‌دار نبوده و تنها در مقدار کلروفیل a و در مصرف نانوذره شیمیایی اختلاف معنی‌داری نسبت به شاهد مشاهده شده است. کاربرد مولیبدن سبب افزایش سرعت رشد برگ‌ها از زمان ساقه‌دهی گردید و تفاوت‌های بین منحنی رگرسیونی شاخص سطح برگ در تیمارهایی که مصرف مولیبدن داشت نسبت به شاهد مشاهده گردید. افزایش ارتفاع بوته گندم به‌طور عمده به‌دلیل وجود عنصر مولیبدن بود (Hassanpour *et al.*, 2015). دسترسی به نیتروژن بیش‌تر در خاک و افزایش جذب و فتوسنتز بیش‌تر گیاه از دلایل افزایش ارتفاع در تیمارهای تلفیقی است (Schlegel, 1992). مولیبدن از طریق تثبیت نیتروژن و از طریق فعالیت آنزیم‌های نیتروژناز و نیترات ردوکتاز باعث افزایش پارامترهای رشد مانند ارتفاع و عملکرد بذر می‌شود (Liu *et al.*, 2005).

۳. ۲. تعداد نیام در بوته

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که زمان محلول‌پاشی و انواع نانوذره مولیبدن در سطح یک درصد و اثر متقابل زمان محلول‌پاشی و نانوکود مولیبدن برای تعداد نیام در بوته در سطح پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). اثر متقابل زمان محلول‌پاشی و نانوذرات مولیبدن نشان داد که بیش‌ترین تعداد نیام در بوته در مرحله شش‌برگی و از کاربرد کود نانوذره مخلوط به‌دست آمد (جدول ٤). به‌نظر می‌رسد که عناصر ریزمغذی با تقویت سیستم فتوسنتزی گیاه شدت فتوسنتز را افزایش داده و ماده غذایی بیش‌تری به اندام‌های زایشی منتقل شده و تعداد بیش‌تری از گل‌ها تلقیح و به نیام تبدیل شده و در اثر آن تعداد نیام در بوته افزایش یافته است. پژوهش‌گران نیز طی آزمایشی اعلام کردند که محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف باعث افزایش سنتز برخی آنزیم‌های محرک رشد شده ودر اثر آن تلقیح گل‌ها بالا رفته و به‌تبع آن تعداد نیام‌ها در لوبیا چیتی (*Phaseolus vulgaris* pinto group) افزایش می‌یابد (Roshdi *et al.*, 2011). بررسی تأثیر محلول‌پاشی ریزمغذی‌ها بر عملکرد و اجزای عملکرد کرچک[1] نشان داد که تعداد کپسول بارور در هربوته تحت تأثیر محلول‌پاشی با ریزمغذی‌ها قرار گرفت و به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (Salamatbakhsh *et al.*, 2012).

جدول ٤. مقایسه اثر متقابل زمان محلول‌پاشی و نانوذرات مولیبدن بر شاخص‌های مورفوفیزیولوژیکی ماش

زمان محلول‌پاشی	نانوذرات	کلروفیل b ($mg.gr^{-1}$)	کاروتنوئید ($mg.gr^{-1}$)	عملکرد اقتصادی ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد بیولوژیک ($kg.ha^{-1}$)	تعداد نیام در بوته	ارتفاع بوته (cm)
مرحله چهاربرگی	شاهد	۲/٤۱ b	۰/٤٦b	۱٦۸/٥cd	۱۲۹۰/٥cd	۲/۳٦c	۳۹/٦b
	نانوذره شیمیایی	۲/۱٦ b	۱/۲٦a	۲۰۲/٦cd	۱٤۸۰۳/٥cd	٤c	٤۱/۱۳b
	نانوذره گیاهی	۲/۲۹b	۱/۰۱A	۱۸۸/۸cd	۱۳۷۳/۹cd	۳/٦٦c	۳۷/۱b
	نانوذره مخلوط	۲/۳٦b	۰/۹٤a	٥۱٥/۸۷ab	۲۹٤۳/۲۹b	۷ab	٤۱/۷ab
مرحله شش‌برگی	شاهد	۲/۲۷b	۱/۱۰a	۳۸٦/٥۷b	۳۲٦۰/۲b	۷/٦٦a	٤۲/٤ab
	نانوذره شیمیایی	۳/۱٤b	۱/۱۳a	۳۸٦/۱٦b	۲٦۳۱/٦b	٤/٦٦bc	٤۲/۲ab
	نانوذره گیاهی	۲/٦۲b	۱/۰۰a	۲۳٦/۲c	۱۷۳۷c	٤c	٤۲/٦ab
	نانوذره مخلوط	٥/۰٥a	۱/۳٦a	٦۳٤/۷۹a	٥۲۸۷a	۸/۳۳a	٥/٤a
LSD 5%	-	۱/٤٦	۰/٤٤	۱٤۲/۳	۸۱۱/۳	۲/٥	٥/۲۹

تفاوت حروف در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار براساس آزمون دانکن در هر سطح ۰/۰٥ می‌باشد.

1. *Ricinus cummunis*

در پژوهشی مشخص شد که محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی روی پارامترهای رویشی و صفات عملکردی سویا (*Glysine max*)، به‌دلیل تأثیر بر فرایندهای زایشی به‌طور معنی‌داری باعث افزایش تعداد نیام در بوته گردیده است و در نتیجه محلول‌پاشی گیاه در مرحله رویشی پتانسیل بالاتری را برای تولید نیام در واحد سطح پیدا می‌کند (Mahmoud Ali & Adel, 2013).

۳. ۳. عملکرد زیستی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که زمان محلول‌پاشی و اثر متقابل نانوذره مولیبدن بر عملکرد بیولوژیک سطح معنی‌داری نشان داد (جدول ۲). اثر متقابل زمان محلول‌پاشی و کود نانوذرات مولیبدن نشان داد که همان‌طور عملکرد بیولوژیک (۵۲۸۷ کیلوگرم در هکتار) مربوط به مرحله شش‌برگی و از کاربرد مخلوط نانوذره شیمیایی و گیاهی به‌دست آمد (جدول ٤).

عناصر ریزمغذی با افزایش فتوسنتز و بهبود دوام سطح برگ باعث افزایش عملکرد دانه و عملکرد زیستی می‌شوند. جذب بیش‌تر عناصر غذایی توسط گیاه رشدونمو و فعالیت‌های بیوشیمیایی گیاه را افزایش می‌دهد و این امر موجب افزایش عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی در گیاه می‌شود. گزارش‌های زیادی حاکی از اثر مثبت محلول‌پاشی عناصر میکرو در جلوگیری از کاهش عملکرد بیولوژیک وجود دارد (Delfani, 2011). کمبود عناصر ریزمغذی سبب کاهش شدید فتوسنتز می‌شود که در نهایت این امر منجر به کاهش عملکرد بیولوژیکی می‌شود، که محلول‌پاشی با عناصر ریزمغذی به‌طور معنی‌داری عملکرد بیولوژیکی را در اسفرزه افزایش داد (Ramroudi *et al*., 2011). پژوهش‌گران در مورد نقش عناصر ریزمغذی به‌صورت تلفیقی در افزایش عملکرد بیولوژیک تأکید دارند (Roze *et al*., 2005). محلول‌پاشی با عناصر ریزمغذی به دلیل تغذیه بهتر برگ و ساقه و تشدید فتوسنتز سبب افزایش عملکرد بیوماس شده است (Hedari, 2006).

۳. ٤. عملکرد اقتصادی

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که زمان محلول‌پاشی اثر معنی‌داری بر عملکرد اقتصادی نداشت و اثر کود نانوذره مولیبدن و اثر متقابل زمان محلول‌پاشی و نانوذره مولیبدن بر عملکرد اقتصادی معنی‌دار شد (جدول ۲). اثر متقابل زمان محلول‌پاشی وکود نانوذرات مولیبدن نشان داد که همان‌طور عملکرد اقتصادی در مرحله برگی و از کاربرد مخلوط نانو ذرات گیاهی و نانوذرات شیمیایی به‌دست آمد (جدول ٤). در بررسی تأثیر محلول‌پاشی روی به‌صورت معمولی و نانوذرات روی گیاه ماش مشخص گردید که صفات تعداد غلاف در بوته، وزن هزار دانه و عملکرد بیولوژیک در شرایط تنش و عدم تنش به‌طور معنی‌داری افزایش داشت. محلول‌پاشی با ۱۰ گرم نانوذرات اکسیدروی در شرایط عدم تنش، تنش در گلدهی و غلاف‌دهی به‌ترتیب باعث افزایش ٦/٦، ۳/٦ و ۵/٤ درصدی عملکرد بیولوژیک نسبت به عدم کاربرد نانوذره آن گردید (Shojaei & Makarian, 2014).

طی آزمایشی نشان داده شد که محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف با بالابردن فتوسنتز و دوام سطح برگ، به‌طور معنی‌داری عملکرد دانه را در آفتابگردان افزایش داد (Roshdi *et al*., 2011). با بررسی محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی بر ویژگی‌های کمی و کیفی گندم هامون در منطقه سیستان مشخص شد که با مصرف عناصر ریزمغذی عملکرد دانه گندم افزایش یافت (Hossein Abadi *et al*., 2006). دلایل افزایش عملکرد دانه شامل بهبود رشد گیاه، بهبود پدیده فتوسنتز، تنفس و سایر فعالیت‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در اثر محلول‌پاشی با عناصر ریزمغذی می‌باشد به

عبارت دیگر عناصر ریزمغذی میزان فتوسنتز را افزایش داده و با افزایش دوام سطح برگ متعاقباً عملکرد دانه نیز افزایش یافت (ZehtabSalmasi *et al*., 2012).

۳. ۵. کلروفیل a

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که زمان محلول‌پاشی بر میزان کلرفیل a معنی‌دار نشد ولی نوع نانوذره مولیبدن برای کلرفیل a معنی‌دارشد. مقایسه میانگین اثر ساده تیمارها نشان داد که بیش‌ترین مقدار کلروفیل a (٦/٢٥ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) از مرحله شش‌برگی و کاربرد نانوذره شیمیایی (٦/٩١ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) به‌دست آمد (جدول ۳). در پژوهشی روی گلرنگ، محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی موجب افزایش کلروفیل شد، که این امر می‌تواند به‌علت نقش این عناصر در متابولیسم نیتروژن و ساخت کلروفیل باشد. به‌عبارتی دیگر این عناصر از کاهش شدید کلروفیل جلوگیری می‌کند و این امر سبب جلوگیری ازکاهش فتوسنتز در اثر کاهش سبزینگی و در نتیجه رشد گیاه می‌شود و به این طریق به گیاه کمک می‌کند تا سعی در حفظ ثبات عملکرد خود داشته باشد (Movahhedi Dehnavi *et al*., 2004).

۳. ٦. کلروفیل b

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تیمار زمان محلول‌پاشی و نانوذرات مولیبدن بر میزان کلروفیل b معنی‌دار نشد، اما اثر متقابل کود و محلول‌پاشی برای کلروفیل b در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر متقابل زمان محلول‌پاشی و نانوکود مولیبدن نشان داد که بیش‌ترین مقدار کلروفیل b (٥/٠٥ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) از مرحله شش‌برگی و از کاربرد تیمار مخلوط نانوذره شیمیایی و سنتز سبز به‌دست آمد (جدول ٤). نانوکودها در گیاهان بادام زمینی باعث افزایش رشد ریشه و ساقه از طریق افزایش میزان کلروفیل و استقرار سریع‌تر گیاه می‌شوند (Prasad *et al*., 2012). به‌طورکلی هر چه شرایط تغذیه‌ای و محیطی، از جمله عناصر غذایی، نور و رطوبت برای رشد گیاه مناسب‌تر باشد، توان گیاه در تولید کلروفیل و تثبیت دی‌اکسیدکربن بیش‌تر می‌شود شایان ذکر است که میزان کلروفیل برگ گیاهان به ویژگی‌های ژنتیکی و ذاتی هر گیاه نیز بستگی دارد (Demir, 2004). در اثر کاربرد عناصر ریزمغذی باید گفت که این عناصر باعث تولید بیش‌تر کلروفیل در برگ‌های گیاه و در نتیجه افزایش سطح سبز برگ می‌شوند (Vitosh *et al*., 1997).

۳. ۷. کاروتنوئید

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که زمان محلول‌پاشی اثر معنی‌داری بر کاروتنوئید نشان نداد، اما نانوذره مولیبدن و اثر متقابل زمان محلول‌پاشی و نانوکود مولیبدن در سطح پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). تیمارها با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند و تنها با شاهد دارای اختلاف معنی‌داری هستند. مقایسه میانگین اثر متقابل زمان محلول پاشی و نانوذرات مولیبدن نشان داد که بیش‌ترین مقدار کاروتنوئید (١/٣٦ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) از مرحله شش‌برگی و از کاربرد نانوکود شیمیایی و شیمی سبز به‌دست آمد و کم‌ترین مقدار کاروتنوئید از مرحله چهاربرگی و از تیمارشاهد به‌دست آمد (جدول ٤). فتوسنتز و تعادل بیوشیمیایی گیاه و دریافت تحرکات محیطی و تا حدی ذخیره مواد غذایی در حیطه وظایف رنگیزه‌های فتوسنتزی گیاه است (Khajepoor, 2014). افزایش میزان کاروتنوئید می‌تواند ناشی از نقش حفاظتی این رنگیزه‌ها باشد. کاروتنوئیدها از راه پیوند برگشت‌پذیر با رادیکال‌های آزاد اکسیژن و تشکیل زانتوفیل مانع تخریب کلروفیل می‌شوند (Amal & Aly, 2008).

٤. نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر، محلول‌پاشی در مرحله شش‌برگی موجب بهبود رشد رویشی و توسعه برگ‌ها که منابع تولید در گیاه می‌باشند، شد. بیش‌ترین ارتفاع، عملکرد بیولوژیک، تعداد نیام در بوته، عملکرد اقتصادی، کلروفیل b و کاروتنوئید به مرحله دوم محلول‌پاشی (شش‌برگی) و نانوذره مولیبدن مخلوط اختصاص یافت. خاک‌های اکثر مناطق ایران دارای pH و EC بالایی باشند که همین مسأله باعث می‌گردد بعضی از عناصر کم‌مصرف حتی در صورت وجود در خاک منطقه، ممکن است نتوانند جذب گیاه شوند و گیاه نشانه‌های این کمبود را نشان می‌دهد. از جمله این عناصر مولیبدن می‌باشد که کمبود آن در خاک‌های نواحی خشک دیده می‌شود. استفاده از محلول‌پاشی کودها به‌ویژه کودهای حاوی عناصر کم‌مصرف یکی از اقتصادی‌ترین روش‌های مصرف کود می‌باشد و گیاه نیز پاسخ سریع‌تری به مصرف کود نشان می‌دهد. بنابراین استفاده از عناصر ریزمغذی گامی مؤثر در جهت افزایش عملکرد گیاه ماش، غنی‌سازی دانه آن، رفع سوءتغذیه ناشی از کمبود این عناصر و روشی برای تأمین سلامت و تندرستی جامعه می‌باشد.

٥. تشکر و قدردانی

از پرسنل پژوهشکده کشاورزی به‌خاطر همکاری در اجرای طرح، تقدیر و تشکر می‌گردد.

٦. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

٧. منابع

Mahmoud, A., & Adel, H. (2013). Effect of foliar spray by different salicylic acid and zinc concentrations on seed yield and yield components of mung bean in sandy soil. *Asian Journal of Crop Science*, *5*(1), 33-40. DOI: 10.3923/ajcs.2013.33.40.

Alharby, H. F., Metwali, E. M. R., Fuller, M. P., & Aldhebiani, A. Y. (2016). Impact of application of zinc oxide nanoparticles on callus induction, plant regeneration, element content and antioxidant enzyme activity in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) under salt stress. *Archives of Biological Sciences*, *68*(4), 723-735. DOI: 10.2298/ABS151105017A.

Amal, A. M., & Aly, A. A. (2008). Alteration of some secondary metabolites and enzymes activity by using exogenous antioxidant compound in onion plants growth under seawater salt stress. *American Eurasian Journal of Science Research, 3,* 139-146.

Arnon, A.N. (1967). Method of extraction of chlorophyll in plants. *Agronomy Journal, 23,* 121-122.

Bradford, M. M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry, 72*(1-2), 245-248.

Christiansen, I., & Graham, P. H. (2002). Variation in di-nitrogen fixation among Andean bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes grown at low and high levels of phosphorus supply. *Field crops research, 73*(23), 133-142. DOI: 10.1016/s0378-4290(01)00190-3.

Daizy Philipa, C. (2011). Extracellular biosynthesis of gold and silver nanoparticles using Krishna tulsi (*Osmium sanctum*) leaf. Physician E: Low-dimensional Systems and Nanostructures,*43,* 1318-1322.

Demir, S. (2004). Influence of Arbuscular mycorrhiza on some physiological growth parameters of pepper. *Turkish Journal of Biology, 28,* 85-90.

Delfani, M. (2011). Effect of Nano Particle Spreading of Iron and Magnesium on Some Morphological and Physiological Characteristics of cowpea. Ms.c thesis of agronomy. *Shahroud University of Technology*. p:170 (In Persian).

Derosa, M.R., Monreal, C., Schnitzer, M., Walsh, R., & Sultan, Y. (2010). Nanotechnology in fertilizers. Nature Nano technology 5:91.

Ebrahimzadeh, H. (2012). Plant Physiology. University Press Tehran, University Press, Sixth Edition, p. 690.

Feldman, Y., Frey, G., & Homyonfer, M. (1996). *Journal of American Chemistry Socity*, *118,* 5362-5367.

Hassanpour, J., Kanani, S. M., & Teimouri, S. (2015). Effects of molybdenum (Mo) spraying on morpho physiological characteristics of wheat under drought stress condition. *Agronomy Journal* (*Pajouhesh & Sazandegi*), 104, 45-54.

Heiari, F. (2006). Effect of micronutrient elements and plant density on phenology, yield and essential oil of medicinal plant peppermint. Master thesis, field of agriculture. Faculty of Agriculture, Tabriz University, 92 p (In Persian).

Hossein Abadi, A.S., Throat, M., & Heydari, M. (2006). Study of the effects of soluble iron, zinc and manganese on quantitative and qualitative characteristics of Hamoon wheat in Sistan region. *Recent Agricultural Finding,1*(2), 103-110.

Garda-Torredey, J. L. (2002). Formation and growth of Au nanoparticles inside live alfalfa plants. Nano Letter, 2(4), 397-401.

Khawazi, K. (2003). Investigation of nutrient status, efficiency of rhizobium bacteria and nitrogen fixation potential in alfalfa soils of Hamadan province. PhD Thesis, Department of Soil, Tarbiat Modares University, Tehran, 237 p.

Kaiser, F. G., Hübner, G., & Bogner, F. X. (2005). Contrasting the Theory of Planned Behavior with the Value Belief Norm Model in Explaining Conservation Behavior. *Journal of applied social psychology*, *35*(10), 2150-2170.

Khajepoor, M. R. (2014). Principles of Agriculture (Third Edition). University Jihad (Isfahan University of Technology). 227 p. (In Persian).

Kheyri, N., Ajam Norouzi, H., Mobasser, H.R., & Torabi, B. (2019). Comparison of NPs Foliar Application of Silicon and Zink with Soil Application on Agronomic and Physiological Traits of Rice (*Oryza sativa* L.). *Iranian journal of field crop research, 17*(3),503-515.

Khalili Mahalle, G. Reza dost, S., & Rushdie, M. (2006). Effects of leaf consumption of iron, zinc and manganese on the quantitative and qualitative characteristics of sorghum. Speed field in the second crop in Khoy. The 9th Iranian Conference on Plant Breeding and Crop Production. Aboureyhan Campus, University of Tehran.65-76 (In Persian).

Khodabakhsh, F., Amooaghaie, R., Mostageran, A., & Emtiazi, G. (2011). Effect of hydro and osmo priming in two commercial chickpea cultivars on germination, growth parameters and nodules number in salt stress condition.71-86. (In Persian).

Khot, L. R., Sankaran, S. J., Maja, M., Ehsani, R., & Schuster, E. W. (2012). Applications of nano materials in agricultural production and crop protection. *Crop Protection*, 64-70. DOI: 10.1016/j.cropro.2012.01.007.

Liu, P., Yang, Y.S., Xu, G.D., Fang, Y.H., Yang, Y.A., & Kalin, R.M. (2005). The effect of molybdenum and boron in soil on the growth and photosynthesis of three soybean varieties. *Plant Soil Environment*, *51(* 5), 197-205.

Mazlomi M., Pirzad, A. & Zardoshti, M.(2012). Allocation ratio of photo synthase to different parts of sugar beet plant affected by Nano-iron foliar application at varying growth stages. *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences, 2,* 121- 128.

Moussavi-Nik, M. (1997). Seed quality and crop establishment in wheat. Thesis (Ph.D.) University of Adelaide, Department of Plant Science.249P.

Movahhedi Dehnavi, M., Modarres Sanavi, A.M., Soroush-Zade, A., & Jalali, M.(2004). Changes of proline, total soluble sugars, chlorophyll (SPAD) content and chlorophyll fluorescence in safflower varieties under drought stress and foliar application of zinc and manganese. Biaban, 9(1), 93-110.

Nautiyal, N., & Chatterjee, C. (2004). Molybdenum Stress-Induced Changes in Growth and Yield of Chickpea. *Journal of plant nutrition, 27*(1), 173-182. DOI.org/10.1081/PLN-120027554.

Norgholipour, F., & Maleki, G. (2005). Methods for improving and absorbing nutrients in calcareous soils. *Technical Journal, Soil and Water Research Institute*, No. 464, Tehran.

Prakit, S., Prathet, P., Kongjaimun, A., & Srinives, P. (2014). Dissecting quantitative trait loci for agronomic traits responding to iron deficiency in mungebean [*Vigna radiata* (L.)Wilczek]. *Agrivita*, 36(2), 64-71.

Payegozar, Y. (2008). Effect of foliar application of micronutrients on quantitative and qualitative characteristics of pearl millet under drought stress. Master's thesis, Department of Agriculture, University of Zabol.

Prasad, T. N. V. K. V., Sudhakar, P., Sreenivasulu, Y., Latha, P., Munaswamy, V., Reddy, K. R., & Pradeep, T. (2012). Effect of nano scale zinc oxide particles on the germination, growth and yield of peanut .*Journal of plant nutrition, 35* (6), 905-927. DOI.org/10.1080/01904167.2012.663443.

Ramroudi, M., Kikhaghaleh, M., Galavi, M., Seghatoleslam, M.J., & Baradaran, R. (2011). The effect of various micronutrient foliar applications and irrigation regimes on quantitative and qualitative yields of isabgol (*Plantago ovata* Forsk). *Agro ecology, 3*(2), 219-226.

Rezaei, R., Hosseini, S. M., Shabanali Fami, H., & Safa, L. (2009). Identification and analysis of the barriers of nanotechnology development in the iranian agricultural sector from the viewpoint of the researchers. *Journal of Science and Technology Policy, 2*(1), 17-26. (In Persian)

Roshdi, M., Reza doust, S., Khalilimahale, J., & Haji HasaniAsl, N. (2011).The effect of biological fertilizers on three species of oily sunflower performance. Tabriz Azad University scientific research magazine.3P THP year. No. 10.

Roze, I., Felton, W., & Banks, L. (2005).Response of four soybean varieties to foliar zinc fertilizer. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry, 21*(109),236-240.

Rushdie, M. Boviachi, D., & Rezaedost, S. (2011). Effect of low-energy elements on growth and yield of chickpea bean under irrigation cuttings. Islamic Azad University, Khoy Branch.

Ruffini Castiglione, M., & Cremonini, R. (2009). Nanoparticles and higher plants. *Caryologia,* 2, 161-165.

Salamatbakhsh, M.R., Tobe, A., & Taherifard, E. (2012). Effects of foliar application of micronutrients on yield and yield components of castor bean (*Ricinus communis* L.) varieties. *European Journal of Experimental Biology, 2*(4), 975-979.

Santillo, G., Deorsola, F.A., Bensaid S., Russo, N., Fino, D. (2012). *Chemistry Engineering Journal,* 207-208.

Schlegel, A. J. (1992). Effect of composted manure on soil chemical properties and nitrogen use by grain sorghum. *Journal of Production Agriculture, 5*(1), 153-157. DOI.org/10.2134/jpa1992.0153.

Sigel, A., & Sigel, H. (2002). Metals ions in biological system: Volume 39: Molybdenum and tungsten: Their roles in biological processes. CRC Press.

Shojaei, H., & Makarian, H. (2014). The Effect of Nano and Non-Nano Zinc Oxide Particles Foliar Application on Yield and Yield Components of Mungbean (*Vigna radiate*) Under Drought Stress. *Iranian journal of field crop research*, 12(4),727-737.

Vieira, R.F., Vieira, C., Cardoso, E.J.B.N., & Mosquim, P.R. (1998). Foliar application of molybdenum in common bean. II. Nitrogenase and nitrate reeducates activities in a soil of low fertility. *Journal of Plant Nutrition,* 21,2141-2151.

Vitosh, M. L., Warnek, D. D., & Lucas, R. E. (1997). Boron Michigan State University Extension Soil and Management Fertilizer. Available on the htpp: //www.Msue.Msu.Edv.Wagningen, Netherlands: back huys publishers. 298pp.

Wu, H., Yang, R., Song, B., Han, Q., Li, J., Zhang, Y., Fang, Y., Tenne, R., & Wang, C. (2011). Biocompatible inorganic fullerene-like molybdenum disulfide nanoparticles produced by pulsed laser ablation in water. National library of medicine, 1276-81. DOI: 10.1021/nn102941b

Zehtab-Salmasi, S., Behrouznejhad, S., & Gassemi-Golezani, K. (2012). Effects of foliar application of Fe and Zn on seed yield and mucilage content of Psullium at different stages of maturity. *International Journal of Environmental Sciences, 3*(2), 63-65.