

## تأثیر محلول پاشی عنصرهای نانو کلات آهن و منگنز بر شماری از صفات کیفی ماش (*Vigna Radiata* L. Wilczek Parto Variety) تحت تنش کم آبی

یزدان ایزدی<sup>۱</sup>، سید علی محمد مدرس ثانوی<sup>۲\*</sup> و زین العابدین طهماسبی سروستانی<sup>۳</sup>  
۱، ۲ و ۳. به ترتیب؛ دانشجوی کارشناسی ارشد، استاد و دانشیار گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس  
(تاریخ دریافت: ۹۴/۰۸/۲۷ - تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۲/۰۷)

### چکیده

به منظور بررسی تأثیر محلول پاشی نانو کلات آهن و منگنز در کاهش اثرات تنش کم آبی بر گیاه ماش رقم پرتو آزمایشی به صورت کرت های خرد شده بر پایه طرح پایه بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس انجام شد. تیمارهای آزمایشی در کرت اصلی شامل سه سطح رژیم آبیاری و در کرت فرعی شامل ده سطح محلول پاشی طی مراحل قطع آبیاری در نظر گرفته شد. نتایج بررسی ها نشان داد، تأثیر کمبود آب و محلول پاشی نانو کلات آهن و منگنز بر بیشتر صفات مورد بررسی در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار بود. اعمال تنش کم آبی در مرحله رشد رویشی و رشد زایشی موجب کاهش همه صفات مورد بررسی به جز میزان رنگیزه کاروتنوئید و پرولین شد. همچنین محلول پاشی سطوح مختلف نانو کلات آهن و منگنز در مراحل رشد رویشی و زایشی موجب افزایش میزان سبزینه (کلروفیل) و کاروتنوئید شد. در نهایت اثر متقابل تنش کمبود آب و محلول پاشی نانو کلات آهن و منگنز بر بیشتر صفات مورد بررسی در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار بود.

**واژه های کلیدی:** پروتئین دانه، پرولین، حبوبات، رنگیزه های نورساختی، عناصر غذایی کم مصرف.

## Study Effects of iron and manganese nano-chelate foliar application on some qualitative traits of (*Vigna Radiata* L. Wilczek Parto variety) under water deficit condition

Yazdan Izadi<sup>1</sup>, Seyed Ali Mohammad Modarres-Sanavy<sup>2\*</sup> and Zeinolabedin Tahmasebi Sarvestani<sup>3</sup>

1, 2, and 3. M.Sc. Student, Professor and Associate Professor of Agronomy, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

(Received: November 18, 2015 - Accepted: April 26, 2016)

### ABSTRACT

In order to study the effects of water deficit stress on reduction of quality traits of *Vigna Radiata* (Parto variety) under iron and manganese nano-chelate foliar application, an experiment was conducted as split - plot management in randomized complete block design with three replications during 2013-2014 in the Research Farm of Agricultural College, Tarbiat Modares University. Experimental treatments in main plots were three levels of Irrigation regime and in subplots were 10 levels of foliar application at withholding irrigation stage. The results showed that water deficit and iron and manganese nano-chelate foliar application were significant for the most of plant traits at 1% probability level. Water deficit stress reduced all of the studied traits except carotenoid pigment content and proline. Also chlorophyll content and carotenoid were increased by foliar application of iron and manganese nano-chelate at both vegetative and reproductive stages. Finally, interaction between two main treatments were significant for the most of the traits at 1% probability level.

**Keywords:** Photosynthetic pigments; Prolin; Pulses; Seed protein content, Micronutrient.

\* Corresponding author E-mail: modaresa@modares.ac.ir

## مقدمه

ماش با نام علمی (*Vigna radiata* L. Wilczek) از گونه‌های خانواده بقولات است. ماش طیف گسترده‌ای از پروتئین (۱۹/۵ تا ۲۸/۵ درصد) داشته و از نظر فسفر و ویتامین‌های A، B<sub>1</sub> و B<sub>2</sub> و تیامین غنی است (Prabhavat, 1988). با توجه به نتایج بررسی‌های انجام شده، کمبود آب سبب تغییرپذیری در صفات ریخت‌شناختی (مورفولوژیک)، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی در گیاهان شده که این تغییرپذیری‌ها بر رشد و عملکرد آن‌ها تأثیر منفی می‌گذارد (Wang et al., 2003). همچنین بررسی‌های چندی نشان می‌دهند که تنش آبی در بیشتر حالت‌ها، جذب عنصرهای غذایی توسط گیاه را محدود می‌سازد، چراکه جذب عنصرهای غذایی و آب قابل دسترس توسط ریشه‌های گیاه وابستگی و ارتباط نزدیکی با یکدیگر دارد. در سامانه‌های خاکی، روابط آبی همه‌فراایندهای فیزیولوژیک را که وابستگی نزدیکی با حلالیت و قابل دسترس بودن عنصرهای غذایی دارند تحت تأثیر قرار می‌دهد (Alam, 1999). آهن گرچه در ساختار سبزینه (کلروفیل) وجود ندارد، ولی در ساخت (سنتز) آن نقش مهمی دارد. این عنصر به‌عنوان عامل اکسایش و کاهش در بخشی از ساختمان ناقلائی که در انتقال الکترون دخالت دارند، مانند سیتوکروم‌ها و پروتئین‌های غیر هم که در نورساخت (فتوسنتز)، تنفس و تثبیت نیتروژن نقش دارند، وجود دارد (Taiz & Zeiger, 2002). منگنز به‌طور غیرمستقیم در تشکیل و ساخت سبزینه نقش دارد، این عنصر از اجزاء تشکیل‌دهنده آنزیم‌های تنفسی است (Saxena et al., 2005). از آنجاکه بسیاری از خاک‌ها به‌ویژه در ایران pH قلیایی دارند و نمی‌توانند عنصرهای مهم ریزمغذی را در خود به‌صورت محلول نگهداری کنند استفاده از ساختارهایی که بتواند این مشکل را حل کند بسیار ضروری است (Whitty & Chambliss, 2005). فناوری نانو کلات توانسته است این معضلات را به‌طور قابل توجهی حل کند (Baghai & Maleki, 2014) (Farahani, 2014) فناوری نانو کلات از روش خودچینی (Self-Assembly) که یکی از روش‌های ساخت نانو مواد به روش پایین به بالا است بهره می‌برد. ساخت در این روش، بهترین راهکار تولید مواد در اندازه نانو و به‌صورت تولید انبوه است (Bozorgi, 2012). بنا بر توصیه برخی از محققان (Ahmadi & Jabbari, 2009; Zuo & Zhang,

2011) شکل (فرم) نانو کلات عنصرهای ریزمغذی کارایی بالاتری نسبت به ترکیب‌های مرسوم دارند، بدین ترتیب می‌توان کمبود آهن و منگنز را با مصرف مستقیم این عنصرها به‌صورت کاربرد خاکی در ناحیه ریشه یا محلول-پاشی آن به شاخ و برگ گیاه جبران کرد (Khoshgophtarmanesh et al., 2012; Ahmadi & Jabari, 2009). نانو کلات آهن و منگنز، با پایه هیدروکربنی ساده بدون پیوند اتیلنی بدون هورمون، با پایداری بالا و رهایش تدریجی این عنصرها در دامنه گسترده pH از ۳ تا ۱۱ می‌تواند یک منبع غنی و مطمئن برای تأمین آهن و منگنز دو ظرفیتی برای گیاه عنوان شود (Baghaei et al., 2012). بررسی‌های (Baghaei et al., 2012) روی زیره سبز نشان داد، در شرایط محدودیت آبیاری، می‌توان با کاربرد ۶ کیلوگرم نانو کود آهن در هکتار، کاهش عملکرد ناشی از افزایش دور آبیاری را جبران کرد (Baghaei et al., 2012).

همچنین گزارش شد که افزایش پودر نانو کلات آهن نسبت به کلات آهن معمولی در افزایش غلظت Fe در گیاه گندم به‌صورت معنی‌داری تأثیر برتری داشت که احتمال دارد به علت ویژگی‌های ذرات نانو بوده باشد. Mazaherinia et al. (2010) در تحقیقات خود چنین نتیجه گرفتند، کاربرد کلات Fe-EDDHA باعث کاهش غلظت روی و منگنز در خوشه (به ترتیب از ۴۶/۶ و ۴۳/۳۱ به ۴۴/۱۸ و ۳۳/۷۶ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک) و ساقه (به ترتیب از ۳۴/۳۵ و ۲۴/۴۳ به ۲۵/۹۷ و ۲۰۳۳/۴۲ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک) و افزایش غلظت آن‌ها در ریشه می‌شود (Mazaherinia et al., 2010). گزارش‌های پراکنده‌ای در مورد تأثیر عنصرهای نانو کلات آهن و منگنز بر صفات کیفی ماش وجود دارد و نتایج بررسی‌های موجود بیانگر واکنش متفاوت گونه‌های مختلف گیاهان به مواد غذایی تهیه‌شده به شکل نانو است (Zhu et al., 2008).

اما بررسی در مورد تأثیر این عنصرها هنگام بروز تنش خشکی و نقش آن‌ها روی عملکرد کیفی گیاه ماش صورت نگرفته است. با توجه به اینکه تأثیر محلول پاشی این عنصرها در شرایط تنش کم آبی روی ماش بررسی نشده است، این تحقیق برای درک جنبه‌های مختلف تأثیر محلول پاشی نانو کلات آهن و منگنز بر کمیت و کیفیت عملکرد ماش تحت تنش کم آبی صورت گرفت.

## مواد و روش‌ها

(نیتروژن، آهن و منگنز) درصد کربن آلی و اسیدیته خاک از عمق ۰ تا ۳۰ و ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری خاک به روش زیگزاگ نمونه‌برداری شد. نتایج آزمایش خاک در جدول ۱، همچنین آمار و اطلاعات هواشناسی منطقه آزمایشی در جدول ۲ نشان داده شده است.

این تحقیق در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس تهران، واقع در کیلومتر ۱۶ اتوبان تهران-کرج با موقعیت طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۴۳ دقیقه شمالی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۸ دقیقه شرقی و ۱۲۱۵ متر ارتفاع از سطح دریا انجام شد. به‌منظور تعیین بافت خاک، میزان عنصرهای کانی

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک

Table 1. Physical and chemical characteristics of the soil

PWP(Wt%)	pH	OM%	OC%	Soil textures	Clay%	Silt%	Sand%	Soil (cm) Depth	Sample
6.78	7.73	2.32	1.34	Sandy loam	9	30	61	0-30	1
6.78	7.70	1.17	0.68	Sandy loam	7	35	68	30-60	2
Field capacity (Wt%)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Mn (ppm)	Fe (ppm)	K (ppm)	P (ppm)	N%	Soil(cm) Depth	Sample
16	0.66	2.06	6.9	4.67	341	48	0.134	0-30	1
16	0.81	3.42	6.4	6.46	314	32	0.068	30-60	2

جدول ۲. میانگین دمای ماهانه، میانگین سرعت باد ماهانه و میزان بارندگی در طی فصل رشد گیاه ماش در سال ۱۳۹۳

Table 2. The average monthly temperature, wind speed and rainfall during the growing season mung bean plant in 2013

September	August	July	June	May	April	March	Month
26.9	30.8	31.7	27.7	21.5	15.9	14.2	Average monthly temperature(°C)
0	0	0	0	7.5	6.4	6	Rainfall (mm)

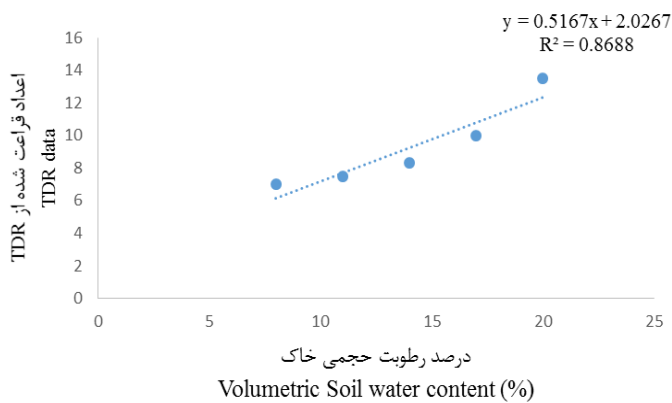
محلول‌پاشی توأم سه در هزار نانو کلات آهن و سه در هزار نانو کلات منگنز (F10) Hamzehpor *et al.* (2010)، در دو مرحله (یک هفته پیش و پس از قطع آبیاری) در نظر گرفته شد و محلول‌پاشی کرت بدون تنش کم‌آبی همزمان با کرت‌های دارای تنش رویشی انجام شد (Maleki Farahani *et al.*, 2015). عملیات آماده‌سازی زمین به‌وسیله شخم، دیسک و با کرت‌بندی انجام شد. در آغاز زمین مورد نظر توسط گاواهن برگردان‌دار در پاییز شخم زده شد و آنگاه به‌منظور خرد کردن کلوخه‌ها و نرم کردن زمین عملیات دیسک‌زنی دوبار و به‌صورت عمود برهم انجام گرفت. در هر تکرار سه کرت اصلی به فاصله ۲ متر از هم و (۳×۱۰=۳۰) کرت فرعی ایجاد شد. هر کرت شامل پنج ردیف کشت به فاصله ۶۰ سانتی‌متر بود. طول هر ردیف ۳ متر و بین هر دو کرت نیز یک ردیف نکاشت (به فاصله ۶۰ سانتی‌متر) در نظر گرفته شد. فاصله بوته‌ها روی ردیف‌های کشت، ۱۰ سانتی‌متر بود. با توجه به آزمایش خاک و غنی بودن خاک مزرعه از فسفر و پتاسیم، نیازی به کودپاشی زمین در زمان تهیه بستر نبود. کود نیتروژنه به میزان ۳۰ کیلوگرم در هکتار به شکل اوره (آغازگر) هنگام کاشت،

آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک-های کامل تصادفی با عامل تنش کم‌آبی در کرت اصلی با سه سطح شامل: بدون قطع آبیاری (S1)، قطع آبیاری در مرحله رویشی (استقرار کامل گیاه، ارتفاع ۱۲-۱۶ سانتی-متری، در آغاز ظهور برگ چهارم) تا هنگامی که ۷۰ درصد ظرفیت زراعی تخلیه شود (S2)، قطع آبیاری در مرحله زایشی (تشکیل نخستین گل روی گیاه، گلدهی) تا هنگامی که ۷۰ درصد ظرفیت زراعی تخلیه شود (S3) (Uddin & Parvin, 2013)، و عامل محلول‌پاشی در کرت فرعی شامل ده سطح محلول‌پاشی به‌صورت: تیمار بدون محلول‌پاشی (F1)، محلول‌پاشی آب خالص (F2)، محلول‌پاشی یک در هزار نانو کلات آهن (F3)، محلول‌پاشی سه در هزار نانو کلات آهن (F4)، محلول‌پاشی یک و نیم در هزار نانو کلات منگنز (F5)، محلول‌پاشی سه در هزار نانو کلات منگنز (F6)، محلول‌پاشی توأم یک در هزار نانو کلات آهن و یک و نیم در هزار نانو کلات منگنز (F7)، محلول‌پاشی توأم یک در هزار نانو کلات آهن و سه در هزار نانو کلات منگنز (F8)، محلول‌پاشی توأم سه در هزار نانو کلات آهن و یک و نیم در هزار نانو کلات منگنز (F9)،

وزنی، درصد رطوبت حجمی (حاصل ضرب درصد رطوبت وزنی در وزن مخصوص ظاهری خاک ۱/۴۱ گرم بر سانتی متر مکعب) اندازه گیری و درصد آب قابل استفاده (D) بر پایه رابطه ۱ (Martin et al., 1990) تعیین و سپس با استفاده از رابطه ۲ درصد تخلیه آب قابل استفاده محاسبه شد.

$$D (\%) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{FCi - \theta_i}{FCi - Wp} \times 100 \quad [1]$$

$$D - 100 = \text{تخلیه آب قابل استفاده } (\%) \quad [2]$$



شکل ۱. منحنی رطوبت خاک به دست آمده از اعداد خوانده شده به وسیله دستگاه TDR و درصد رطوبت حجمی نمونه برداری. محور عمودی چپ اعداد خوانده شده به وسیله دستگاه TDR و محور افقی درصد رطوبت حجمی نمونه به دست آمده توسط اون نشان می دهد. رگرسیون خطی نقاط که با خطوط بریده آبی نشان داده شده است روی دو محور قابل استناد است.

Figure 1. Soil moisture curve from TDR data and soil cumulative moisture content (%). Vertical axis: TDR data, Horizontal axis: Volumetric Soil water content (%) using oven. Blue colored regression line of the three axis is the reference of the graph

که در آن n شمار نمونه خاک گرفته شده از عمق مؤثر توسعه ریشه، رطوبت خاک در ظرفیت مزرعه (پتانسیل رطوبتی معادل ۱۶ درصد وزنی و ۲۲/۵۶ درصد حجمی خوانده شده توسط دستگاه TDR) در نمونه i ام FCi، رطوبت خاک در نمونه i ام  $\theta_i$  و رطوبت خاک در نقطه پژمردگی دائم (پتانسیل رطوبتی معادل ۶/۷۸ درصد وزنی و ۹/۵۶ درصد حجمی خوانده شده توسط دستگاه TDR) Wp است. از مقایسه رطوبت های اندازه گیری شده به وسیله حسگرها با روش نمونه برداری و توزین، اعتبار سنجی صورت

پیش از آبیاری داده شد. مبارزه با علف های هرز نیز به صورت وجین دستی در طول دوره رشد انجام گرفت. در تیمار آبیاری مطلوب (بدون اعمال تنش کم آبی) آبیاری کرت ها به میزان لازم و با توجه به توصیه های موجود مبنی بر وجود دست کم دو مرتبه آبیاری در هفته برای ماش، دور آبیاری سه روز در نظر گرفته شد (Uddin & Parvin, 2013). تیمار تنش کم آبی در دو مرحله تنش، مرحله رشد رویشی، آغاز ظهور برگ چهارم (استقرار کامل گیاه) تا هنگام ظهور نخستین گل روی گیاه ادامه داشت و با ظهور گلدهی این تیمار همزمان با تیمار شاهد آبیاری شد، همچنین تیمار اعمال تنش در مرحله رشد زایشی از آغاز گلدهی تا رسیدگی ۹۵ درصد غلافها اعمال شد (Uddin & Parvin, 2013). میزان پتانسیل رطوبتی خاک با توجه به درصد رطوبت حجمی (اعداد به دست آمده از TDR) در زمان تنش که با دستگاه TDR اندازه گیری شده بود، محاسبه شد. برای واسنجی (کالیبراسیون) دستگاه TDR بدین ترتیب عمل شد که پیش از کار گذاشتن لوله های TDR مزرعه آبیاری شد. این رطوبت سنجها در یک نقطه برای هر کرت، به فاصله های عرضی ۳/۶ متر (با توجه به فاصله کرت ها از یکدیگر) در نظر گرفته شدند. در هر نقطه (رطوبت سنج، در عمق ۲۴ تا ۳۰ سانتی متر، نصب شد. برای نصب رطوبت سنجها در آغاز به وسیله متنه خاک (آگر)، حفره هایی با ابعاد متناسب با اندازه رطوبت سنج در زمین حفر و پس از قرار دادن رطوبت سنجها در عمق های مشخص، نسبت به پر کردن و متراکم کردن خاک حفره ها تا دستیابی به تراکم زمین در حالت اولیه اقدام شد. در این مرحله، برای ارزیابی دقت حسگرها، اقدام به نمونه برداری از خاک و تعیین رطوبت آن شد. این آزمایش در خاکی با بافت لومی شنی انجام گرفت. همزمان با داده برداری از رطوبت خاک با استفاده از TDR اقدام به ثبت داده ها (هر ۲۴ ساعت یکبار به مدت ۱۵ روز) شد. نمونه خاک از عمق معادل طول میله (۲۴ تا ۳۰ سانتی متر) هر یک از حسگرها با استفاده از متنه خاک صورت گرفت و میزان رطوبت با روش توزین اندازه گیری شد. این کار با ۱۵ نوبت داده برداری ادامه یافت. چگالی ظاهری هر یک از نمونه های خاک، پس از پایان این مرحله هر یک با سه تکرار از روش sand bottle و در همان عمق اندازه گیری شد تا برای تبدیل رطوبت وزنی به رطوبت حجمی استفاده شود. در آزمایشگاه میزان رطوبت

کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شدند. همچنین رسم شکل‌ها با کمک نرم‌افزار Excel انجام شد. در ضمن با توجه به معنی‌دار شدن اثر متقابل تنش کم‌آبی در محلول-پاشی، برش‌دهی اثر متقابل در هر یک از سطوح کم‌آبی با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.2 صورت گرفت و مقایسه میانگین سطوح محلول‌پاشی و رتبه‌بندی آن‌ها در هر سطح کم‌آبی به‌طور مجزا انجام شد (Soltani, 2007).

### نتایج و بحث

نتایج به‌دست‌آمده از جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد، به‌جز منگنز دانه همه صفات مورد بررسی تحت تأثیر اثر متقابل تنش کم‌آبی در محلول‌پاشی قرار گرفتند (جدول ۳). با توجه به اینکه اثر متقابل برای صفات مورد بررسی معنی‌دار بود از مقایسه میانگین اثر اصلی خودداری شد و مقایسه اثر متقابل به‌صورت جدول بررسی و بحث شد.

نتایج به‌دست‌آمده از مقایسه میانگین‌های اثر متقابل تنش کم‌آبی در محلول‌پاشی نشان داد، کمترین میزان پروتئین دانه (۲۳/۱۵٪) در شرایط بدون اعمال تنش و محلول‌پاشی توأم سه در هزار نانو کلات آهن و سه در هزار نانو کلات منگنز و بیشترین میزان پروتئین دانه (۲۹/۵۴٪) نیز در شرایط اعمال تنش کم‌آبی در مرحله رشد زایشی و محلول‌پاشی توأم یک در هزار نانو کلات آهن و سه در هزار نانو کلات منگنز مشاهده شد (جدول ۶). محلول‌پاشی توأم نانو کلات آهن و منگنز می‌تواند اثرگذاری زیانبار ناشی از تنش کم‌آبی را بر میزان پروتئین دانه تعدیل کند. افزایش پروتئین دانه با کاربرد عنصرهای آهن، روی و منگنز توسط برخی محققان گزارش شده است (Patel et al., 1993; Navaei & Malakouti, 2002). نتایج جدول همبستگی نیز نشان‌دهنده همبستگی مثبت و معنی‌دار آن با میزان آهن ( $r = -0.39^*$ ) است (جدول ۷). جدول (۶) نشان می‌دهد، تنش کم‌آبی باعث کاهش غلظت سبزینه a، b و + b شد. واکنش رنگی‌های نورساختی به اثر متقابل تنش کم‌آبی و محلول‌پاشی متفاوت بود. به‌طوری‌که سبزینه a در تیمارهای بدون اعمال تنش و محلول‌پاشی سه در هزار نانو کلات آهن با میانگین ۱/۰۹۶۷۷ میکرو مول بر میلی‌لیتر و نیز بدون اعمال تنش و محلول‌پاشی توأم سه در هزار نانو کلات آهن و سه در هزار نانو کلات منگنز با میانگین

گرفت (Vanclouster et al., 1994). همچنین محلول‌پاشی نانو کلات آهن و منگنز نیز به دلیل پرهیز از تأثیر سمیت احتمالی غلظت بالای آن‌ها در دو نوبت به فاصله دو هفته از هم (پیش و پس از اعمال تنش در هر مرحله رشد رویشی و رشد زایشی) انجام شد. با این غلظت هیچ‌گونه نشانه‌ای از سمیت آهن و منگنز در گیاه مشاهده نشد. نانو کلات آهن و منگنز حلالیت بسیار بالایی در آب دارند و به‌آسانی از برگ‌ها جذب می‌شود. برای محلول‌پاشی از سم‌پاش بادی پشتی با فشار دائم به حجم ۱۲ لیتر استفاده شد. نوع نازل سم‌پاش از نوع ماریچی با طرح پاشش مخروط توپر و میزان پاشش ۰/۱ لیتر در مترمربع (۱۰۰۰ لیتر در هکتار) بود. پس از اعمال تیمارهای مورد نظر نمونه‌برداری از آخرین برگ توسعه‌یافته سه برگچه‌ای، برای تجزیه‌های بیوشیمیایی استفاده شد. بدین منظور نمونه‌های برگ بی‌درنگ پس از برداشت به‌وسیله نیتروژن مایع فریزر و برای تجزیه‌های بعدی در دمای ۸۰- درجه سلسیوس نگهداری شدند. همچنین در پایان دوره رشد از هر کرت شمار پنج بوته به‌صورت تصادفی و با در نظر گرفتن اثر حاشیه و به‌هنگام رسیدن فیزیولوژیک دانه برای محاسبه درصد نیتروژن و پروتئین دانه برداشت شد.

### تجزیه‌های بیوشیمیایی

برای اندازه‌گیری پروتئین محتوای بافت برگ، از روش (Bates et al., 1973)، برای سنجش غلظت سبزینه و کاروتنوئید از روش (Arnon, 1949) و برای اندازه‌گیری میزان آهن و منگنز دانه‌ها از دستگاه جذب اتمی مدل (Perkin-Elmer 3030) استفاده شد. برای تعیین درصد پروتئین دانه، در آغاز با روش اندوفنل آبی (Novozamsky et al., 1974) میزان نیتروژن موجود در بذر با دستگاه طیف‌سنج نوری (اسپکتروفتومتر، مدل GBC-Cintra 6، ساخت کشور Australia) اندازه‌گیری شد. آنگاه میزان پروتئین با ضرب میزان نیتروژن در عدد ۶/۲۵ محاسبه شد- (Novozamsky et al., 1974).

### تجزیه آماری

تجزیه واریانس داده‌ها با نرم‌افزار SAS V9.2 (SAS Institute, 2009) و دستور ANOVA به‌صورت مدل آزمایش کرت‌های خردشده (اسپلیت پلات) در قالب طرح بلوک‌های

و کمترین میزان آن در تیمار تنش در مرحله رشد رویشی و بدون اعمال محلول پاشی با میانگین  $0.73618$  میکرو مول بر میلی لیتر بود (جدول ۶). با توجه به جدول همبستگی صفات (جدول ۷) مشاهده می شود که سبزینه کل بالاترین همبستگی را با سبزینه a و b دارد. محققان در بررسی کاهش ۲۰ تا ۳۰ درصدی سبزینه در رقم های سورگوم در نتیجه کمبود آب را گزارش کردند (Jagtap *et al.*, 1998). میزان سبزینه با رفع تنش در فاصله بین دو دوره تنش در اثر افزایش دوباره نورساخت در برگ ها جبران شد و حتی گاهی بیشتر از تیمارهای بدون تنش شد. بر پایه نظر مارشسز آهن و منگنز جزء ترکیب های ساختمانی سبزینه بوده و کمبود آن ها باعث کاهش میزان ساخت سبزینه می شود (Marschner, 1995).

$1/0.9055$  میکرو مول بر میلی لیتر بیشترین و تیمار بدون محلول پاشی و اعمال تنش در مرحله رشد رویشی با میانگین  $0.39561$  میکرو مول بر میلی لیتر کمترین میزان را داشته اند (جدول ۶). نتایج نشان داد، بیشترین میزان سبزینه b نیز در تیمار بدون اعمال تنش و محلول پاشی توأم یک در هزار نانو کلات آهن و یک و نیم در هزار نانو کلات منگنز با میانگین  $0.73031$  میکرو مول بر میلی لیتر و کمترین میزان آن در تیمار تنش در مرحله رشد رویشی و بدون اعمال محلول پاشی با میانگین  $0.34057$  میکرو مول بر میلی لیتر بود (جدول ۶). همچنین بیشترین میزان سبزینه کل نیز در تیمار بدون اعمال تنش و محلول پاشی توأم یک در هزار نانو کلات آهن و یک و نیم در هزار نانو کلات منگنز با میانگین  $1/79811$  میکرو مول بر میلی لیتر

جدول ۳. تجزیه واریانس میانگین مربعات اثر تنش کم آبی و محلول پاشی برای شماری از صفات کیفی ماش  
Table 3. Analysis of variance Mean Squares for the effects of Water deficit and foliar application on some qualitative traits of the mung bean

Total chlorophyll	Chlorophyll b	Chlorophyll a	Seed Protein (%)	Seed N (%)	df	S.O.V.
0.0018	0.00073	0.00083	0.453	0.011	2	Replication
2.60**	0.282**	1.249**	0.608	0.15	2	Water deficit stress
0.0017	0.0019	0.00013	0.146	0.003	4	Replication × Water deficit stress
0.2236**	0.0148**	0.130**	40.036**	1.024**	9	Foliar application
0.0285**	0.0037**	0.022**	0.0876**	0.022**	18	Water deficit stress × Foliar application
0.0010	0.00084	0.0001	0.344	0.008	54	Error
2.71	6.39	1.39	2.17	2.17		C.V. (%)
Mn	Fe	Prolin	Carotenoids	df	S.O.V.	
0.180	3.5372	0.9007	0.0085	2	Replication	
143.56**	989.89**	363.02**	31.11**	2	Water deficit stress	
1.007	14.42	0.3317	0.0267	4	Replication × Water deficit stress	
9.166**	280.809**	29.97**	0.360**	9	Foliar application	
0.5064	39.52**	7.88**	0.1316**	18	Water deficit stress × Foliar application	
0.4042	13.41	0.142	0.0176	54	Error	
4.52	5.13	6.07	6.17		C.V. (%)	

No symptoms, \*and \*\*: Significant at  $\alpha=0.05$  and  $\alpha=0.01$ , respectively.

جدول ۴. برش دهی اثر متقابل مجموع مربعات سطوح محلول پاشی در هر سطح اعمال تنش کم آبی برای صفات مورد بررسی

Table 4. Analysis of variance for slicing the effect of foliar application in different level of Water deficit on some qualitative traits of the mung bean

Mean Squares					df	Levels water deficit stress
Total chlorophyll	Chlorophyll b	Chlorophyll a	Seed Protein (%)	Seed N (%)		
0.107**	0.13**	0.59**	17.983**	0.460**	9	S1
0.47**	0.2**	0.33**	11.106**	0.292**	9	S2
0.126**	0.6*	0.82**	12.392**	0.317**	9	S3
Mn	Fe	Prolin	Carotenoids	df	Levels water deficit stress	
4.176**	110.137**	0.186**	0.58**	9	S1	
3.95**	149.373**	31.683**	0.276**	9	S2	
2.908**	100.341*	13.868**	0.288**	9	S3	

No symptoms, \*and \*\*: Significant at  $\alpha=0.05$  and  $\alpha=0.01$ , respectively.

جدول ۵. مقایسه میانگین اثر اصلی تنش کم آبی و محلول پاشی برای صفت منگنز دانه

Table 6. mean comparison effects of Water deficit and foliar application for seed manganese content

Mn (mg.Kg)	Treatment
16.41 <sup>a</sup>	S1
13.59 <sup>b</sup>	S2
12.10 <sup>c</sup>	S3
0.7197	LSD (0.05)
12.09 <sup>e</sup>	F1
13.52 <sup>d</sup>	F2
14.83 <sup>ab</sup>	F3
13.96 <sup>cd</sup>	F4
14.23 <sup>bc</sup>	F5
14.8 <sup>ab</sup>	F6
14.8 <sup>ab</sup>	F7
14.86 <sup>a</sup>	F8
14.67 <sup>ab</sup>	F9
12.55 <sup>e</sup>	F10
0.6009	LSD (0.05)

Similar letters in each column and each level water deficit indicate no significant difference according to LSD 5% Test

همان طور که در این آزمایش نیز مشاهده شد، ترکیب‌های اسمزی مانند پرولین در تیمار تلفیقی عنصرهای نانو کلات آهن و منگنز در مقایسه با تیمار منفرد آن‌ها، افزایش بیشتری داشتند.

نتایج به دست آمده از بررسی جدول (۷) نشان داد، بین میزان منگنز دانه با غلظت پرولین برگ همبستگی منفی و معنی داری ( $r = -0.68^{**}$ ) وجود دارد. نتایج نشان داد، بیشترین میزان آهن دانه در تیمار بدون اعمال تنش و محلول پاشی یک در هزار نانو کلات آهن (۸۰/۶۱ میلی گرم بر کیلوگرم) و کمترین میزان آن در تیمار اعمال تنش در مرحله رشد زایشی و بدون اعمال محلول پاشی (۵۲/۸۱ میلی گرم بر کیلوگرم) بود (جدول ۶). نتایج این بررسی با (Jabbari *et al.*, 2014) در مورد محلول پاشی آهن همخوانی داشت. با توجه به همبستگی مثبت و معنی دار بین میزان آهن و منگنز دانه ( $r = 0.74^{**}$ )، در این آزمایش مشاهده شد که وجود منگنز باعث انتقال و ذخیره آهن در بذر شد (جدول ۷). تنش در دوره رشد زایشی (۲۶/۲۳٪) بیشتر از تنش در دوره رشد زایشی (۱۷/۱۹٪) باعث کاهش غلظت منگنز در دانه نسبت به شاهد آبیاری شد (جدول ۵). بر پایه نظر برخی پژوهشگران تنش خشکی در مرحله زایشی انتقال عنصرهای آهن و منگنز را به دانه محدود می کند (Heidari & Jahantighi, 2013). نتایج

بیشترین میزان کاروتنوئید نیز در تیمار اعمال تنش در مرحله رشد رویشی و محلول پاشی توأم یک در هزار نانو کلات آهن و یک و نیم در هزار نانو کلات منگنز (۳/۵۴۵۲۲ میکرو مول بر میلی لیتر) و کمترین میزان در تیمارهای بدون اعمال تنش و بدون محلول پاشی (۰/۷۹۰۴۸ میکرو مول بر میلی لیتر) و محلول پاشی آب خالص (۰/۸۲۳۴۴ میکرو مول بر میلی لیتر) مشاهده شد (جدول ۶). محققان در نتایج بررسی‌های خود گزارش کرده‌اند، در اوایل دوران رشد رویشی گیاه به دلیل سازوکار دفاع محافظت نوری، کاهش معنی داری در میزان کاروتنوئیدها مشاهده نشد، اما در اواخر دوران رشد رویشی دفاع محافظت نوری از بین رفته و میزان کاروتنوئیدها به شدت کاهش می یابد (Munne-Bosch & Penuelas, 2003). با توجه به نتایج جدول (۶) بیشترین میزان پرولین در تیمار اعمال تنش در مرحله رشد رویشی و بدون اعمال محلول پاشی (۱۵/۱ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) و کمترین میزان این صفت در تیمار بدون اعمال تنش و محلول پاشی توأم یک در هزار نانو کلات آهن و سه در هزار نانو کلات منگنز (۲/۱ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) مشاهده شد. گزارش شده است که تیمارهای محلول پاشی آهن+روی+منگنز تأثیر معنی داری بر ساخت و تجمع پرولین در آفتابگردان داشت (Jabbari *et al.*, 2014).

به دست آمده از جدول (۶) نشان داد، محلول پاشی توأم یک منجر به افزایش این عنصر به میزان (۲۲/۸۶٪) نسبت به در هزار نانو کلات آهن و سه در هزار نانو کلات منگنز تیمار بدون محلول پاشی شد.

جدول ۶. بردهی مقایسه میانگین تأثیر محلول پاشی در هر سطح تنش کم آبی برای شماری از صفات کیفی ماش

Table 6. Slicing mean comparison effect of foliar application in the each level of Water deficit for some qualitative traits of the mungbean

Fe (mg.kg)	Prolin (mg.g fresh weight)	Carotenoids (µm.ml)	Total chlorophyll (µm.ml)	Chlorophyll b (µm.ml)	Chlorophyll a (µm.ml)	Seed Protein (%)	Seed N (%)	treatment	
								Foliar application	Water deficit
59.357 <sup>d</sup>	2.8333 <sup>a</sup>	0.79049 <sup>e</sup>	1.24249 <sup>g</sup>	0.495 <sup>f</sup>	0.746 <sup>f</sup>	23.75 <sup>d</sup>	3.80 <sup>de</sup>	F1	S1
76.48 <sup>b</sup>	2.6333 <sup>ab</sup>	0.82345 <sup>e</sup>	1.31921 <sup>f</sup>	0.514 <sup>ef</sup>	0.804 <sup>e</sup>	24.03 <sup>d</sup>	3.84 <sup>d</sup>	F2	
80.617 <sup>a</sup>	2.1667 <sup>c</sup>	1.04998 <sup>b</sup>	1.44075 <sup>d</sup>	0.554 <sup>dc</sup>	0.886 <sup>c</sup>	26.73 <sup>bc</sup>	4.27 <sup>bc</sup>	F3	
78.447 <sup>ab</sup>	2.300 <sup>cb</sup>	1.06324 <sup>b</sup>	1.64075 <sup>c</sup>	0.543 <sup>cd</sup>	1.096 <sup>a</sup>	26.0 <sup>c</sup>	4.16 <sup>c</sup>	F4	
76.277 <sup>b</sup>	2.400 <sup>cb</sup>	0.9347 <sup>d</sup>	1.35174 <sup>ef</sup>	0.523 <sup>cd</sup>	0.827 <sup>de</sup>	27.30 <sup>b</sup>	4.36 <sup>b</sup>	F5	
77.67 <sup>ab</sup>	2.5667 <sup>ab</sup>	0.97456 <sup>e</sup>	1.39072 <sup>e</sup>	0.538 <sup>cd</sup>	0.852 <sup>d</sup>	28.71 <sup>a</sup>	4.59 <sup>a</sup>	F6	
78.13 <sup>ab</sup>	2.1667 <sup>c</sup>	0.93332 <sup>d</sup>	1.79812 <sup>a</sup>	0.730 <sup>a</sup>	1.067 <sup>b</sup>	29.15 <sup>a</sup>	4.66 <sup>a</sup>	F7	
77.53 <sup>b</sup>	2.100 <sup>c</sup>	1.19479 <sup>a</sup>	1.6164 <sup>c</sup>	0.545 <sup>cd</sup>	1.070 <sup>b</sup>	29.41 <sup>a</sup>	4.70 <sup>a</sup>	F8	
77.597 <sup>b</sup>	2.5767 <sup>ab</sup>	0.94832 <sup>cd</sup>	1.6584 <sup>bc</sup>	0.577 <sup>bc</sup>	1.080 <sup>ab</sup>	29.40 <sup>a</sup>	4.70 <sup>a</sup>	F9	
71.847 <sup>c</sup>	2.1767 <sup>c</sup>	1.20979 <sup>a</sup>	1.7004 <sup>b</sup>	0.609 <sup>b</sup>	1.090 <sup>ab</sup>	23.15 <sup>e</sup>	3.70 <sup>e</sup>	F10	
2.969	0.3336	0.0392	0.0492	0.0325	0.0251	0.8145	0.1303		LSD (0.05)
58.33 <sup>c</sup>	15.10 <sup>a</sup>	2.62 <sup>c</sup>	0.73 <sup>g</sup>	0.340 <sup>d</sup>	0.395 <sup>j</sup>	24.12 <sup>f</sup>	3.86 <sup>f</sup>	F1	S2
77.29 <sup>ab</sup>	13.83 <sup>b</sup>	2.65 <sup>c</sup>	0.83 <sup>fe</sup>	0.371 <sup>c</sup>	0.462 <sup>h</sup>	25.11 <sup>e</sup>	4.01 <sup>e</sup>	F2	
73.83 <sup>cb</sup>	9.60 <sup>c</sup>	2.86 <sup>cb</sup>	1.09 <sup>a</sup>	0.386 <sup>cb</sup>	0.712 <sup>a</sup>	26.26 <sup>d</sup>	4.20 <sup>d</sup>	F3	
79.38 <sup>a</sup>	8.00 <sup>d</sup>	3.16 <sup>ab</sup>	0.94 <sup>c</sup>	0.386 <sup>cb</sup>	0.562 <sup>e</sup>	26.01 <sup>d</sup>	4.16 <sup>d</sup>	F4	
78.09 <sup>ab</sup>	8.23 <sup>d</sup>	2.70 <sup>c</sup>	0.80 <sup>f</sup>	0.358 <sup>cd</sup>	0.443 <sup>i</sup>	27.53 <sup>c</sup>	4.40 <sup>c</sup>	F5	
77.29 <sup>ab</sup>	9.86 <sup>c</sup>	2.67 <sup>c</sup>	0.86 <sup>de</sup>	0.361 <sup>cd</sup>	0.498 <sup>f</sup>	28.56 <sup>b</sup>	4.57 <sup>b</sup>	F6	
79.09 <sup>a</sup>	5.83 <sup>e</sup>	3.54 <sup>a</sup>	1.00 <sup>b</sup>	0.417 <sup>a</sup>	0.587 <sup>d</sup>	28.45 <sup>b</sup>	4.55 <sup>b</sup>	F7	
70.38 <sup>c</sup>	5.53 <sup>e</sup>	2.84 <sup>cb</sup>	1.10 <sup>b</sup>	0.406 <sup>ab</sup>	0.693 <sup>b</sup>	29.50 <sup>a</sup>	4.72 <sup>a</sup>	F8	
78.21 <sup>ab</sup>	10.01 <sup>c</sup>	3.19 <sup>ab</sup>	1.02 <sup>b</sup>	0.426 <sup>a</sup>	0.602 <sup>c</sup>	29.51 <sup>a</sup>	4.72 <sup>a</sup>	F9	
65.10 <sup>d</sup>	5.98 <sup>e</sup>	2.72 <sup>c</sup>	0.88 <sup>d</sup>	0.405 <sup>ab</sup>	0.483 <sup>g</sup>	25.13 <sup>e</sup>	4.02 <sup>e</sup>	F10	
4.4911	0.9058	0.3812	0.0352	0.0294	0.0134	0.7464	0.1194		LSD (0.05)
52.82 <sup>b</sup>	11.53 <sup>a</sup>	2.23 <sup>g</sup>	0.86 <sup>f</sup>	0.360 <sup>d</sup>	0.504 <sup>i</sup>	23.81 <sup>d</sup>	3.81 <sup>d</sup>	F1	S3
68.07 <sup>a</sup>	9.77 <sup>b</sup>	2.38 <sup>fed</sup>	0.96 <sup>e</sup>	0.373 <sup>cd</sup>	0.593 <sup>h</sup>	24.63 <sup>cd</sup>	3.94 <sup>cd</sup>	F2	
66.85 <sup>a</sup>	5.37 <sup>e</sup>	2.76 <sup>c</sup>	1.13 <sup>d</sup>	0.386 <sup>cb</sup>	0.746 <sup>c</sup>	25.76 <sup>c</sup>	4.12 <sup>c</sup>	F3	
55.31 <sup>b</sup>	6.07 <sup>d</sup>	2.69 <sup>c</sup>	1.08 <sup>d</sup>	0.377 <sup>cd</sup>	0.705 <sup>f</sup>	27.15 <sup>b</sup>	4.34 <sup>b</sup>	F4	
69.36 <sup>a</sup>	6.97 <sup>c</sup>	2.31 <sup>fg</sup>	1.07 <sup>d</sup>	0.386 <sup>cb</sup>	0.694 <sup>f</sup>	27.13 <sup>b</sup>	4.34 <sup>b</sup>	F5	
66.55 <sup>a</sup>	6.93 <sup>c</sup>	2.41 <sup>de</sup>	1.07 <sup>d</sup>	0.426 <sup>ab</sup>	0.648 <sup>g</sup>	28.79 <sup>a</sup>	4.60 <sup>a</sup>	F6	
66.89 <sup>a</sup>	5.10 <sup>e</sup>	2.99 <sup>b</sup>	1.43 <sup>b</sup>	0.43 <sup>cd</sup>	1.007 <sup>b</sup>	29.05 <sup>a</sup>	4.64 <sup>a</sup>	F7	
66.91 <sup>a</sup>	4.50 <sup>f</sup>	3.13 <sup>a</sup>	1.25 <sup>c</sup>	0.452 <sup>ab</sup>	0.802 <sup>d</sup>	28.77 <sup>a</sup>	4.60 <sup>a</sup>	F8	
69.25 <sup>a</sup>	7.09 <sup>c</sup>	2.33 <sup>ce</sup>	1.53 <sup>a</sup>	0.510 <sup>a</sup>	1.021 <sup>a</sup>	29.54 <sup>a</sup>	4.72 <sup>a</sup>	F9	
65.07 <sup>a</sup>	7.05 <sup>c</sup>	2.43 <sup>d</sup>	1.26 <sup>c</sup>	0.446 <sup>cab</sup>	0.816 <sup>c</sup>	25.33 <sup>e</sup>	4.05 <sup>c</sup>	F10	
9.456	0.5687	0.0956	0.0759	0.0745	0.0124	1.3491	0.2159		LSD (0.05)

Similar letters in each column and each level water deficit indicate no significant difference according to LSD 5% Test

جدول ۷. ضریب‌های همبستگی بین شماری از صفات کیفی گیاه ماش

Table 5. The correlation coefficient between the some of quality traits in mungbean

(۹)	(۸)	(۷)	(۶)	(۵)	(۴)	(۳)	(۲)	(۱)	صفات مورد بررسی
								1	میزان نیتروژن دانه (۱)
							1	1**	میزان پروتئین دانه (۲)
						1	0.28	0.28	سزینه a (۳)
					1	0.83**	0.19	0.19	سزینه b (۴)
				1	0.91**	0.98**	0.26	0.15	سزینه کل (۵)
			1	-0.68**	-0.77**	-0.61**	0.15	0.15	کلروتونید (۶)
		1	0.65**	-0.80**	-0.77**	-0.78**	-0.22	-0.22	پرولین (۷)
	1	-0.31	-0.21	0.31	0.40	0.26	0.39	0.39	میزان آهن دانه (۸)
1	0.74**	-0.68**	-0.66**	0.63**	0.73**	0.56**	0.35	0.35	میزان منگنز دانه (۹)

بدون علامت، \* و \*\*: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد و ۵ درصد

No symptoms, \*and \*\*: Significant at  $\alpha=0.05$  and  $\alpha=0.01$ , respectively.

می‌آیند که کمبود آن‌ها موجب زردی برگ و تغییر غلظت و محتوای دیگر عنصرهای فلزی در بافت‌های گیاهی می-

### نتیجه‌گیری کلی

آهن و منگنز از عنصرهای بسیار مهم برای گیاهان به شمار



مرحله رشد رویشی و زایشی شده است. از این رو می‌توان پیشنهاد کرد که مصرف این عنصرها عاملی برای رفع و یا کاهش تنش و به دنبال آن افزایش بازده تولید در گیاهان - باشد.

شود. نتایج به دست آمده از این پژوهش نشان داد، افزایش جذب آهن و منگنز به ویژه در تیمارهای توأم نانو کلات آهن و منگنز منجر به افزایش میزان رنگیزه‌های نورساختی، نیتروژن و پروتئین دانه مواد پاداکننده (آنتی‌اکسیدان) و افزایش مقاومت گیاه در سطوح اعمال تنش کم‌آبی در

## REFERENCES

- Ahmadi, A. & Jabbari, F. (2009). Introduction to Plant Physiology. *Tehran University Press*. First Volume. pp.163-158. [in Farsi]
- Alam, S. M. (1999). Nutrient uptake by plants under stress conditions. *In Handbook of Plant and Crop Stress*. pp285-314.
- Arnon, D. I. (1949). Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*. 24(1), pp1-150.
- Babaeian, M., Heidari, M. & Ghanbari, A. (2010). Effect of water stress and foliar micronutrient application on physiological charactersitics and nutrient uptake in sunflower (*Helianthus annus L.*). *Iranian Journal of Crop Sciences*. 12 (4), pp377-391. [in Farsi]
- Baghai, N. & Maleki Farahani, S. (2014). Comparison of Nano and micro Chelated iron fertilizers on quantitative yield and assimilates allocation of saffron (*Crocus sativus L.*). *Journal of Saffron Research*. 1(2), pp156-169.
- Baghai, N., Keshavarz, N., AminiDehaghani, M. & Nazaran, M. .H. (2012). Effect of Nano iron chelate fertilizer on yield and yield components of Cumin (*Cuminum cyminum*) under different irrigation intervals. *National congress on Medicinal plants*. Kish Island. Iran. [in Farsi]
- Bates, L. S., Waldern, R. P. & Teave, I. D. (1973). Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant and Soil*. 39, pp205-207.
- Bozorgi, H. R. (2012). Effects of foliar spraying with marine plant *Ascophyllum nodosum* extract and nano iron chelate fertilizer on fruit yield and several attributes of eggplant (*Solanum melongena L.*). *ARPJ Journal of Agricultural and Biological Science*. 7(5), pp357-362.
- Hamzeshpour, N., Malakuti, M. J. & Majidi, A. (2010). Interaction of zinc, iron and manganese in different organs of wheat. *J. Soil Reserch.*, 1, PP125-135.
- Heidari, M. & Jahantighi, H. (2013). Evaluate Effect of Water Stress and Different Amounts of Nitrogen Fertilizer on Seed Quality of Black Cumin (*Nigella sativa L.*). *Iranian Journal of Field Crops Research*. 11 (4), pp640-647. [in Farsi]
- Jabbari, H., Akbari, A., Khosh kholgh Sima, N., Alahdadi, I., Shirani rad, A., Tabatabaee, S. & Hamed, S. (2014). Comparison of antioxidant enzymes and proline roles in drought tolerance of rapeseed (*Brassica napus L.*). *Journal of Oil Plant Production*. 3 (1), pp15-31. [in Farsi]
- Jagtap, V. S., Bhargava, P. & Feierabend, J. (1998). Comparative effect of water, heat and light stresses on photosynthetic reaction in *Sorghum. bicolor Moench*. *Journal of Experimental Botany*. 327, pp1715-1721.
- Khoshgophtarmanesh, A., Razizadeh, E., Eshghizadeh, H., Sharifi, H., Savaghebi, G., Afyooni, D., T. & adayon Nejad, M. (2012). Comparison of spring wheat varieties in response to iron fertilization in a calcareous soil. *J. Agriculture Natural Resours. Science Technology*. 55, pp99-107. [in Farsi]
- Maleki Farahani, S., Khalesi, A. & Sharghi, Y. (2015). Effect of Nano Iron Chelate Fertilizer on Iron Absorption and Saffron (*Crocus sativus L.*) Quantitative and Qualitative Characteristics. *Asian Journal of Biological Sciences*, 8, pp72-82.
- Marschner, H. (1995). Mineral nutrition of higher plants. 2nd ed. *Academic Press*. pp 889.
- Martin, D. L., Stegman, E. C. & Fereres, E. (1990). Irrigation scheduling principles. IN: Management of Farm Irrigation Systems. *American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI. 1990*. pp 155-203, 19 fig, 9 tab, 81 ref.
- Mazaherinia, M., Astarai, A. R., Fotovat, A. & Monshi, A. (2010). Effect of Nano iron oxide particles and on Fe, Mn, Zn, Cu concentrations in wheat plant. *World Applied Sciences Journal*. 7(1), pp156-162.
- Munne-Bosch S. & Penuelas, J. (2003). Photo and antioxidant protection during summer leaf senescence in *Pistacia lentiscus L.* grown under Mediterranean field conditions. *Annals of Botany*. 92, pp385-391.
- Navaei, F. and M. J. Malakouti. (2002). Study of effect of balance nourishment of elements on quantitative and quality of corn. *Journal of Soil and Water* 16, pp161-168. (In Farsi).
- Novozamsky, I., van Eck, R., van Schouwenburg, J. Ch. & Walinga, I. (1974). Total nitrogen determination in plant material by means of the indophenol blue method. *Netherlands Journal of Agricultural Science*. 22, pp3-5.

21. Patel, M. S., Sutar, D. M. and Kanizaria, M. V. (1993). Effect of foliar application of iron and sulfur in curing chlorosis in groundnut. *Journal of the Indian Society of Soil Science* 41, pp103-105.
22. Prabhavat, S. (1988). Mung bean utilization in Thailand. In: S. Shanmugasundaram (ed). *Second International Mung bean Symposium Proceedings. AVRDC, Shanhua, Tainan, Taiwan*. pp505-519.
23. SAS Institute. (2009). *SAS user's guide: statistics* (Vol. 2). Sas Inst.
24. Soltani, A. (2007). Application of SAS in statistical analysis. *Jehad-e-Daneshgahi Mashhad Press* (2th Ed.). pp182. [in Farsi]
25. Taiz, L. & Zeiger, E. (2002). Plant Physiology, 3rd. edition. Sinauer Associates, Inc., Publishers. *Sunderland, Massachusetts. USA*. pp430.
26. Uddin, S. & Parvin, S. (2013). Yield Performance of Mungbean (*Vigna radiata* L.) as Influenced by Irrigation. *International Journal of Agronomy and Plant Production*. 4 (1), pp3659-3667.
27. Vanclouster, M., Gonzalez, C., Vanderborgh, J., Mallants, D. & Diels, J. (1994). An indirect calibration procedure for using TDR in solute transport studies. *Soil Science Society of American Journal*. 3, pp107-127.
28. Wang, W., Vinocur, B. & Altman, A. (2003). Plant responses to drought, salinity and extreme temperatures. Towards genetic engineering for stress tolerance. *Planta*. 218, pp1-14.
29. Whitty, E. N. & Chambliss, C. G. (2005). Fertilization of Field and Forage Crops. *Nevada State University Publication*. pp 21.
30. Zayed, B. A., Salem, A. K. M., & El-Sharkawy, H. M. (2011). Effect of Different Micronutrient Treatments on Rice (*Oriza sativa* L.) Growth and Yield under Saline Soil Conditions. *World Journal of Agricultural Sciences* 7, pp179-184.
31. Zhu, H., Han, J., Xiao, J. Q. & Jin, Y. (2008). Uptake, translocation and accumulation of manufactured iron oxide nanoparticles by pumpkin plants. *Journal of Environmental Monitoring*, 10, pp713-717.
32. Zuo, Y. & Zhang, F. (2011). Soil and crop management strategies to prevent iron deficiency in crops. *J. Plant Soil*. 339, pp83-93.