اثر ریزمغذی آهن بر صفات زراعی در اکوتیپ‌های مختلف شنبلیله

Evaluation of (Fe) micronutrient on agronomic traits in different ecotypes of fenu greek

معصومه محمدیان فر[۱*]، قاسم محمدی نژاد[۲]، سید محمد علی وکیلی شهربابکی.[۳]

۱- گروه فیزیولوژی گیاهان دارویی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد جیرفت. جیرفت، کرمان- ایران.
۲-گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان- ایران.
۳-گروه علوم پایه، دانشکده علوم پایه جیرفت، دانشگاه آزاد اسلامی جیرفت، جیرفت، کرمان- ایران.

* **نویسنده مسوول مکاتبات:**microziziphora@gmail.com

تاریخ دریافت: ۹۶/۳/۱۶ تاریخ پذیرش: ۹۶/۸/۲۰

چکیده

گیاه دارویی شنبلیله (*Trigonella foenum-graceum* L) از خانواده بقولات با ویژگی‌های مطلوبی از جمله توان تثبیت نیتروژن مولکولی به‌صورت همزیستی است. به‌منظور بررسی عکس‌العمل شش اکوتیپ مختلف شنبلیله به محلول‌پاشی آهن، طرحی یک بار خرد شده (اسپلیت پلات) در قالب بلوک کامل تصادفی، با سه تکرار در بهمن ماه سال زراعی۹۲-۱۳۹۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد جیرفت واقع در ۲۵ کیلومتری جاده جیرفت عنبرآباد اجرا شد. عامل اصلی اثر ریزمغذی آهن به‌صورت محلول‌پاشی با EDTA در سه سطح شاهد، دو در هزار و چهار در هزار (باتوجه به نتایج آزمایش خاک مزرعه) در نظر گرفته شد و عامل فرعی شامل شش اکوتیپ شنبلیله با نام‌های (اصفهان، مازندران، ایلام، کردستان، کرمان، دنا) بود. نتایج تجزیه واریانس نشان دادکه اکوتیپ‌ها بر تمامی صفات در سطوح مختلف تفاوت معنی‌داری داشتند. اثرمحلول‌پاشی به جز در صفت سطح برگچه در سایر صفات معنی‌دار نبود و اثر متقابل محلول‌پاشی در اکوتیپ بر تمامی صفات به جز وزن هزار دانه و شاخص برداشت معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین نشان داد اکوتیپ‌های مختلف شنبلیله مانند بیشتر گیاهان پاسخ‌های مورفولوژیک متفاوتی به محلول‌پاشی آهن نشان دادند. اغلب موارد نتایج حاصل از محلول‌پاشی در سطح دو در هزار مناسب‌تر از عدم محلول‌پاشی (شاهد) و سطح چهار در هزار بود. در بررسی اثر متقابل آهن در اکوتیپ بیش‌ترین عملکرد در اکوتیپ کرمان (۱۶۲/۳۶۶۶ کیلوگرم در هکتار) با تیمار دو در هزار و کمترین عملکرد در اکوتیپ اصفهان (۵/۶ کیلوگرم در هکتار) در تیمار چهار در هزار مشاهده شد. به طورکلی سطح دو در هزار در اغلب موارد سبب بهبودی رشد گیاه نسبت به سطح چهار در هزار و شاهد گردید. اغلب خاک‌های ایران حاوی مقدار قابل توجهی آهک هستند. با توجه به آهکی بودن خـــاک‌ها در منطقه جیرفت و براساس تیمار دو در هزار اکوتیپ‌های کرمان و مازندران جهت کشت توصیه می‌شوند.

واژگان کلیدی: اکوتیپ‌های شنبلیله، محلول‌پاشی، آهن EDTA و عملکرد و صفات کمی.

مقدمه

شنبلیله با نام علمی (*Trigonella foenum-graceum* L.) گیاهی علفی، یکساله، نهان‌دانه، دولپه‌ای، جز راسته گل سرخ، تیره نخود (بقولات) و زیرتیره پروانه‌داران و جنس *Trigonela* از گروه *Trifoua* (میرهاشمی، ۱۳۸۸و مرادی و همکاران، ۱۳۸۹و راهدار، ۱۳۹۰و حسن‌زاده و همکاران، ۱۳۸۹). منشا این گیاه نواحی مدیترانه گزارش شده و در آسیا، اوکراین و همچنین از هندوستان تا چین گسترش دارد (امیدبیگی، ۱۳۸۸ و سیلسپور، ۱۳۸۶). مهم‌ترین گونه‌های این جنس عبارتند از: کورولا، کولیسرز، کورنیکولاتا، هاموسا، رادیاتا و فونوگراکوم (امیدبیگی، ۱۳۸۸ و ریاست و همکاران، ۱۳۸۵). ارتفاع این گیاه بین ۴۰ تا۶۰ سانتی‌متر می‌باشد. ساقه‌ها انشعاب‌های متعددی دارند. برگ‌ها سه‌تایی و طول آن یک تا چهار سانتی‌متر است. حاشیه برگ‌ها از نصف تا یک سوم دندانه‌دار است. دمبرگ به‌طول یک تا سه سانتی‌متر و کم و بیش کرک‌دار است (امیدبیگی، ۱۳۸۸و ریاست و همکاران، ۱۳۸۵). مهم‌ترین اثر دارویی شنبلیله کاهش قند خون است (میرهاشمی و همکاران، ۱۳۸۵ و حسن‌زاده و همکاران، ۱۳۸۵). آهن در ساخته شدن رنگیزه‌های گیاهی چون کلروفیل، کاروتن و گزانتوفیل در گیاهان ضروری است. پروتئین‌های آهن - گوگرد که معروف‌ترین آن‌ها فردوکسین است در فرآیندهای سوخت و ساز نظیر فتوسنتز، احیای سولفات به سولفیت، تنفس و تثبیت نیتروژن دخالت دارند. افزایش فتوسنتز باعث افزایش تعداد دانه می‌شود (ضیائیان، ۱۳۸۲). طبق گزارشات کاک ماک و همکاران (CakMak *et al.*, 2010) به خاطر دخالت مستقیم آهن در ساخت پروتئین، کمبود آهن، میزان کل پروتئین‌ها را کاهش می‌دهد. یک ارتباط مثبت و نزدیک بین غلظت پروتئین دانه، روی و آهن در ذرت شناسایی شده است و ژن‌های کنترل کننده غلظت پروتئین، روی و آهن، احتمالاً با هم تفرق می‌یابند. هم‌مکانی روی، آهن، پروتئین و آمینو اسیدها و ارتباطات مثبت بین پروتئین، روی و آهن دانه نشان می‌دهد که پروتئین های دانه یک مخزن، برای روی و آهن هستند. در جنین، روی در اشکال پروتئینی به میزان کم‌تر یا مساوی ۶۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم تجمع پیدا می‌کند. آهن در ساخته شدن کلروفیل در گیاهان سبز لازم است و افزایش کلروفیل باعث افزایش شاخص سطح برگ و در نتیجه افزایش وزن خشک می‌شود. کمبود آهن، وزن خشک برگ، سطح برگ، غلظت آهن و کلروفیل را کاهش می‌دهد (Mariotti *et al.*, 1996).

معمولا خاک‌هایی که کمبود آهن دارند، دارای PH بیش‌تر از شش هستند. آهن همانند برخی از عناصر غذایی ریز مغذی در این خاک‌ها، نامحلول، غیرمتحرک و غیرقابل دسترس می‌شود (پنج تن دوست و همکاران، ۱۳۸۹). کاربرد کلات آهن یکی از موثرترین روش‌های مقابله با کمبود آهن در خاک‌های آهکی است. اما کارآیی آن گاهی در اثر رابطه ضدیت آهن با برخی عناصر نظیر منگنز کاهش می‌یابد (پیوندی وهمکاران، ۱۳۹۰& فتحی امیرخیز و همکاران، ۱۳۹۰ و حسین آبادی و همکاران، ۱۳۸۵). باتوجه به نکات یادشده شیوه‌ی محلول‌پاشی آهن به‌منظور بررسی اثر این ریزمغذی انتخاب گردید تا از اثر ممانعتی ریزمغذی‌های دیگر جلوگیری شود. هدف از این تحقیق، بررسی اثر ریزمغذی آهن بر عملکرد و سایر خصوصیات مرفولوژیک شنبلیله در منطقه ورامین بود.

مواد وروش‌ها

این طرح درمزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد جیرفت واقع در ۲۵ کیلومتری جاده جیرفت عنبرآباد به‌صورت کرت خرد شده (اسپلیت پلات) در قالب بلوک کامل تصادفی اجرا شد. عامل اصلی اثر ریزمغذی آهن به صورت محلول‌پاشی با Ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA) در سه سطح شاهد، دو در هزار و چهار در هزار (باتوجه به نتایج آزمایش خاک مزرعه) در نظر گرفته شد و عامل فرعی شامل شش اکوتیپ شنبلیله با نام‌های (اصفهان، مازندران، ایلام، کردستان، کرمان، دنا) بود و در سه تکرار اجرا شد. هر اکوتیپ در چهار خط سه‌متری کشت گردید. فاصله ردیف‌ها از یکدیگر۴۰ سانتی‌متر، فاصله تکرارها برابر یک متر، فاصله تیمارها در هر تکرار ۵۰ سانتی‌متر، فاصله دو بوته روی ردیف از هم پنج سانتی‌متر بود. عملیات آبیاری به‌صورت غرقابی و براساس نیاز به فواصل پنج تا شش روز انجام شد. تیمارهای مورد نظر در مرحله پنجاه درصد گلدهی اعمال شدند. جهت مبارزه

باعلف‌های هرز همواره وجین به‌صورت دستی و در فواصل مشخص انجام گردید و از هیچ نوع علف‌کشی از زمان اجرای طرح تا پایان استفاده نگردید. به‌منظور دقت در آزمایش و حذف اثرهای حاشیه‌ای، محصول قسمت وسط ردیف در کرت‌ها برداشت شد. اندازه‌گیری صفات در هر ردیف بر روی پنج بوته صورت گرفت و میانگین آن‌ها مورد تجزیه آماری قرارگرفت. در این آزمایش برخی از صفات رویشی و زایشی گیاه شنبلیله از جمله وزن هزاردانه، وزن کل دانه، وزن کل بوته، تعداد نیام در بوته، تعداد دانه در بوته، تعداد دانه در نیام، طول نیام، ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد برگچه، سطح برگچه، میزان کلروفیل، عملکرد، شاخص برداشت مورد بررسی قرارگرفت. جهت اندازه‌گیری سطح برگچه قطعات مقوا با مساحت مشخص به‌وسیله ترازوی دیجیتال توزین شد و سپس قطعه‌ای از مقوا که مساحت آن معادل برگچه مورد نظر بود از آن جدا شده و مجدد توزین انجام شد و با تناسب و محاسبات ریاضی سطح برگچه اندازه‌گیری شد. میزان کلروفیل به‌وسیله کلروفیل سنج دستی قابل حمل در مزرعه اندزه‌گیری شد. در نهایت تجزیه و تحلیل عملکردجهت آنالیز داده‌ها از نرم افزار آماری SAS استفاده گردید. مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

وزن هزاردانه

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد اثر اصلی اکوتیپ‌ها بر وزن هزار دانه در سطح یک درصد (P< 1%) اختلاف معنی‌دار داشت. اما اثر اصلی محلول‌پاشی آهن و اثرات متقابل محلول‌پاشی آهن در اکوتیپ بر وزن هزار دانه معنی‌دار نبود (جدول یک). بیش‌ترین وزن هزار دانه ۱۵/۰۵گرم، مربوط به اکوتیپ مازندران و کم‌ترین وزن هزار دانه با ۲/۲۶ گرم از اکوتیپ اصفهان در سطح چهار در هزار حاصل شد. سایر اکوتیپ‌ها در سطح مشابهی قرار داشتند. آهن از طریق افزایش فعالیت فتوسنتزی و تولید مواد پروتئین و کربوهیدرات‌ها در گیاه، سبب افزایش وزن هزاردانه می‌شود. نتایج با مشاهدات امین‌پور و همکاران (۱۳۸۵)، موسیوند و همکاران (۱۳۸۸) و رحیمی و همکاران (۱۳۸۷) مطابقت داشت.

جدول ۱- تجزیه واریانس محلول‌پاشی آهن بر برخی صفات کمی در اکوتیپ‌های مختلف شنبلیله.

Table 1- Analysis of variance of iron foliar application on some quantitative traits in different fenugreek ecotypes

			میانگین مربعات M.S		
S.O.V	منابع تغییرات	درجه آزادی df	وزن هزاردانه 1000G.W	وزن دانه G.W	وزن خشک بوته D. W Plant
Replication	تکرار	2	27.2664 $^{n.s}$	0.84872$^{n.s}$	0.0990 $^{n.s}$
Foliar	محلول‌پاشی آهن	2	21.3222 $^{n.s}$	1.6839$^{n.s}$	2.0203$^{n.s}$
Error (a)	خطای(a)	4	18.3422	0.59400	0.3151
Ecotype	اکوتیپ	5	57.7285 **	27372 **	2.2573 **
Interaction	اثرات متقابل	10	7.0763 $^{n.s}$	1.3284 **	1.4636 **
Error (b)	خطای(b)	30	221.5917	0.1341	0.1685
C.v	ضریب تغییرات		8.21	7.84	12.34

n.s، *،** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

n.s, *, **, respectively, are non-significant, significant at a probability level of five and one percent.

وزن خشک بوته

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثرات متقابل محلول‌پاشی در اکوتیپ بر وزن خشک بوته معنی‌دار بود (جدول یک). بین اکوتیپ‌ها تفاوت معنی‌داری بر وزن خشک بوته وجود داشت. بیش‌ترین وزن خشک بوته۱/۷۴گرم مربوط به اکوتیپ مازندران در سطح شاهد است. کمترین وزن خشک بوته ۰/۴گرم و مربوط به اکوتیپ ایلام و در سطح دو در هزار بود. میانگین وزن خشک بوته در سایر اکوتیپ‌ها در سطح مشابهی قرارداشت. تاثیر مثبت ریزمغذی‌ها بر عملکرد ماده

خشک ممکن است به‌دلیل افزایش بیوسنتز اکسین در حضور عنصر روی، افزایش غلظت کلروفیل، افزایش فعالیت فسفوانول پیرووات کربوکسیلازو ریبولوز بی‌فسفات کربوکسیلاز، کاهش تجمع سدیم در بافت‌های گیاهی و افزایش کارآیی جذب نیتروژن و فسفر در حضور عنصر روی باشد. آهن در تشکیل کلروفیل و در تقسیم سلولی نقش دارد. چاکرالحسینی و همکاران (۱۳۸۱) در بررسی پاسخ سویا به کاربرد آهن و فسفر در یک خاک آهکی و رونقی و همکاران (۱۳۸۱) به نتایج مشابهی دست یافتند.

تعداد نیام در بوته

نتایج نشان داد اثر متقابل محلول‌پاشی در اکوتیپ بر صفت تعداد نیام در بوته معنی‌دار بود (جدول یک). اکوتیپ دنا با ۱۸/۷۵عدد بیش‌ترین تعداد نیام را در سطح دو در هزار به خود اختصاص داد و اکوتیپ مازندران با۱۸/۱۴عدد نیام در سطح شاهد در رتبه بعدی قرارگرفتند. کمترین تعداد نیام ۲/۸۵ عدد مربوط به اکوتیپ کردستان در سطح شاهد بود. تعداد نیام در بوته در مورد سایر اکوتیپ‌ها در سطح مشابهی قرارداشت. اکوتیپ‌ها در شرایط متفاوت محلول‌پاشی واکنش‌های متفاوتی داشتند. محلول‌پاشی آهن در سطح دو در هزار سبب افزایش تعداد نیام در بوته به جز اکوتیپ‌های مازندران، ایلام و اصفهان نسبت به سطح شاهد گردید. همچنین محلول‌پاشی آهن در سطح چهار در هزار موجب افزایش تعداد نیام در اکوتیپ‌های کرمان، کردستان و دنا و کاهش تعداد نیام در اکوتیپ‌های مازندران، ایلام و اصفهان نسبت به سطح شاهد شد. کم‌بودن تعداد نیام در اکوتیپ مازندران می‌تواند مربوط به طول دوره رشد کمتر این اکوتیپ نسبت به سایر اکوتیپ‌ها باشد. مصرف عناصر ریزمغذی به هر روش ممکن با افزایش دوام سطح برگ و توان فتوسنتزی گیاه به‌همراه افزایش فعالیت‌های متابولیکی می‌تواند منجر به تولید محصول بیشتر شود. نتایج حاصل با دستاوردهای موسیوند و همکاران (۱۳۸۸) در بررسی تاثیر غلظت آهن بر رشد و اجزای عملکرد در ژنوتیپ‌های مختلف سویا و شعبان زاده (۱۳۹۰) در بررسی تاثیر محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی و دور آبیاری بر ویژگی‌های زراعی و عملکرد سیاهدانه مطابقت داشت.

ادامه جدول ۱- تجزیه واریانس محلول‌پاشی آهن بر برخی صفات کمی در اکوتیپ‌های مختلف شنبلیله.

Continued the table 1- Variation of Iron Solution Variation on some quantitative traits in different fenugreek ecotypes.

			میانگین مربعات M.S			
S.O.V	منابع تغییرات	درجه آزادی df	نیام در بوته pod per plant	دانه در نیام Grain per pod	دانه در بوته Grain per plant	طول نیام Pod lentgh
Replication	تکرار	2	59.8819 $^{n.s}$	13.8688 $^{n.s}$	449.1105 $^{n.s}$	5.2569 $^{n.s}$
Foliar	محلول‌پاشی آهن	2	142.4183$^{n.s}$	5.9589 $^{n.s}$	367.3313 $^{n.s}$	2.2957 $^{n.s}$
Error (a)	خطای(a)	4	42.0289	23.2248	893.1704	6.2226
Ecotype	اکوتیپ	5	335.0665**	141.2628**	13475.6549**	83.0061**
Interaction	اثرات متقابل	10	130.2441**	21.3107**	1952.7710**	6.0061 **
Error (b)	خطای(b)	30	16.6122	8.4477	555.9761	1.1838
C.v	ضریب تغییرات		9.32	7.31	9.21	7.43

n.s، *،** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

n.s, *, **, respectively, are non-significant, significant at a probability level of five and one percent.

تعداد دانه در نیام

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثرات متقابل محلول پاشی در اکوتیپ بر صفت تعداد دانه در نیام معنی‌دار بود، اما بین اکوتیپ‌ها اختلاف معنی‌داری در تعداد دانه در نیام وجود داشت (جدول یک). بیش‌ترین تعداد دانه در نیام ۱۲/۲۷عدد مربوط به اکوتیپ مازندران در سطح دو در هزار بود. کمترین تعداد دانه در نیام ۲/۵۷ عدد مربوط به اکوتیپ اصفهان در شرایط عدم محلول‌پاشی

حاصل شد. کاهش تعداد دانه در نیام در شرایط کمبود مواد ریزمغذی نشان دهنده اثر منفی عدم استفاده از این مواد برای آمادگی اعضای زایشی برای تولید تعداد دانه بود. کاربرد عناصر ریزمغذی به‌دلیل افزایش فتوسنتز، تسهیل رشد ریشه یا تاثیر در تلقیح گل‌ها باشد. نتایج با مشاهدات قاسمی فسایی (۱۳۸۵) در مورد سویا و امین‌پور و همکاران (۱۳۸۵)، فتحی و همکاران در سال (۱۳۸۸)، ابراهیمیان و همکاران (۱۳۸۹) مشابه است.

تعداد دانه در بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات اصلی اکوتیپ و اثرات متقابل محلول‌پاشی آهن در اکوتیپ بر صفت تعداد دانه در بوته تاثیرگزار بود و اختلافات به وجود آمده از نظر آماری در سطح یک و پنج درصد معنی‌دار شد، اما اثر محلول‌پاشی کود آهن بر تعداد دانه در بوته اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول یک). اکوتیپ دنا با ۱۰۱/۸۸ عدد در سطح دو در هزار، بیش‌ترین تعداد دانه در بوته را داشت که با تیمار اکوتیپ دنا در سطح چهار در هزار با تعداد ۷۸/۰۹ عدد تفاوت معنی‌داری نداشت و در رتبه a قرارگرفتند. کم‌ترین تعداد دانه در بوته ۷/۶۶ عدد مربوط به اکوتیپ اصفهان در سطح چهار در هزار بود. محلول‌پاشی کود آهن در سطح دو در هزار سبب افزایش تعداد دانه در بوته در اکوتیپ‌های کرمان، کردستان، دنا و اصفهان نسبت به سطح شاهد شد. در اکوتیپ‌های مازندران و اصفهان محلول‌پاشی سطح چهار در هزار سبب کاهش و در سایر اکوتیپ‌ها سبب افزایش تعداد دانه در بوته نسبت به سطح شاهد گردید. آهن با تاثیر بر فعالیت فتوسنتزی سبب افزایش تولید دانه در گیاه گردید. نتایج حاصل با پژوهش‌های رحیمی زاده و همکاران (۱۳۸۹)، پهلوان‌راد و همکاران (۱۳۸۷) مشابه بود.

طول نیام

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات اصلی اکوتیپ و اثرات متقابل محلول‌پاشی آهن در اکوتیپ بر طول نیام تاثیرگزار بود و اختلافات به وجود آمده از نظر آماری در سطح یک و پنج درصد معنی‌دار شد، اما اثرات اصلی محلول‌پاشی کود آهن بر طول نیام تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول یک). براساس نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل، اکوتیپ کردستان با ۱۱/۸۱ سانتی‌متر در سطح دو در هزار بیش‌ترین طول نیام را داشت. کمترین طول نیام۵/۸۱ سانتی‌متر مربوط به اکوتیپ اصفهان در سطح شاهد است. محلول‌پاشی کود آهن در سطح دو در هزار سبب افزایش طول نیام در اکوتیپ‌های کرمان، کردستان، دنا و اصفهان نسبت به سطح شاهد گردید و در سایر اکوتیپ‌ها افزایش طول نیام مشاهده نشد. در سطح چهار در هزار اکوتیپ‌های مازندران، دنا و ایلام کاهش طول نیام نسبت به سطح شاهد از خود نشان دادند و سایر اکوتیپ‌ها افزایش طول نیام را داشتند. نتایج با پژوهش احمدی و همکاران (۱۳۹۱) بر روی ارقام کنجد مشابهت داشت.

جدول۲- تجزیه واریانس محلول‌پاشی آهن بر صفات مرفولوژیک اکوتیپ‌های مختلف شنبلیله.

Table 2 - Analysis of variance of iron foliar application on morphological traits of different fenugreek ecotypes.

			M.S میانگین مربعات			
S.O.V	**منابع تغییرات**	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant higth	**قطر ساقه** Stem diameter	**تعداد برگچه** Number of leaflets	سطح برگچه Leaf surface
Replication	تکرار	2	187.2774 $^{n.s}$	0.6097 $^{n.s}$	16835.228 $^{n.s}$	0.1981 $^{n.s}$
Foliar	محلول‌پاشی آهن	2	8.4770 $^{n.s}$	0.3564 $^{n.s}$	28899.082 $^{n.s}$	13.3613 **
Error (a)	خطای(a)	4	435.4726	0.7995	11680.816	0.2338
Ecotype	اکوتیپ	5	496.0931**	0.4914 **	284867.288 **	17.0797 **
Interaction	اثرات متقابل	10	119.9697**	0.7822 **	85035.545 **	7.5416 **
Error (b)	خطای(b)	30	71.3980	0.7053	14100.761	0.2566
C.v (%)	ضریب تغییرات		11.02	6.30	11.03	5.67

n.s، *،** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

n.s, *, **, respectively, are non-significant, significant at a probability level of five and one percent.

ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات اصلی اکوتیپ و اثرات متقابل محلول‌پاشی آهن در اکوتیپ بر ارتفاع بوته تفاوت معنی‌داری داشت و اختلافات به‌وجود آمده در سطح پنج درصد معنی‌دار بود اما اثرات اصلی محلول‌پاشی آهن تاثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته نداشت (جدول دو). اکوتیپ کردستان در سطح دو در هزار با میانگین ۳۳/۸۶ سانتی‌متر بیش‌ترین ارتفاع بوته را داشت که با تیمار اکوتیپ کردستان در سطح چهار در هزار اختلاف معنی‌داری نداشتند و هر دو در کلاس آماری a جای گرفتند. کمترین ارتفاع بوته با متوسط ۱۸/۲ سانتی‌متر مربوط به اکوتیپ اصفهان در سطح چهار در هزار بود. کاهش ارتفاع در اکوتیپ اصفهان شاید به این دلیل باشدکه دوره رشد نسبت به سایر اکوتیپ‌ها، با گرمای آخر فصل در ارتباط بود. کمبود آهن سبب کاهش تولید کلروفیل در سلول‌های برگ می‌شود که نتیجه آن کاهش رشد گیاه گردید. کمبود بور نیز سبب از بین رفتن کلاهک نوک ریشه می‌شود و در چنین شرایطی ارتفاع بوته کوتاه می‌شود.

قطرساقه

براساس جدول تجزیه واریانس اثرات اصلی اکوتیپ و اثرات متقابل محلول‌پاشی آهن در اکوتیپ بر قطر ساقه تفاوت معنی‌داری داشت و اختلافات به‌وجود آمده در سطح یک درصد معنی‌دار بود؛ اما اثرات اصلی محلول‌پاشی آهن تاثیر معنی‌داری بر قطرساقه نداشت (جدول دو). بیش‌ترین قطر ساقه با میانگین ۲/۷۶ میلی‌متر مربوط به اکوتیپ‌های کرمان و کردستان در سطح دو در هزار بود و کمترین قطر ساقه از اکوتیپ اصفهان در سطح چهار در هزار با متوسط ۱/۷۶ میلی-متر به‌دست آمد. کاهش قطر ساقه به‌دلیل کاهش سطح برگ و کاهش تولید موادفتوسنتزی است. با پژوهش پیرزاد و همکاران (۱۳۹۲) بر روی آنیسون مشابهت دارد.

تعداد برگچه

جدول تجزیه واریانس نشان داد اثرات اصلی اکوتیپ و اثرات متقابل محلول‌پاشی آهن در اکوتیپ بر تعداد برگچه تفاوت معنی‌داری داشت و اختلافات به‌وجود آمده در سطح یک درصد معنی‌دار بود؛ اما اثرات اصلی محلول‌پاشی آهن تاثیر معنی‌داری بر تعداد برگچه نداشت. بیش‌ترین تعداد برگچه با میانگین ۲۶۱/۸۵ عدد مربوط به اکوتیپ اصفهان و در سطح دو در هزار حاصل شد و کمترین تعداد برگچه با متوسط ۴۸/۴۴ عدد از تیمار اکوتیپ ایلام در سطح دو در هزار به دست آمد. از آن‌جا که محلول‌پاشی در اکوتیپ اصفهان قبل ازدوره‌ی گلدهی انجام گرفته است، بنابراین گیاه فرصت کافی برای تولید برگچه را داشته است. این نتایج با پژوهش عیوضلو و همکاران (۱۳۸۹) مطابقت داشت.

سطح برگچه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر اصلی محلول‌پاشی کودآهن و اکوتیپ‌ها و اثرات متقابل تیمارها بر سطح برگچه تاثیرگزار شد و اختلافات به‌وجود آمده در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول دو). بیش‌ترین سطح برگچه با متوسط ۱۹/۱۱ سانتی‌متر مربع مربوط به اکوتیپ دنا و بدون محلول‌پاشی بود و کمترین سطح برگچه با میانگین ۱۶/۱۷ سانتی‌متر مربع مربوط به اکوتیپ اصفهان درسطح شاهد است. سایر اکوتیپ‌ها در این صفت در سطح مشابهی قرار داشتند. توسعه سطح برگی از طریق بهبود تعداد، اندازه و سطح برگ‌ها به کمک مواد تغذیه‌ای فراهم می‌شود. شاخص سطح برگ به عنوان جنبه کمی از نمو گیاه است و بیان‌کننده افزایش در تعداد و اندازه سلول‌ها است که مصرف عناصر معدنی همبستگی مثبتی با این روند افزایشی نشان می‌دهد. نتایج به‌دست آمده با دستاوردهای تدین و همکاران (۱۳۸۷) در بررسی عکس العمل اکوتیپ‌های مختلف اسپرس به محلول‌پاشی نیتروژن، آهن و روی مشابهت داشت.

کلروفیل کل

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثرات اصلی اکوتیپ‌ها و اثرات متقابل محلول‌پاشی آهن در اکوتیپ بر کلروفیل کل تفاوت معنی‌داری داشت و اختلافات به‌وجود آمده در سطح یک درصد معنی‌دار بود؛ اما اثرات اصلی محلول‌پاشی آهن تاثیر معنی‌داری بر کلروفیل کل نداشت (جدول سه). نتایج مقایسه

میانگین اثرمتقابل نشان داد بیش‌ترین میزان کلروفیل کل با متوسط ۱۴/۲۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه مربوط به اکوتیپ کردستان در سطح دو در هزار بود و کمترین میزان کلروفیل با میانگین ۰/۷۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه از تیمار اکوتیپ اصفهان در سطح دو در هزارحاصل شد. اگر آهن به‌مقدار کافی و قابل جذب، در دسترس گیاه نباشد تولید کلروفیل کاهش یافته و برگ‌ها رنگ پریده می‌شوند. در این حالت، ابتدا فاصله بین رگبرگ-ها و سپس با شدت کمبود، به جز رگبرگ‌ها تمام سطح برگ زرد می‌شود. از آنجا که آهن در گیاه عنـــصر غیرمتحرک است، این علائم ابتدا در برگ‌های جوان و در قسمت بالای ساقه مشاهده می‌شود، سپس با شدت یافتن کمبود، تمامی برگ را در برمی‌گیرد. آهن و یا منیزیم، به‌عنوان اتم مرکزی در درون تتراپیرول به-ترتیب به تشکیل کوآنزیم‌های هیم و منیزیم-پروتوپورفیرین منجر می‌شود. ثابت شده است که آهن برای تشکیل پروتوکلروفیلیدازمنیزیم – پروتوپورفیرین لازم است. همچنین آنزیم کپروپورفیرینوژن اکسیداز که یک پروتئین آهن‌دار است اکسیدشدن منیزیم - پروتوپورفیرین را به پروتوکلروفیلید کاتالیز می‌کند. آهن در ساختمان سیتوکروم به‌عنوان ناقل الکترون درسیستم‌های فتوسنتزی برای تنفس و عملیات اکسیداسیون و احیاء و ساخت کلروفیل دخالت دارد. کمبود عنصر آهن اثرات منفی بر روی فعالیت آنزیم نیتروژناز و تثبیت نیتروژن توسط سویا دارد. نتایج این تحقیق با پژوهش شمالی و همکاران(۱۳۸۶)، کریمی و همکاران (۱۳۸۱) مطابقت دارد.

جدول۳- تجزیه واریانس محلول‌پاشی آهن بر صفات مرفولوژیک اکوتیپ‌های مختلف شنبلیله.

Table 3- Analysis of variance of iron foliar application on morphological traits of different fenugreek ecotypes.

			میانگین مربعات M.S			
S.O.V	منابع تغییرات	درجه آزادی df	کلروفیل کل Total chlorophyll	وزن کل Total weight	عملکرد دانه Grain yield	شاخص برداشت HI
Replication	تکرار	2	6.9390 $^{n.s}$	2.6297 $^{n.s}$	5358.7352 $^{n.s}$	856.3709 $^{n.s}$
Foliar	محلول‌پاشی آهن	2	42.1556 $^{n.s}$	6.0927 $^{n.s}$	6587.8613 $^{n.s}$	3.8432 **
Error (a)	خطای(a)	4	7.4620	15.0927	2718.2453	601.3357
Ecotype	اکوتیپ	5	164.2274**	2.4118 **	7440.9565 **	2232.1692 **
Interaction	اثرات متقابل	10	142.0822**	0.7822 **	4553.8891 **	499.2129 *
Error (b)	خطای(b)	30	4.2967	0.6903	1301.9378	186.3262
C.v (%)	ضریب تغییرات		5.21	13.21	10.17	10.83

n.s، *،** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

n.s, *, **, respectively, are non-significant, significant at a probability level of five and one percent.

وزن کل

براساس نتایج جدول تجزیه واریانس اثرات اصلی اکوتیپ‌ها و اثرات متقابل محلول‌پاشی آهن در اکوتیپ بر وزن کل تفاوت معنی‌داری داشت و اختلافات به‌وجود آمده در سطح یک درصد معنی‌دار بود؛ اما اثرات اصلی محلول‌پاشی آهن تاثیر معنی‌داری بر وزن کل نداشت (جدول سه). بیش‌ترین وزن کل با متوسط ۳/۱۸ تن در هکتار مربوط به اکوتیپ مازندران در سطح دو در هزار و کم‌ترین وزن کل با میانگین ۰/۵۲ تن در هکتار از تیمار اکوتیپ کرمان در شاهد حاصل شد. نتایج این تحقیق با پژوهش‌های قرشی و همکاران (۱۳۹۱)، رونقی و همکاران (۱۳۸۱)، چاکرالحسینی و همکاران (۱۳۸۱) مطابقت دارد.

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد، اثرات اصلی اکوتیپ‌ها و اثرات متقابل محلول‌پاشی آهن در اکوتیپ بر عملکرد دانه تفاوت معنی‌داری داشت و اختلافات به‌وجود آمده در سطح یک درصد معنی‌دار بود؛ اما اثرات اصلی محلول‌پاشی آهن بر عملکرد دانه معنی‌دار

نبود (جدول سه). مطابق نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل اکوتیپ کرمان با میانگین ۱۶۲/۳۶ کیلوگرم در هکتار در سطح تیمار دو در هزار بیش‌ترین عملکرد دانه را داشت و کم‌ترین عملکرد دانه با متوسط ۵/۶ کیلوگرم در هکتار مربوط به اکوتیپ اصفهان در سطح چهار در هزار بود. به‌طورکلی محلول‌پاشی سبب افزایش عملکرد دانه گردید، اما در مورد اکوتیپ اصفهان در سطح چهار در هزار سبب کاهش عملکرد دانه شد. مصرف مقداری عناصر ریزمغذی باعث افزایش تولید ماده خشک بیشتر شده در نتیجه تجمع ماده خشک شده نهایی در انتهای دوره رشدگیاه افزایش یافت. به‌نظر مـــی‌رسد در محلول‌پاشی اکوتیپ اصفهان با عناصر ریزمغذی میزان رشد رویشی افزایش بیش‌تری داشت، ولی افزایش عملکرد دانه با تناسب کمتری تحت تأثیر قرارگرفته است. نتایج با پژوهش‌های قاسمی فسایی (۱۳۸۵)، حسین آبادی و همکاران (۱۳۸۵)، یارنیا و همکاران (۱۳۸۸)، مارالیان و همکاران و سیلسپور (۱۳۸۵) مطابقت داشت.

شاخص برداشت

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر اصلی محلول‌پاشی کودآهن و اکوتیپ‌ها و اثرات متقابل تیمارها بر شاخص برداشت تاثیرگزار شد و اختلافات به‌وجود آمده در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول سه). مطابق نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل، بیش‌ترین شاخص برداشت با متوسط ۶۹/۷۱ درصد مربوط به اکوتیپ مازندران در سطح شاهد بود و کم‌ترین میزان شاخص برداشت با میانگین ۱/۱۳ درصد از تیمار اکوتیپ اصفهان در سطح چهار در هزار حاصل شد. با مصرف عناصر ریزمغذی شاخص برداشت کاهش می‌یابد، زیرا این عناصرتاثیر بیش‌تری در افزایش ماده‌ی خشک به نسبت عملکرد دانه دارند که با تحقیقات یارنیا و همکاران (۱۳۸۸) مطابقت دارد.

نتیجه گیری کلی

به‌طور کلی اکوتیپ‌ها از نظر تمامی صفات تفاوت معنی‌داری نشان دادند. اثر محلول‌پاشی به جز در شاخص برداشت و سطح برگچه در سایر صفات تاثیر معنی‌دار نداشت و اثرات متقابل محلول‌پاشی در اکوتیپ برتمامی صفات به جز وزن هزاردانه معنی‌دار بود. نتایج این تحقیق نشان داد اکوتیپ‌های مختلف شنبلیله مانند بیشتر گیاهان پاسخ‌های مورفولوژیک متفاوتی به محلول‌پاشی آهن نشان دادند، به‌طوری‌که اغلب موارد نتایج حاصل ازمحلول‌پاشی در سطح دو در هزار مناسب‌تر از عدم محلول‌پاشی (شاهد) و سطح چهار در هزار بود و می‌توان این سطح را به‌عنوان تیمار مناسب پیشنهاد کرد. در بین اکوتیپ‌ها، بهترین شرایط رشدی مربوط به اکوتیپ‌های کرمان و مازندران در سطح دو در هزار و چهار در هزار با صفات وزن هزاردانه، وزن خشک و شاخص برداشت و تعداد دانه بیشتر نسبت به سایر اکوتیپ‌ها بود. به‌طورکلی سطح دو در هزار در اغلب موارد سبب بهبودی رشد گیاه نسبت به سطح چهار در هزار و شاهد گردید. در بیشتر نقاط کشور، مهم‌ترین عاملی که موجب کمبود آهن می‌شود، زیادی بی‌کربنات در محلول خاک است. اغلب خاک‌های ایران حاوی مقدار قابل توجهی آهک هستند. با توجه به آهکی بودن خاک‌ها در منطقه جیرفت و براساس تیمار دو در هزار اکوتیپ‌های کرمـان و مازندران جهت کشت توصیه می‌شود.

منابع مورد استفاده **References**

امیدبیگی، ر. ۱۳۸۸. تولید و فرآوری گیاهان دارویی. به نشر، جلد اول.

امیدبیگی، ر. ۱۳۹۰. تولید و فرآوری گیاهان دارویی. به نشر، جلد سوم.

امین‌پور، ر. ۱۳۸۵. اثر روش‌های مختلف مصرف مس و آهن بر عملکرد بذر پیاز در اصفهان، مجله علوم و فنون باغبانی ایران. ۷(۴):۲۶۵ -۲۷۴.

پهلوان‌راد، م. ۱۳۸۷. تاثیر کاربرد روی، آهن و منگنز بر عملکرد، اجزای عملکرد، غلظت و جذب عناصرغذایی در دانه گندم. پژوهش و سازندگی. ۲۱ (۲ (پیآیند ۷۹) در زراعت و باغبانی): ۱۴۲-۱۵۰.

پنج‌تن دوست، م.، سروش‌زاده، ع. و قناتی، ف. ۱۳۸۹. تاثیر مصرف خاکی و محلول‌پاشی آهن بر روی برخی از خصوصیات کیفی دانه گیاه بادام زمینی (*Arachishypogeae* L.) در خاک قلیایی. زیست شناسی گیاهی: دوره ۲، شماره ۵، ۵۰- ۳۷.

پیوندی م.، پرنده، ه. و میرزا، م. ۱۳۹۰. مقایسه تاثیر نانو کلات آهـــن با کلات آهن بر پارامترهای رشد و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان ریحان *OcimumBasilicum*. تازه‌های بیوتکنولوژی سلولی مولکولی. ۱(۴):۸۹-۹۸.

تدین ع. و رئیسی، ر. ۱۳۸۷. عکس‌العمل اکوتیپ‌های مختلف اسپرس (*Onobrychisviciifolia* L.) به محلول‌پاشی نیتروژن، آهن و روی در مناطق سردسیر استان چهارمحال و بختیاری. پژوهش‌های زراعی ایران. ۶(۱):۴۱-۴۸.

چاکرالحسینی، م.ر.، رونقی، ع.ا.، مفتون، م. و کریمی. ن.ج. ۱۳۸۱. پاسخ سویا به کاربرد آهن و فسفر در یک خاک آهکی. علوم آب و خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی). ۶(۴):۹۱-۱۰۲.

حسن‌زاده ا.، رضازاده، ش.ع.، زرین‌قلم، ج.، دولت‌آبادی، ر. و شمسا، س.ف. ۱۳۸۹. مروری بر خواص درمانی و فیتوشیمیایی شنبلیله (*Fenu Greek*)، فصلنامه گیاهان دارویی. سال نهم، دوره دوم، شماره مسلسل سی و چهارم، بهار ۱۳۸۹، ۳۰-۱

حسین‌آبادی، ع. ۱۳۸۵. مطالعه اثرات محلول‌پاشی آهن، روی و منگنز بر خصوصیات کمی و کیفی گندم هامون در منطقه سیستان. یافته‌های نوین کشاورزی. ۱(۲):۱۰۳-۱۱۰.

راهدار، پ.۱۳۹۰. بررسی اثر کمـبود عناصرمعدنی (نیتروژن، فسفر، پتاسیم، منیزیم و کلسیم) بر میزان وزن خشک، وزن تر، طول ریشه و اندام هوایی، RWC (میزان آب نسبی برگ) در گیاه شنبلیله *Trigonellafoenum-graecum*. فصلنامه علمی پژوهشی اکوسیستم‌های طبیعی ایران. سال دوم، شماره اول.

رحیمی، م. و مظاهری، د. ۱۳۸۷. واکنش مورفولوژیکی و عملکرد ذرت نسبت به ترکیبات شیمیایی آهن و مس، پژوهش و سازندگی، بهار ۲۱(۱ (پیآیند ۷۸) در زراعت و باغبانی):۹۶-۱۰۰.

رونقی ع.، چاکرالحسینی، م.ر.، کریمیان، ن.ع. ۱۳۸۱. تاثیر فسفر و آهن بر رشد و ترکیب شیمیایی ذرت، علوم آب و خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی). ۶(۲):۶۷-۷۶.

ریاست، م. و نصیرزاده، ع. ۱۳۸۵. ارزیابی دو گونه شنبلیله چندساله *Trigonellatehranica* و *Trigonellaelliptica* به منظور اصلاح کیفیت علوفه. فصلنامه تحقیقات ژنتیک و اصلاح گیاهان مرتعی و جنگلی ایران. جلد ۱۴. شماره ۴. صفحه ۲۳۰- ۲۴۰.

سیلسپور، م. ۱۳۸۶. بررسی اثرات مصرف عناصر آهن و روی در خصوصیات کمی و کیفی گندم آبی و تعیین حد بحرانی آن‌ها در خاک‌های دشت ورامین. پژوهش و سازندگی. ۲۰(۳ (پیآیند ۷۶) در زراعت و باغبانی):۱۲۳-۱۳۳.

سیلسپور، م. ۱۳۸۵. بررسی اثرات رژیم‌های مختلف آبیاری و ریزمغذی‌های آهن و روی بر عملکرد و کارآیی آب آبیاری در زراعت گوجه فرنگی. مجله علمی پژوهشی علوم خاک و آب. ۲۰(۲):۳۰۹-۳۱۸.

شمالی، ر.، عبدل‌زاده، ا.، حدادچی، غ.ر.، صادقی پور، ح.ر. ۱۳۸۶. تاثیر مقادیر پتاسیم و آهن بر رشد، میزان تجمع یون‌ها و برخی صفات بیوشیمیایی گیاه برنج (رقم طارم). علوم کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۴(۵) (ویژه نامه زراعت و اصلاح نباتات):۶۴-۷۷.

ضیائیان، ع. ۱۳۸۲. استفاده از عناصر کم مصرف در کشاورزی. چاپ نشر آموزش کشاورزی. ۲۰۷ صفحه.

عیوضلو، ا.، نصراله زاده اصل، ع.، ضعیفی زاده، م. ۱۳۸۹. تاثیرخاک دهی و کود زیستی فسفر بارور ۲ توام با محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی بر عملکرد سیب زمینی. مجله پژوهش در علوم زراعی: زمستان ۱۳۸۹، دوره ۳. شماره ۱۰. ص ۷۰-۵۹.

فتحی امیرخیز، ک.، امینی دهقی، م. و حشمتی، س. ۱۳۹۰. اثر کاربرد خاکی و برگی عنصر آهن (Fe) بر برخی خصوصیات بیوشیمیایی گلرنگ (*Carthamustinctorius* L.)، تحت دو رژیم رطوبتی. مجله علوم گیاهان زراعی ایران (علوم کشاورزی ایران). ۴۲(۳): ۵۰۹-۵۱۸.

فتحی، ق.ا.، عنایت قلی‌زاده، م.ر. ۱۳۸۸. تاثیرکودهای کم مصرف آهن، روی و مس بر رشد و عملکرد ارقام جو در شرایط آب و هوایی خوزستان. مجله علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۱(۱):۲۸-۴۱.

قاسمی فسایی، ر.، دیوسالار، م. و حمیدی، آ. ۱۳۸۵. تاثیر آهن بر عملکرد و ترکیب شیمیایی دانه ژنوتیپ‌های سویا. مجله علمی کشاورزی. ۲۹(۲):۱-۱۲.

قربانلی م.، خانلریان خطیری، م.، حاجی‌حسینی، ر. و زالی، س.ح. ۱۳۸۵. بررسی انباشتگی سرب و اثر آن بر محتوای کلروفیل، آهن و کلسیم در دو رقم کلزا (*Brassica napus* L.)، پژوهش وسازندگی. ۱۹(۲ (پیآیند ۷۱) در زراعت و باغبانی):۳۴-۴۰.

قرشی، ل.س. ۱۳۹۱. تاثیر فسفر و ماده آلی بر فراهمی و جذب آهن در گیاه ذرت (*Zea mays* L.)، بوم‌شناسی کشاورزی.۴(۱):۱۲-۱۹.

کریمی، ح.ر.، تفضلی بندری، ع.، کریمیان، ن.ع. ۱۳۸۱. اثرات کاربرد آهن و اسید سولفوریک بر برخی ویژگی‌های رشدی و عملکرد توت فرنگی (*FragariaananassaDuch.*) در خاک آهکی. مجله علوم و فنون باغبانی ایران. ۳(۲-۱):۲۹-۳۸.

مارالیان، ح.، دیدارطالش میکائیل، ر.، شهبازی، ک. و ترابی‌گیگلو، م. ۱۳۸۷. اثر محلول‌پاشی آهن و روی در بهبود خصوصیات کمی وکیفی دانه سه رقم گندم. پژوهش کشاورزی. ۸(۴):۴۷-۵۹.

مرادی، پ.، حسن‌دخت، م.ر. و کاشی، ع.ا. ۱۳۸۹. تنوع ژنتیکی در برخی صفات توده‌های بومی شنبلیله ایرانی. مجله علمی پژوهشی گیاهان زراعی و علف‌های هرز. سال چهارم، شماره۱۶. صفحه ۷۰-۵۵.

میرهاشمی، س.م. ۱۳۸۸. بررسی شاخص‌های فیزیولوژیک رشد زنیان و شنبلیله در کشت‌های خالص و مخلوط مبتنی بر اصول کشاورزی زیستی (ارگانیک). مجله پژوهش‌های زراعی ایران. جلد۷. شماره۲. ۶۸۵.

میرهاشمی، س.م.، کوچکی، ع.ر.، پارسا، م.، نصیری محلاتی، م. ۱۳۸۸. بررسی مزیت کشت مخلوط زنیان و شنبلیله در سطوح مختلف کود دامی و آرایش کاشت. مجله پژوهش‌های زراعی ایران. جلد ۷. شماره ۱. صفحه ۲۷۹-۲۶۹.

یارنیا. م.، پاک‌نژاد، ف.، فرحوش، ف. و نادعلی، ا. ۱۳۸۸. تاثیر روش کاربرد عناصر ریز مغذی بر تولید چغندرقند رقم منوژرم رسول. اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی (علوم کشاورزی).۲(۱۰).

Abdel-Nabey, A.A., and Damir, A.A. 1990. Changes in some nutrients of fenugreek (*Trigonellafoenumgraecum*) seeds during boiling. Plant Foods for Human Nutrition, 40, 267–274.

Acharya, S.N., Blade, S., Mir, Z., and Moyer, J.R. 2007. Tristar fenugreek. Can. J. Plant Sci. 87: 901–903.

Ahsan, S.K., Tariq, M., Ageel, A.M., Al-Yahya, M.A., and Shah, A.H. Effect of Trigonellafoenum-graecum and Ammimajus on calcium oxalateurolithiasis in rats.Planta Med 1969 Feb; 17(1):14-8. www. DiabetesInControl.Com.

CakMak, I., Wolfgang, H.P., and Bonnie, M.C. 2010. Bio fortification of durum wheat with zinc and iron. Cereal Chemistry, 87(1): 10-20.

Mariotti, M., Ercoli, L., and Masoni, A. 1996. Spectral properties of iron deficient corn and sunflower leaves. Remote sensing of Environment, 58(3): 282-288.