نشریهٔ پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۷ شمارهٔ۱، صفحهٔ ۱۷۳-۱۶۱، نیمهٔ اول ۱۳۹۵

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 7, No. 1, 2016, p. 161-173

تأثیر محلول‌پاشی میکرو و نانوذرات اکسیدآهن به‌همراه مواد افزودنی D.G ADJUVANT و RCP-5 بر برخی صفات فیزیولوژیکی لوبیاسبز (*Phaseolus vulgaris* L.)

دنیا نوذری‌راد[۱]، مهدی برادران فیروزآبادی[۱]، حسن مکاریان[۱*]، ناصر فرخی[۲] و احمد غلامی[۱]

۱- به‌ترتیب، دانشجوی کارشناسی‌ارشد زراعت و اعضای هیئت علمی دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود

۲- عضو هیئت علمی گروه بیوتکنولوژی دانشکدهٔ مهندسی انرژی و فناوری‌های نوین، دانشگاه شهید بهشتی تهران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۳/۱۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۴/۰۲

چکیده

آهن عنصری مهم و دارای نقش حیاتی در انسان و گیاه می‌باشد. از طرفی مشکلاتی در جذب این عنصر توسط برگ گیاهان وجود دارد. به‌همین منظور آزمایشی در جهت ارزیابی تأثیر محلول‌پاشی آهن و نانوذرات آن همراه با مواد افزودنی بر برخی صفات فیزیولوژیکی لوبیاسبز به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود در سال ۱۳۹۱ اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل محلول‌پاشی در پنج سطح از میکروذرات و نانوذرات اکسیدآهن (هر یک در غلظت‌های صفر، ۰/۲۵ و ۰/۵گرم در لیتر) و مواد افزودنی در سه سطح (صفر، D.G ADJUVANT و RCP-5) بودند. اعمال تیمارها ۵۵ روز بعد از کشت در آغاز مرحله گلدهی صورت گرفت. نتایج نشان داد که شاخص سطح برگ تحت تأثیر تیمارهای آزمایش قرار نگرفت. بالاترین مقادیر آهن برگ (۳۱۱میلی‌گرم در کیلوگرم) و آهن غلاف (۵۱/۴۷ میلی‌گرم در کیلوگرم) در سطح ۰/۲۵ میکروذرات اکسیدآهن در ترکیب با D.G ADJUVANT به‌دست آمد. نانوذرات آهن ۰/۵ همراه با RCP-5 بالاترین درصد پروتئین را نشان دادند. در تیمار ۰/۵ میکروذرات اکسیدآهن بالاترین مقادیر کاروتنوئید و محتوای نسبی آب برگ مشاهده شد. بر اساس نتایج این پژوهش کاربرد مواد افزودنی سبب بهبود جذب اکسیدآهن به هر دوشکل میکرو و نانوذرات در گیاه لوبیاسبز گردید.

کلمات کلیدی: جذب برگی، حبوبات، ریزمغذی‌ها، مویان

مقدمه

آهن یکی از ۱۶عنصر ضروری برای رشد و تکثیر گیاه است. در بیشتر مناطق ایران، خاک دارای pH بالا و همچنین آهکی است. در این نوع خاک‌ها حلالیت ریزمغذی‌ها پایین است و به‌همین دلیل جذب این عناصر کم و در نهایت نیاز گیاهان به این عناصر افزایش می‌یابد (Musavi, 2011). اگرچه آهن به‌مقدار کم برای گیاه نیاز است، ولی برای بسیاری از ترکیبات مهم و فرآیندهای فیزیولوژیکی در گیاهان ضروری است. آهن در فرآیند ساخت کلروفیل مشارکت کرده و برای فعالیت بعضی آنزیم‌ها لازم است (Hochmuth, 2011). کمبود آهن تعداد و اندازه کلروپلاست را کاهش می‌دهد، به‌طوری‌که گزارش شده است گرانا و غشای لاملای کلروپلاست در گیاهان ذرت دچار کمبود آهن کاهش می‌یابد (Stocking, 1975). گزارش شده است که در چغندرقند کمبود آهن منجر به کاهش غلظت رنگدانه‌های فتوسنتزی از قبیل کلروفیل و کاروتنوئید در واحد سطح برگ می‌شود و به دنبال آن میزان فتوسنتز برگ به‌دلیل کاهش تعداد واحدهای فتوسنتزی و همچنین کاهش کارآیی فتوشیمیایی سیستم فتوسنتزی دچار کاهش می‌شود (Morales *et al*., 1998). تیمار آهن بیشترین شاخص سطح برگ را در گیاه ذرت‌علوفه‌ای در مقایسه با سایر تیمارها تولید کرد که این عکس‌العمل، نقش آهن را در افزایش میزان کلروفیل نشان می‌دهد و به‌دنبال آن فتوسنتز گیاه افزایش می‌یابد که خود منجر به افزایش بیشتر شاخص سطح برگ می‌گردد (Soleymani *et al*., 2011). همچنین کاربرد آهن سبب افزایش معنی‌دار غلظت و جذب آهن در دانه، برگ، پرچم و افزایش پروتئین دانه گندم می‌شود (Abbas *et al*., 2009). مصرف عناصر ریزمغذی علاوه بر نقشی که در افزایش عملکرد کیفی و کمی محصولات کشاورزی دارند، در سلامتی انسان و دام که از مواد اولیه گیاهی استفاده می‌کنند، تأثیر به‌سزایی دارند و این به‌دلیل واردشدن این عناصر به قسمت‌های

* **نویسندهٔ مسئول**: گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود. همراه: ۰۹۱۵۳۵۹۸۴۰۴ h.makarian@yahoo.com

خوراکی این گیاهان مانند گندم، جو، حبوبات و قسمت‌های سبزی و غیره است که به‌عنوان غذای روزمره مصرف می‌شوند. لذا یکی از راه‌های ساده و اقتصادی برای نیل به خودکفایی و جامعه‌ای سالم و تندرست اضافه‌کردن عناصر ریزمغذی به خاک و یا مصرف آن به‌صورت محلول‌پاشی می‌باشد، تا بدین‌ترتیب علاوه‌بر افزایش تولید، غلظت عناصر ریزمغذی در محصولات کشاورزی افزایش یابد (Ghaderi & Malakooti, 2009). در محلول‌پاشی، میزان کاربرد عناصر نسبت به استفاده برای خاک، کمتر است، علاوه‌براین، کاربرد یکنواخت و به آسانی صورت می‌گیرد. همچنین، تأثیر محلول‌پاشی در پاسخ به کمبود ریزمغذی‌ها سریع بوده و پس از مشاهده علائم کمبود در تمام فصل رشد می‌تواند انجام شود (Zayed, *et al*., 2011). در همین راستا گزارش‌شده است که محلول‌پاشی آهن در چغندرقند روش مؤثری برای جبران کمبود آهن است و نسبت به روش مصرف خاکی تأثیر بیشتری دارد (Mortvedt, 1986). همچنین مصرف برگی عنصر ریزمغذی آهن موجب افزایش ارتفاع ساقه و در نتیجه عملکرد ماده خشک ذرت شده است (Whitty & Chambliss, 2005).

تغییرات ایجادشده در طبیعت در اثر کاربرد مواد شیمیایی مختلف به‌منظور افزایش بهره‌وری گیاهان، منجر به جستجوی روش‌های جدید جهت کاهش آلودگی آب، خاک و جو شده است (Aladjadjiyan, 2007). یکی از راه‌کارهای جدید برای افزایش امنیت‌غذایی استفاده از فناوری نانو می‌باشد (Musavi & Rezaei, 2011). مواد تولیدشده بر اساس فناوری نانو علاوه بر ایمنی بهداشتی بالاتر دارای قیمت کمتر و کیفیت بالاتر هستند (Warad & Dutta, 2006). Zhang *et al*, (2005) در مطالعه خود مبنی بر تأثیر نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم (TiO_2) در اسفناج گزارش کردند که بذرهایی که با نانو TiO_2 تیمار شده‌بودند گیاهانی تولید کردند که وزن خشک آن‌ها ۷۳درصد بیش‌تر بود. مطالعات Sheykhbagloo (2012) نشان داد که محلول‌پاشی با تیمار ۰/۷۵گرم در لیتر نانواکسیدآهن اثر مثبت و معنی‌داری بر افزایش میزان عناصر معدنی (آهن، منیزیم، کلسیم و فسفر) دانه سویا در مقایسه با تیمار شاهد داشت.

در کنار انجام محلول‌پاشی به‌جای مصرف خاکی مواد مغذی، استفاده از ترکیباتی که موجب تشدید اثربخشی عناصر محلول‌پاشی‌شده روی گیاه شوند نیز گامی مؤثر در کاهش مصرف مواد شیمیایی خواهد بود که علاوه‌بر این‌که هزینه تحمیل‌شده به کشاورز را کاهش می‌دهد، سبب کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی می‌گردد. مویان‌ها[1] ازجمله مواد افزودنی استفاده‌شده در کشاورزی می‌باشند که به‌منظور تغییر یا بهبود عملکرد عناصر فعال در یک فرآورده برای کنترل آفت و بیماری به‌کار برده می‌شوند. مویان‌ها معمولاً کشش سطحی پاشش را کاهش می‌دهند و متعاقباً موجب کاهش زاویه تماس با سطح برگ شده و خیس‌شدن بهتر سطح برگ را سبب می‌شوند. چنین خصوصیاتی موجب جذب ماده مؤثر بیشتر از طریق روزنه و کوتیکول خواهد شد (Penner, 2000). (1967) Edding & Brown در مطالعات خود نشان دادند که افزودن مویان‌ها منجر به افزایش جذب آهن از طریق برگ در گیاه سورگوم و لوبیا قرمز شد. با توجه به بررسی‌های انجام‌شده به‌نظر می‌رسد کاربرد مویان بتواند جذب برگی آهن و نانوذرات آن را در گیاه لوبیاسبز افزایش دهد. بنابراین هدف از این تحقیق بررسی تأثیر محلول‌پاشی اکسیدآهن نانو و میکرو به همراه مواد افزودنی بر برخی خصوصیات فیزیولوژیکی لوبیاسبز بود.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال ۱۳۹۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود با عرض جغرافیایی ۳۶درجه و ۲۹دقیقهٔ شمالی و طول جغرافیایی ۵۵درجه و ۵۷دقیقهٔ شرقی از نصف‌النهار گرینویچ انجام شد. میانگین ارتفاع منطقه از سطح دریا ۱۳۶۶متر، میانگین بارندگی سالانه بین ۱۵۰ تا ۱۶۰میلی‌متر و حداقل و حداکثر دمای منطقه به‌ترتیب ۱۳- و ۳۹درجه سانتی‌گراد می‌باشد. ویژگی‌های خاک مزرعه در جدول ۱ نشان‌داده‌شده است. آزمایش به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل محلول‌پاشی پنج‌غلظت آهن به‌صورت صفر، ۰/۲۵ و ۰/۵گرم در لیتر از میکروذرات آهن، ۰/۲۵ و ۰/۵گرم در لیتر از نانوذره آهن به‌عنوان سطوح فاکتور اول و مادهٔ افزودنی در سه سطح صفر، D.G ADJUVAN با غلظت ۰/۳ میلی‌لیتر در لیتر و RCP-5 با غلظت ۰/۵میلی‌لیتر در لیتر به‌عنوان سطوح فاکتور دوم بودند (غلظت مواد افزودنی با توصیه شرکت سازندهٔ آن، شرکت راک‌شیمی، انتخاب شد). زمین در سال قبل به‌صورت آیش بود. عملیات کاشت لوبیاسبز در تاریخ اول تیرماه ۱۳۹۱ به‌صورت دستی و در عمق ۳سانتی‌متری در محل داغ‌آب انجام شد. در هر کرت آزمایشی ۴خط کشت به طول ۳متر قرار داشت.

1- ADJUVANT

جدول ۱- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

Table 1. Physical and chemical analysis of soil

نیتروژن Nitrogen	فسفر Phosphorus	پتاسیم Potassium	آهن Iron	سولفات Soulphat	منیزیم Magnesium	کلسیم Calcium	مواد آلی(٪) Organic matter (%)	اسیدیته (pH)
	(ppm)			(mg/kg)				
0.09	15	114	3.40	5.1	20	32	0.53	8.0

فاصله بین خطوط ۵۰سانتی‌متر و فاصله بین بوته‌ها روی ردیف ۱۰سانتی‌متر بود. دو خط کشت به‌عنوان حاشیه و دو خط وسط جهت تعیین پارامترهای آزمایش درنظر گرفته‌شد. آبیاری به‌صورت جوی و پشته‌ای هر ۷روز یک‌بار انجام شد. محلول‌پاشی اکسیدآهن با غلظت‌های موردنظر طی یک مرحله همراه با مواد افزودنی ۵۵ روز پس از کشت هم‌زمان با شروع گلدهی انجام شد. شکل قابل‌استفاده عنصر در هر دو حالت میکرو و نانوذره اکسیدآهن بود. قطر نانو ذرات اکسیدآهن ۴۰-۲۰ نانومتر و میکروذرات آن ۱۰میکرومتر بود. نانوآهن از شرکت نانوپیشگامان‌مواد و آهن میکروذره از شرکت سپاهان‌طب اصفهان تهیه گردید. پس از جداسازی برگ‌ها و اندازه‌گیری سطح برگ توسط دستگاه سنجش سطح برگ[1] ، شاخص سطح برگ محاسبه گردید. میزان عنصر آهن در برگ، ۱۰روز پس از محلول‌پاشی (۶۵روز پس از کاشت) و در غلاف ۸۵ روز پس از کشت با دستگاه ICP[2] (مدل GBC Integra XL sequential ساخت کشور استرالیا) تعیین گردید. اندازه‌گیری پروتئین غلاف پس از برداشت به روش کجلدال[3] انجام شد. ضریب تبدیل پروتئین برای لوبیا ۶/۲۵ درنظر گرفته‌شد. برای محاسبه عملکرد پروتئین از حاصل‌ضرب عملکرد در درصد پروتئین دانه استفاده گردید.

محاسبه مقدار آب نسبی برگ از معادله زیر انجام شد (Mohsenzadeh *et al*, 2003).

معادله(۱):

= مقدارآب نسبی

۱۰۰×{(وزن خشک-وزن اشباع)/(وزن خشک-وزن تر)}

برای استخراج کلروفیل از برگ، ۰/۰۱گرم دیسک برگی از برگ‌های هم‌سن تهیه‌شده و پس از اضافه‌شدن ۶میلی‌لیتر دی‌متیل سولفوکسید به‌مدت ۴ساعت در دمای ۷۰درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. نمونه‌های حاوی کلروفیل در طول موج‌های ۶۶۳ ، ۶۴۵ و ۴۷۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر مدلJenway6305 قرائت شدند (Hiscox & Israelstam, 1978). مقادیر کلروفیل a، b و کاروتنوئید از روابط زیر به‌دست آمد. سپس این مقادیر بر حسب میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ محاسبه گردیدند.

$$chla_{(\mu g/ml)} = (۱۲/۲۵\ A۶۶۳) - (۲/۵۵\ A۶۴۵) \quad (۲)$$

$$chlb_{(\mu g/ml)} = (۲۰/۳۱\ A۶۴۵) - (۴/۹۱\ A۶۶۳) \quad (۳)$$

(۴)

$$carotenoids_{(\mu g/ml)} = (۱۰۰۰\ A۴۷۰ - ۱/۹۰\ chla - ۶۳/۱۴\ chlb)/۲۱۴$$

تجزیه و تحلیل داده‌ها بااستفاده از نرم‌افزار SAS (SAS Institute, 1999) و مقایسه میانگین‌ها بااستفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج‌درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

شاخص سطح برگ

هیچ‌کدام از منابع تغییر بر شاخص سطح برگ تأثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۲). در آزمایش Shariatmadari *et al*, (2011) شاخص سطح برگ آفتابگردان در محلول‌پاشی با غلظت پایین سولفات آهن (یک‌درهزار) تفاوت معنی‌داری با شاهد نشان نداد، درحالی‌که در غلظت‌های بالای سولفات آهن، این صفت افزایش معنی‌داری با تیمار شاهد نشان داد. به‌نظر می‌رسد غلظت‌های آهن به‌کاررفته در آزمایش ما نتوانسته است صفات کمی گیاه را به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار دهد. بنابراین باوجود تأثیر معنی‌دار غلظت‌های آهن به‌کاررفته بر صفات کیفی در این آزمایش، صفات کمّی تحت تأثیر معنی‌دار تیمارها قرار نگرفت.

ارتفاع ساقه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد اثر اصلی مواد افزودنی بر صفت ارتفاع ساقه معنی‌دار ($p< ۰/۰۱$) است. همان‌طورکه در شکل ۱ مشاهده می‌شود هر دو ماده افزودنی به‌صورت معنی‌دار و تقریباً به‌یک‌اندازه ارتفاع ساقه را نسبت به شاهد افزایش دادند. استفاده از RCP-5 ۱۵/۳۱درصد و D.G ADJUVANT ۱۳/۹۴درصد ارتفاع ساقه را بهبود داد. بیشترین ارتفاع با میانگین ۱۳/۴۰سانتی‌متر در RCP-5 مشاهده شد.

1- Leaf area meter
2- Inductively Coupled Plasma
3- Kejeldal

Parr & Norman (1964) بیان کردند که نقش بعضی مویان‌ها در سیستم بیولوژیکی تنها محدود به کاهش کشش سطحی نیست، بلکه احتمالاً مربوط به تأثیر بیوشیمیایی آن‌ها است. البته نحوه فعالیت مویان‌ها در سیستم بیولوژیکی هنوز مشخص نیست، اما احتمالاً به علت تنوع شیمیایی مواد تشکیل‌دهنده آن‌هاست. مواد افزودنی استفاده شده در این پژوهش از پلی‌مرهای کربوکسیلات هستند و باتوجه به نقش کربوکسیلات در سیستم فتوسنتز، احتمالاً به‌همین علت در بعضی صفات مانند ارتفاع، مواد افزودنی به تنهایی تأثیر مثبت داشته‌اند. در همین راستا Echer & Rosolem (2012) گزارش کردند که استفاده از ماده افزودنی سیلیکون ارگانیک روی تنظیم‌کننده‌های رشد تأثیر گذاشته و از این طریق روی رشد گیاه پنبه موثر بوده است.

عدم معنی‌داری اثر آهن بر ارتفاع بوته در پژوهش حاضر درحالی رقم خورد که برخی تحقیقات بیان‌گر اثر مثبت این عنصر بوده‌اند. به‌عنوان مثال بیشترین ارتفاع گیاه گندم رقم آتیلا با میانگین ۶۳/۴ سانتی‌متر مربوط به تیمار نانوذرات اکسیدآهن یک‌درصد بود (Mazaherinia *et al*. 2010).

جدول ۲- تجزیه واریانس برخی صفات فیزیولوژیکی لوبیاسبز تحت تأثیر محلول‌پاشی آهن و مواد افزودنی

Table 2: Analyses of variances of some physiological traits of green bean due to foliar application of iron and additive materials.

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی D.f.	میانگین مربعات Mean Square (MS)									
		سطح برگ Leaf area index	ارتفاع Height	آهن غلاف Pod Fe	آهن برگ Leaf Fe	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کاروتنوئید Carotenoid	پروتئین غلاف Pod protein	پروتئین Protein	محتوای نسبی آب برگ Relative Water Content
تکرار Replication	2	0.06	1.58	164.80	365.33	0.003	0.077	0.0024	13.92	3010.78	185.80
آهن Iron(A)	4	0.01^{ns}	3.70^{ns}	242.78**	16426.67^{ns}	0.031^{ns}	0.035^{ns}	0.0027*	5.76**	136121.67**	58.41*
مواد افزودنی Additive material (B)	2	0.007^{ns}	14.55**	317.07**	5516.93**	0.0004^{ns}	0.022^{ns}	0.0009^{ns}	0.92^{ns}	92029.33**	111.38*
مواد افزودنی × آهن A×B	8	0.01^{ns}	2.97^{ns}	426.91**	6980.006**	0.017^{ns}	0.032^{ns}	0.0014^{ns}	2.58*	297470.31**	41.04^{ns}
خطا Error	28	0.02	2.06	23.68	1449.05	0.015	0.021	0.0009	0.84	9506.61	21.14
CV(%)		22.32	11.27	18.60	19.34	15.46	14.99	26.31	5.07	9.38	6.87

ns: non-significant, * & **: Significant at α=0.05 & α=0.01, receptively

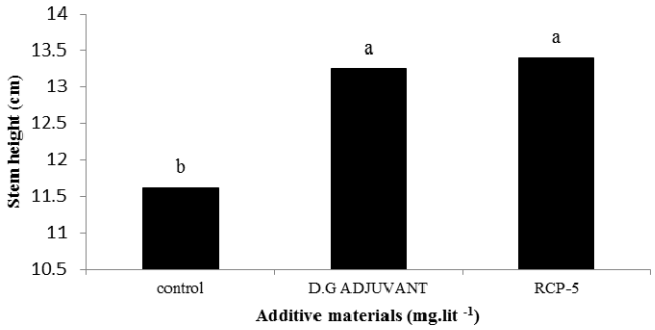
ns و ** و * به‌ترتیب به‌مفهوم معنی‌داری در سطح ۵ و ۱ درصد و غیرمعنی‌داری می‌باشد

محتوای آهن برگ

نتایج آنالیز واریانس نشان داد (جدول ۲) که تیمارهای مواد افزودنی و اثر متقابل آهن و مواد افزودنی بر صفت آهن برگ بسیار معنی‌دار شد. ترکیبات تیماری حاصل از آهن و مواد افزودنی از لحاظ تأثیرگذاری بر میزان آهن برگ در شکل ۲ مقایسه شده است. ملاحظه می‌گردد که محلول‌پاشی با هر دو فرم آهن با غلظت ۰/۲۵گرم در لیتر بدون وجود افزودنی نتوانست تأثیری بر آهن برگ داشته باشد، ولی اضافه‌شدن D.G ADJUVANT در همین شرایط میزان آهن برگ را به‌طور چشمگیری ارتقاء بخشید. بیشترین آهن برگ نیز در همان ترکیب تیماری ثبت گردید که بیشترین آهن غلاف وجود داشت. به این ترتیب، میزان آهن در برگ گیاهانی که آهن میکروذرات ۰/۲۵گرم در لیتر را به همراه D.G ADJUVANT دریافت کرده بودند، ۱۲۳/۵۸درصد بیشتر از گیاهان شاهد بود. شایان ذکر است اضافه‌شدن RCP-5 نیز در این شرایط تأثیر مثبت داشت که البته به لحاظ آماری نسبت به شاهد معنی‌دار نبود. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده به‌نظر می‌رسد در غلظت ۰/۵گرم در لیتر آهن در هر دو فرم میکرو و نانو نیازی به ماده افزودنی نباشد، چراکه این مواد افزودنی در آهن میکرو ۰/۵ اثر منفی داشتند و در نانوآهن ۰/۵ اثر معنی‌داری نداشتند. اگرچه افزودن RCP-5 به نانوآهن ۰/۵گرم در لیتر موجب بهبود آهن برگ گردید تا حدی که با

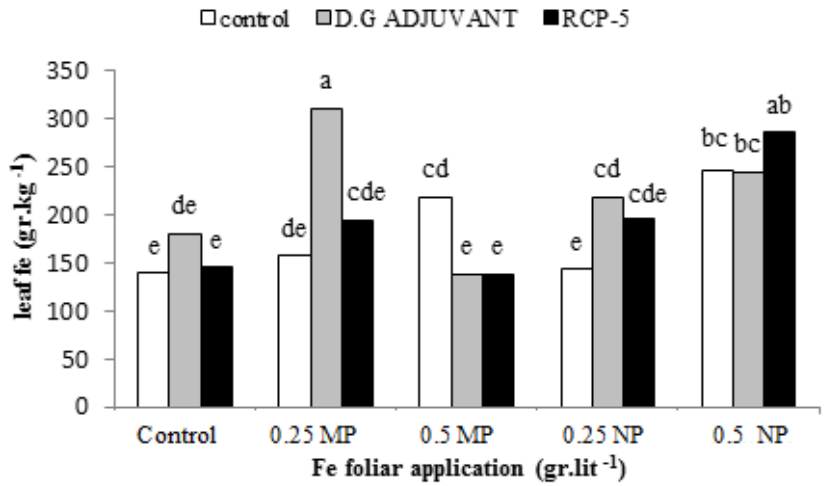
بیشترین مقدار ثبت‌شده برای این صفت در یک گروه آماری قرار گرفت. این درحالی‌است که آهن ۰/۵گرم در لیتر به‌تنهایی در هر دو فرم میزان آهن برگ را نسبت به گیاهان شاهد به طور معنی‌داری افزایش داد.

لذا از نتایج حاصل چنین استنباط می‌شود که می‌توان با افزودن موادی مانند D.G ADJUVANT و RCP-5 به محلول‌هایی با غلظت پایین آهن نتایجی معادل کاربرد غلظت‌های بالای آهن را از لحاظ تغییر در میزان این عنصر در برگ به‌دست آورد. گزارش‌شده است که در نتیجه کاربرد $CaCl_2$ در ترکیب با مویان RSO5 میزان کلسیم سیب به‌صورت معنی‌داری افزایش یافت. همچنین افزایش معنی‌دار نفوذ کلسیم از طریق کوتیکول میوه گوجه‌فرنگی با مویان RSO5 مشاهده شد. این احتمال وجود دارد که با اضافه‌کردن مویان‌های چربی‌دوست به محلول، سطح تماس بین قطرات محلول پاشیده‌شده با کوتیکول افزایش‌یافته و لذا جذب آهن بیشتری حاصل‌شده است (Schmitz-Eiberfer *et al*., 2002)



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر محلول‌پاشی مواد افزودنی بر ارتفاع ساقه لوبیاسبز

Fig. 1. Mean comparison effect of additive materials foliar application on green bean stem height

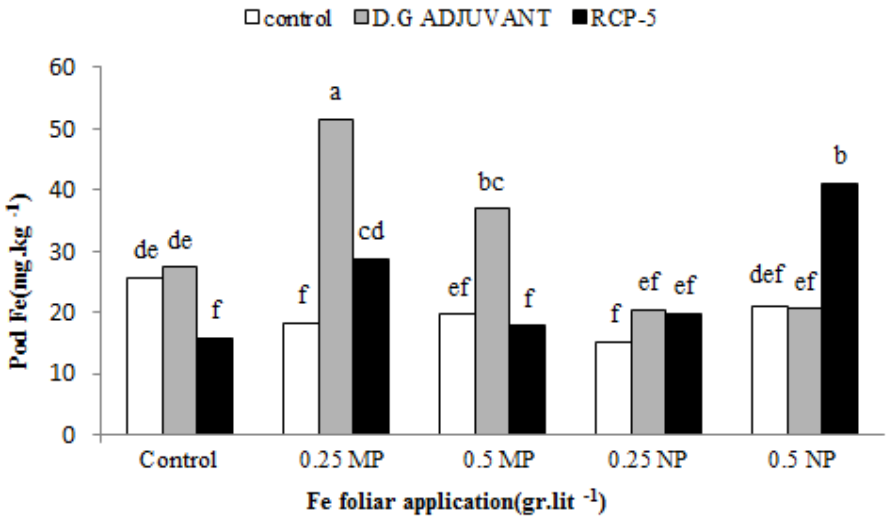


شکل ۲- مقایسه میانگین تأثیر محلول‌پاشی آهن و مواد افزودنی بر آهن برگ لوبیاسبز؛ (MP: میکروذرات، NP: نانوذرات)

Fig. 2. Mean comparison effect of iron and additive materials foliar application on green bean leaf iron (MP: micro- particle, NP: nano- particle)

محتوای آهن غلاف

تجزیه داده‌های حاصل از اندازه‌گیری میزان آهن موجود در غلاف نشان داد که اثر محلول‌پاشی آهن، مواد افزودنی و اثر متقابل آن‌ها بر میزان آهن غلاف معنی‌دار ($p<۰/۰۱$) شد (جدول ۲). در هر چهار سطح حاصل از آهن میکرو و نانو و غلظت‌های آن‌ها در شرایط عدم حضور ماده افزودنی اختلاف قابل‌توجهی در میزان آهن غلاف به‌دست نیامد و در مجموع کمتر از گیاهان شاهد بود.



شکل ۳- مقایسه میانگین تأثیر محلول‌پاشی آهن و مواد افزودنی بر آهن غلاف لوبیاسبز؛ (MP: میکروذرات، NP: نانوذرات)

Fig. 3. Mean comparison effect of iron and additive materials foliar application on green bean pod iron (MP: micro-particle, NP: nano- particle.)

افزودن D.G ADJUVANT در هر دو غلظت آهن میکرو مؤثرتر واقع شد و سبب افزایش آهن غلاف نسبت به گیاهان شاهد گردید، به طوری‌که در مجموع بالاترین مقدار (۵۱/۴۷میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر غلاف) از ترکیب تیماری آهن میکروذرات ۰/۲۵ × D.G ADJUVANT به‌دست آمد که به لحاظ آماری نیز نسبت به سایر ترکیبات تیماری برتر بود. توأم‌شدن نانوذرات آهن ۰/۵ با RCP-5 نیز به‌طور قابل‌توجهی آهن غلاف را بهبود بخشید (شکل ۳).

در مطالعه Mahmoudi *et al*, (2005) کمبود آهن منجر به کاهش معنی‌دار محتوای آهن بقولات مورد بررسی شد، هرچند این کاهش محتوای آهن بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه متفاوت بود. گزارش شده است که مویان‌های اضافه‌شده به محلول کلسیم می‌تواند حلال‌ها و مواد مرطوب‌کننده[1] را فعال کند و تماس و نفوذ محلول را در برگ افزایش دهد (Uhlig & Wissemeier, 2000). Harker & Ferguson, (1991) نیز پیشنهاد کردند که می‌توان از طریق اضافه‌کردن مویان به محلول، نفوذ کلسیم محلول‌پاشی‌شده را بهبود داد.

کلروفیل

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد هیچ‌کدام از منابع تغییر بر صفات کلروفیلa و کلروفیلb تأثیر معنی‌داری نداشت. در پژوهشی تأثیر محلول‌پاشی برخی عناصر غذایی بر خصوصیات کمی و کیفی پسته مورد بررسی قرار گرفت و نتایج آن نشان داد که بین میزان کلروفیل در تیمارهای مختلف کاربرد عناصر غذایی تفاوت معنی‌داری وجود نداشت، ولی بیشترین میزان کلروفیل در تیمار کاربرد منگنز و آهن و کمترین آن در شاهد مشاهده شد (Davary nejad *et al*., 2009). همین محققان اشاره کرده‌اند که آهن از عناصر مهم در تولید کلروفیل و در نهایت فتوسنتز می‌باشد و یکی از دلایل کاهش تأثیر آن روی کلروفیل، تحرک کم آن در گیاه می‌باشد. بنابراین، چنین به‌نظر می‌رسد که عدم تأثیرگذاری آهن روی کلروفیل در آزمایش ما در اثر محدودیت تحرک آن در گیاه بعد از جذب‌شدن باشد.

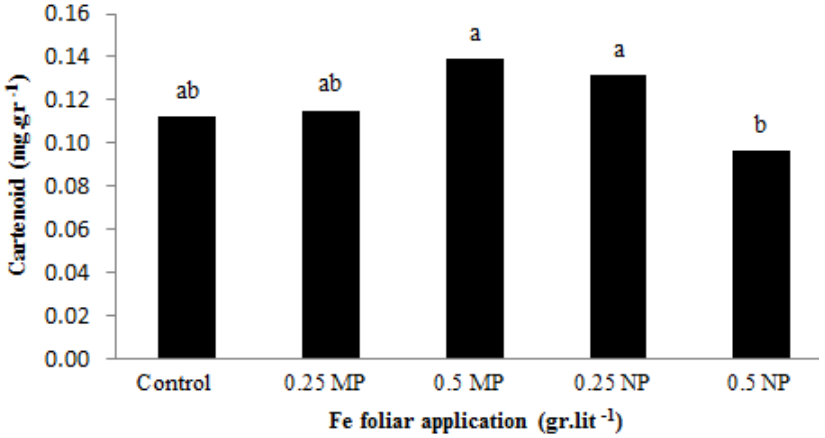
کاروتنوئید

از بین منابع تغییر، تنها اثر آهن ($p<0/05$) بر کاروتنوئید برگ معنی‌دار شد (جدول ۲). همان‌طورکه در شکل ۴ مشاهده می‌گردد در فرم آهن میکرو با افزایش غلظت آهن میزان کاروتنوئید بهبود یافت، به‌طوری‌که بیشترین میزان کاروتنوئید در غلظت ۰/۵گرم در لیتر آهن میکرو با میانگین ۰/۱۴میلی‌گرم بر گرم به‌دست آمد که ۲۷/۲۷درصد بیشتر از شاهد بود، البته این افزایش به لحاظ آماری معنی‌دار نبود. در فرم نانو افزایش غلظت آهن تأثیر منفی بر میزان کاروتنوئید داشت. همان‌طورکه ملاحظه می‌گردد، نانو آهن ۰/۵ با میانگین ۰/۰۹میلی‌گرم بر گرم وزن تر مقادیر پایینی از میزان

1- Humectants

کاروتنوئید را به نمایش گذاشت. نکته قابل‌توجه این‌است‌که به لحاظ تأثیرگذاری بر کاروتنوئید برگ با نصف غلظت آهن به شکل نانو (نانو آهن ۰/۲۵) تقریباً نتیجه‌ای معادل آهن میکرو ۰/۵گرم در لیتر به‌دست آمد. وجود کاروتنوئید در برگ علاوه‌بر کمک در جذب نور توسط سیستم آنتنی برگ، از نظر محافظت کلروفیل در مقابل رادیکال‌های آزاد اکسیژن نیز مفید است.

در مطالعات Peyvandi *et al*, (2011) اختلاف معنی‌داری در محتوای کاروتنوئید بین شاهد و مصرف آهن (نانوکلات و میکرو) در گیاه مرزه (*Satureja hortensis* L.) مشاهده نشد.



شکل ۴- مقایسه میانگین اثر محلول‌پاشی آهن بر کاروتنوئید برگ لوبیاسبز؛ (MP: میکروذرات، NP: نانوذرات)

Fig. 4. Mean comparison effect of iron foliar application on green bean leaf carotenoid (MP: micro- particle, NP: nano- particle)

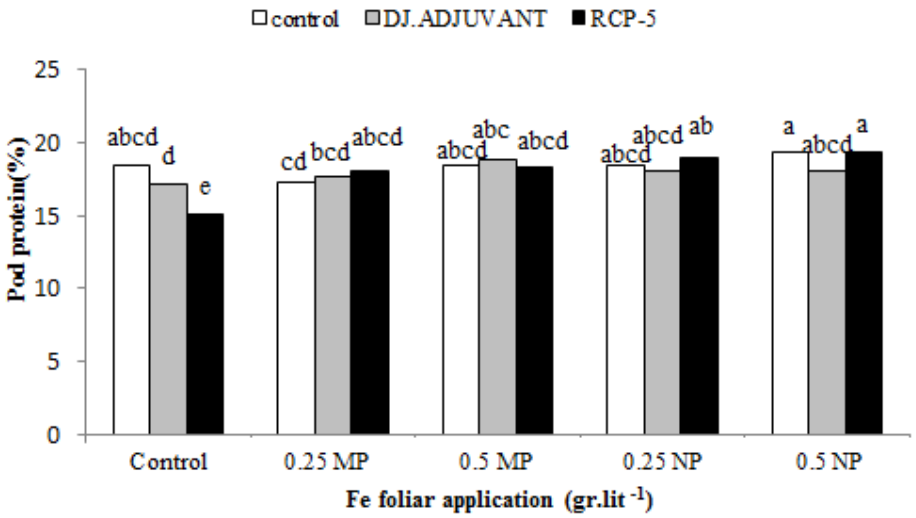
پروتئین غلاف

اثر آهن ($p\leq$۰/۰۱) و اثر متقابل آن با مواد افزودنی ($p\leq$۰/۰۵) بر صفت پروتئین غلاف معنی‌دار شد (جدول ۲). پروتئین موجود در غلاف گیاهان شاهد ۱۸/۴۵درصد بود (شکل ۵). محلول‌پاشی با هر دو ماده افزودنی به‌تنهایی در سطح صفر آهن، سبب کاهش پروتئین گردید. این کاهش در اثر RCP-5 از نظر آماری معنی‌دار بود، به‌این‌ترتیب کمترین پروتئین غلاف به میزان ۱۵/۱۵درصد در این شرایط ثبت گردید. پروتئین غلاف در سایر ترکیبات تیماری بین ۱۷/۲۰ تا ۱۹/۴۰ درصد متغیر بود، ولی اختلاف آن‌ها با یکدیگر و با شاهد معنی‌دار نبود. بااین‌وجود، بیشترین مقدار پروتئین غلاف در ترکیب تیماری نانوآهن ۰/۵ × RCP-5 به‌دست آمد. هم‌چنین، همین سطح از آهن بدون مادهٔ افزودنی با میانگین ۱۹/۳۵درصد مشاهده شد.

گزارش‌شده است که آهن در سنتز پروتئین نقش دارد و از آنجایی‌که نقش آهن در سنتز پروتئین همراه با کلروفیل می‌باشد، کمبود آهن سبب کاهش کلروفیل و در نتیجه منجر به کاهش درصد پروتئین می‌شود (Davrynejad *et al*., 2010). باتوجه به این‌که عنصر آهن یکی از مهم‌ترین عناصری است که در متابولیسم نیتروژن و در نتیجه افزایش سطح برگ گیاه نقش دارد (Tewari *et al*., 2005) پس می‌توان انتظار داشت که با اعمال تیمار آهن در گیاهانی که علائم کمبود این عنصر را نشان می‌دهند پروتئین‌سازی افزایش یابد.

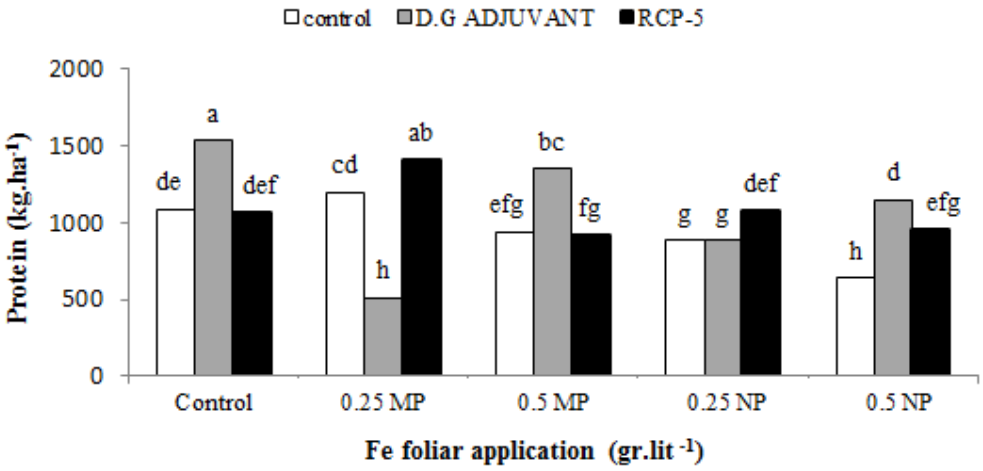
عملکرد پروتئین

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد اثر آهن، ماده افزودنی و اثر متقابل آن‌ها بر عملکرد پروتئین معنی‌دار ($p<$۰/۰۱) بود. در سطح صفر، آهن ۰/۵ و نانوآهن ۰/۵گرم در لیتر، محلول‌پاشی آهن همراه‌شده با D.G ADJUVANT عملکرد پروتئین را افزایش داد. بالاترین عملکرد پروتئین در سطح صفر آهن و محلول‌پاشی با D.G ADJUVANT به‌دست آمد. در غلظت ۰/۲۵ از هر دو فرم آهن این ماده افزودنی تأثیر مثبت نداشت و حتی تأثیر منفی بر این صفت داشت؛ به‌طوری‌که در ترکیب تیماری ۰/۲۵ آهن میکرو×D.G ADJUVANT با میانگین ۵۰۷کیلوگرم در هکتار مقادیر پایینی از این صفت دیده شد. در سطح ۰/۲۵ از هر دو فرم آهن، ماده افزودنی RCP-5 مفید واقع شد، به‌طوری‌که در سطح ۰/۲۵ میکرو افزایش حاصل‌شده به‌گونه‌ای بود که با ترکیب تیماری آهن صفر× D.G ADJUVANT (بیشترین عملکرد پروتئین) اختلاف معنی‌دار نداشت.



شکل ۵- مقایسه میانگین تأثیر محلول‌پاشی آهن و مواد افزودنی بر پروتئین غلاف لوبیاسبز؛ (MP: میکروذرات، NP: نانوذرات)

Fig. 5. Mean comparison effect of iron and additive materials foliar application on green bean pod protein (MP: micro- particle, NP: nano- particle)



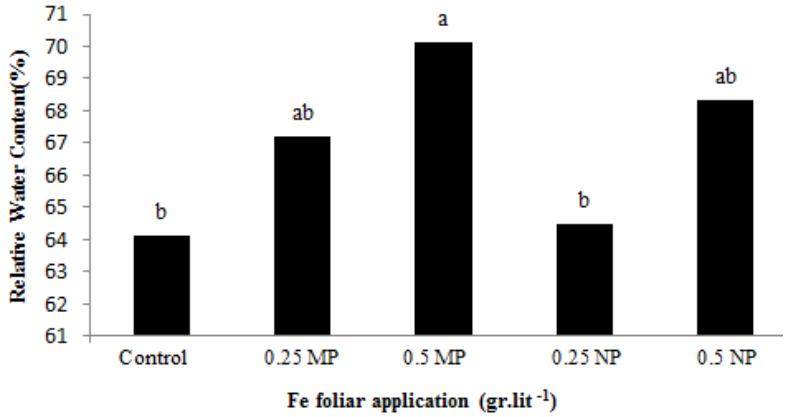
شکل ۶- مقایسه میانگین تأثیر محلول‌پاشی آهن و مواد افزودنی بر عملکرد پروتئین لوبیاسبز؛ (MP: میکروذرات، NP: نانوذرات)

Fig. 6. Mean comparison effect of iron and additive materials foliar application on green bean protein yield (MP: micro- particle, NP: nano- particle)

محتوای نسبی آب برگ

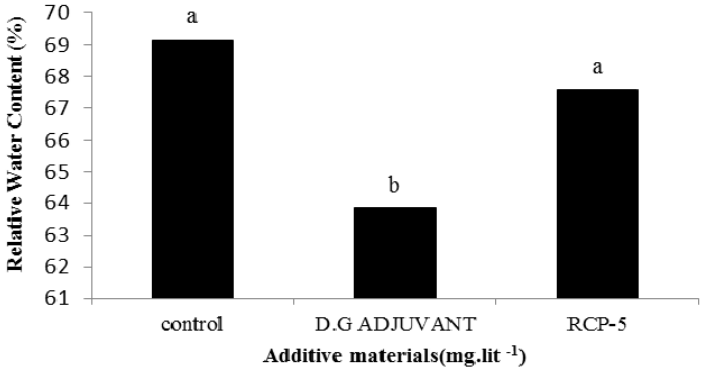
اثر آهن و ماده افزودنی بر محتوای نسبی آب برگ معنی‌دار ($p<0/05$) شد (جدول ۲). در هر دو فرم آهن با افزایش غلظت آهن میزان آب نسبی برگ نسبت به شاهد افزایش یافت، اما تنها در تیمار آهن ۰/۵ میکروذرات این افزایش معنی‌دار بود و بیشترین آب برگ با میانگین ۷۰/۱۰درصد در همین تیمار دیده شد که نسبت به شاهد ۶درصد محتوای آب برگ را افزایش داد (شکل۷).

کاهش رشد و فعالیت ریشه و افزایش میزان تبخیر و تعرق از جامعه گیاهی از عوامل مؤثر در کاهش محتوای نسبی آب شناخته شده‌اند (Venkateswarlu & Ramesh, 1993). در آزمایشی روی گیاه برنج کمبود آهن تأثیر معنی‌داری بر میزان درصد آب نسبی گیاه نداشت، ولی سمیت آهن در تیمارهای ۱۰۰ و ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر آهن منجر به کاهش درصد آب نسبی در این گیاه شد (Kiani chalmardi & Abdolzadeh, 2012).



شکل ۷- مقایسه میانگین تأثیر محلول‌پاشی آهن بر آب نسبی برگ؛ (MP: میکرو ذرات، NP: نانو ذرات)

Fig. 7. Mean comparison effect of iron foliar application on green bean leaf relative water contents (MP: micro- particle, NP: nano- particle)



شکل ۸- مقایسه میانگین تأثیر محلول‌پاشی مواد افزودنی بر محتوای آب نسبی برگ لوبیاسبز

Fig. 8. Mean comparison effect of additive materials foliar application on green bean relative water contents

استفاده از مواد افزودنی در هر دو فرم اثر منفی بر محتوای نسبی آب برگ داشت. البته استفاده از D.G ADJUVANT به‌صورت معنی‌داری آب نسبی برگ را (۵/۳۱درصد) نسبت به شاهد کاهش داد، ولی بین RCP-5 و شاهد از نظر آماری اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۸). یکی از اثرات مویان‌ها حل‌کردن کوتیکول گیاه می‌باشد، به‌طوری‌که از این طریق سبب افزایش نفوذ علف‌کش‌ها به درون گیاه می‌شوند (Kargar *et al*., 2014). احتمالاً در آزمایش ما نیز D.G ADJUVANT با خراش‌دهی و حل‌کردن کوتیکول ضمن افزایش جذب آهن، سبب تبخیر بیشتر آب از سطح کوتیکول و کاهش محتوای نسبی آب برگ گردیده است.

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی نتایج نشان داد که کاربرد ماده افزودنی D.G ADJUVANT در غلظت پایین آهن میکروذرات سبب افزایش میزان آهن در برگ و غلاف شد. در غلظت بالای نانوآهن محلول‌پاشی با RCP-5 مقادیر بالایی از پروتئین مشاهده شد. هر دو ماده افزودنی به‌طور معنی‌داری سبب افزایش ارتفاع لوبیاسبز گردید. براساس نتایج آزمایش، استفاده از مواد افزودنی تأثیر معنی‌داری در جذب و نفوذ اکسیدآهن به شکل میکرو و نانوذره از طریق برگ دارد. افزایش جذب آهن تحت تأثیر مواد افزودنی می‌تواند در غلظت‌های کم تأثیراتی معادل غلظت‌های بالا نشان دهد. در نتیجه، امکان کاهش مصرف و صرفه اقتصادی را برای مصرف‌کننده فراهم می‌کند.

سپاسگزاری

از جناب آقای مهندس بابک سلیم‌زاده و شرکت راک‌شیمی که مواد افزودنی را سخاوتمندانه در اختیار ما گذاشتند، همچنین از همکاری صمیمانه سرکار خانم مهندس زهرا محمدخانی و جناب مهندس هادی قاسمی در انجام این پژوهش سپاسگزاری می‌نماییم.

منابع

1. Abbas, G., Khan, M.Q., Khan, M.J., Hussain, F., and Hussain, I. 2009. Effect of iron on the growth and yield contributing parameters of wheat (*Triticum aestivum* L.). The Journal of Animal and Plant Sciences 19(3): 135-139.
2. Aladjadjiyan, A. 2007. The use of physical methods for plant growing stimulation in Bulgaria. Journal of Central European Agriculture 8: 369-380
3. Davrynejad, Gh., Azizi, M., and Akheratee, M. 2010. Effect of foliar nutrition on quality, quantity alternate bearing of Pistachio (*Pistacia vera* L.). Journal of Horticultural Sciences 23(2): 1-10. (In Persian with English Summary).
4. Edding, J.L., and Brown, A.L. 1967. Absorption and translocation foliar-applied Iron. Plant Physiology 42: 15-19.
5. EcherI F. R., and Rosolem, C. A. 2012. Plant growth regulator losses in cotton as affected by adjuvants and rain. Ciência Rural, Santa Maria 42(12): 2138-2144.
6. Ghaderi, J., and Malakouti, M.J. 2009. Manganese role in enhancing and enriching the grain research organization agricultural extension soil and water research institute. Technical bulletin No 46. (In Persian with English Summary).
7. Harker, F.R., and Ferguson, I.B. 1991. Effect of surfactant on calcium penetration of cuticles from apple fruit. Science of Horticulture 64: 225-233.
8. Hiscox, J.D., and Israelstam, G.F. 1978. A method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration. Canadian Journal of Botany 57: 1332-1334.
9. Hochmuth, G. 2011. Iron (Fe) Nutrition of Plants. University of Florida If as Extension. Sl 353. P: 1-8.
10. Kargar, M., Rashed Mohasse, M.H., Nezami, A., and Izedi Darbandi, E. 2014. Optimizing efficacy of clodinafop-propargyl with adjuvants on little seed canary grass (*Phalaris minor* Retz.) control. Journal of Plant Protection 2(28): 155-163. (In Persian with English Summary).
11. KianiChalmardi, Z., and Abdolzade, A. 2013. Effect of silicon in reduce the Iron deficiency and toxicity stress in hydroponically grown rice plants. Journal of Science and Technology 3(12): 79-88. (In Persian with English Summary).
12. Mahmoudi, H., Ksouri, R., Gharsalli, M., and Lachaal, M. 2005. Differences in responses to iron deficiency between two legumes: lentil (*Lens culinaris*) and chickpea (*Cicer arietinum*). Journal of Plant Physiology 162(11): 1237-1245.
13. Mazaherinia, S., Astaraei, A., Fotovat, A.R., and Maneshi, A. 2010. Effect of iron oxide (nano and ordinary) with compost of granular sulfur on iron concentration and growth of wheat crop. Journal of Iranian Agricultural Research 8(5): 855-861.(In Persian)
14. Mohsenzadeh, S., Farrahi-aschtiani, S., Malboobi, M.A., and Ghanati, F. 2003. Effect of drought and chlorocholine chloride on seedling and photosynthesis of two cultivars of wheat (*Triticum aestivum* L.). Pajouhesh- va- Sazandegi 60: 56-64. (In Persian)
15. Morales, F., Abadía, A., and Abadía, J. 1998. Photosynthesis, quenching of chlorophyll fluorescence and thermal energy dissipation in iron-deficient sugar beet leaves. Australian Journal of Plant Physiology 25: 403-412.
16. Mortvedt, J.J. 1986. Iron sources and management practices for correcting iron chlorosis problem. Journal of Plant Nutrition 9: 691-974.
17. Mousavi, S.R. 2011. Zinc in crop production and interaction with phosphorus. Australian Journal of Basic and Applied Science 5(9): 1503-1509.
18. Musavi, S.R., and Rezaei, M. 2011. Nanotechnology in agriculture and food production. Journal of Applied Environmental and Biological Science 1(10): 414-419.
19. Parr J.F., and Norman, A.G. 1964. Effects of nonionic surfactants on root growth and cation uptake. Plant physiology 39: 502-507.
20. Penner, D. 2000. Activator adjuvant. Weed Technology 14: 785-791.
21. Peyvandi, M., Kamali Jamakani, Z., and Mirza, M. 2011. Comparison of nano Fe chelat with Fe chelate effect on growth parameters and antioxidant enzymes activity of *Satureja hortensis*. New Cellular and Molecular Biotechnology Journal 2(5): 25-32. (In Persian with English Summary).
22. Schmitz-Eiberfer, M.A., Haefs, R., and Noga, G.J. 2002. Enhancing biological efficacy and rainfastness of foliar applied calcium chloride solutions by addition of rape seed oil surfactants. Journal of Plant Nutrition and Soil Science 165(5): 634-639.
23. Shariatmadari, M.H., Zamani, G.R., and Sayari, M.H. 2011. Effect of salinity stress and iron spraying on leaf area index, light absorption and relations with yield in sunflower (*Helianthus annuns* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 9(2): 285-293. (In Persian with English Summary).

24. Sheykhbaglou, R., Sedghi, M., Tajbaksh Shishevan, M., and Seyed Sharifi, R. 2012. Effect on foliar nano oxide iron mineral elements in soybean. First National Congress on Modern Agricultural Science and Technology. September 19-21, 2012. Zanjan University. (In Persian with English Summary).
25. Soleymani, A., Firouz, M., and Narnjany, l. 2012. Effect of application solution micronutrients on some physiological parameters affecting plant growth and dry matter yield of forage maize. Iranian Journal of Agricultural Research. 9(3): 340-347. (In Persian).
26. Stocking, C.R. 1975. Iron deficiency and the structure and physiology of maize chloroplasts. Plant physiology 55: 626-631.
27. SAS Institute. 1999. SAS/Stat User's Guide, Version 8.0. SAS Institute, Cary, NC.
28. Tewari, R.K., Kumar, P., and Sharma, P.N. 2005. Sign of oxidative stress in the chlorotic leaves of iron starved plants. Plant Science 169: 1037-1045.
29. Uhlig, B.A., and Wissemeier, A.H. 2000. Reduction of nano-ionic surfactant phytotoxicity by divalent cations. Crop Protection 19: 13-19.
30. Venkateswarlu, B., and Ramesh, K. 1993. Cell membrane stability and biochemical response of cultured cells of ground nut under polyethylene glycol-induced water stress. Plant Science 90: 179-185.
31. Warad, H.C., and Dutta, J. 2006. Nanotechnology for Agriculture and Food Systems-A Review. Asian Institute of Nanotechnology. 496 pp.
32. Whitty, E.N., and Chambliss, C.G. 2005. Fertilization of field and forage crops. Nevada State University Publication. 21 pp.
33. Zhang, L., Hong, F., Lu, S., and Liu, C. 2005. Effect of nano-TiO2 on strength of naturally aged seeds and growth of Spinach Biol. Trace Element Research 105: 83-9.
34. Zayed, B.A., Salem, A.K.M., and 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(2): 179-184.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 7, No. 1, 2016, p. 161-173

Effect of foliar application of nano and micro iron oxide particles with D.G ADJUVANT and RCP-5 additive material on some physiological traits of green bean (*Phaseolus vulgaris* L.)

Nozari Rad[1], D., Baradaran Firouzabadi[2], M., Makarian[2*], H., Farrokhi[3], N. & Gholami[2], A.

1. MSc. Student of Agronomy, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Iran
2. Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Iran
3. Department of Biotechnology, Faculty of Energy Engineering and New Technologies, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

Received: 31 May 2014
Accepted: 23 June 2015

Introduction

Iron (Fe) has a crucial biological role in human and plant growth. This micronutrient is a major player in chloroplast photosynthesis and enzymes. Although some enzymes, such as Fe-dependent superoxide dismutase, use molecular Fe as a cofactor directly, most proteins use Fe-containing factors. Various studies were carried out to understand the effect of nanoparticles on the growth of plants. Nano-particles have high reactivity because of the more specific surface area, more density of reactive areas, or increased reactivity of these areas on the particle surfaces. Sheykhbaglou *et al.* (2012) showed that application of nano-iron oxide particles increased soybean growth and yield than micro iron particles. Iron deficiency can be corrected by foliar application of iron more efficiently than the soil application of iron sources. To achieve maximum nutrient absorption via foliar applications, a fine mist application with spreading and wetting agents is desired. These agents provide quick wetting of plant tissue and more uniform coverage and as a result more absorption of solutions. Therefore, the objective of this study was to investigate the effect of foliar application of nano and micro iron oxide particles with additive material on some physiological traits of green bean (*Phaseolus vulgaris* L.).

Materials and Methods

This study was arranged as factorial based on randomized complete block design with three replications to investigate the effects of Fe nano particles (NP) and micro particles (MP) foliar application with additive material on some physiological traits of green bean at the Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology in 2012. Geographically, the site is located in Bastam (36° 29'E, 55° 57'N, 1366 m a.s.l.). The climate of this region is semi-arid. The first factor was foliar application of Fe in five levels (0, 0.25, and 0.5 g L^{-1}; in two forms: NP and MP) and the second factor was additive materials in three levels (0, D.G ADJUVANT and RCP-5). The foliar application was performed 55 days after sowing in the beginning of flowering stage. At harvest, the plant characteristics namely leaf area index, height, pod and leaf iron, chlorophyll, carotenoid and protein were also registered. Statistical analyses of data were performed with statistical software MSTAT-C. Significant differences between means refer to the probability level of 0.05 by LSD test.

Results and Discussion

Results showed that leaf area index was not affected by treatments. The highest Fe level in leaves (311 mg kg^{-1}) and in pods (51.47 mg kg^{-1}) was obtained by application of 0.25 g L^{-1} Fe MP + D.G ADJUVANT (figures 2 and 3). Bybordi & Mamedov (2010) reported that with spraying of Fe the highest amount of Fe accumulation was obtained in canola leaf. RCP-5+0.5 g L^{-1} Fe NP treatment showed the highest pod protein content.

* **Corresponding Author:** h.makarian@yahoo.com

Monsef Afshar *et al*., (2012) represented that foliar application of Fe increased protein percentage of leaf compared to the other treatments. Micro-Nutrients such as Fe and zinc participate in the structure of proteins and also in nitrogen metabolism and thereby may also cause to increase the protein amount. Uhlig & Wissemeier (2000) recorded an increased cuticular penetration of calcium containing surfactants. Leaf and stem tissues can inhibit initial nutrient absorption by means of waxy substances in the cuticle. Thus, it seems that D.G ADJUVANT and RCP-5 have improved the effects of Fe on plant characteristics through increasing absorption of iron especially in low concentrations. Similar to our results Singh et al., (1990) reported that application of iron sulphate and iron pyrite decreased chlorosis and increased chlorophyll and carotenoid contents of groundnut leaves significantly.

Conclusion

Based on the results of the present study, using additive materials such as D.G ADJUVANT and RCP-5 can enhance the effects of iron as nano and micro particles on chlorophyll contents and pod protein of green bean through providing quick wetting of plant tissue and more uniform coverage with increased spray retention by reducing the surface tension of the spray droplets.

Key words: Adjuvants, Leaf Absorption, Legumes, Micronutrients