نشریه دانش آب و خاک / جلد ۲۹ شماره ۳صفحه‌های ۱۳۵ تا ۱۴۶ / سال ۱۳۹۸

تأثیر مصرف توأم نیتروژن وآهن بر شاخص کلروفیل وبرخی ویژگی‌های رشد ذرت علوفه‌ای در شرایط گلخانه‌ای

فرید صادقی سعادتلو[۱]، عادل ریحانی‌تبار*[۲]، نصرت اله نجفی[۲]، احمد بابیوردی[۳]

تاریخ دریافت: ۹۶/۰٤/۱۳ تاریخ پذیرش:۹۷/۱۲/۲٦

۱-فارغ التحصیل کارشناسی ارشد علوم خاک دانشگاه تبریز

۲-دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک دانشگاه تبریز

۳-عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: areyhani@tabrizu.ac.ir

چکیده

در این پژوهش تأثیر مصرف توأم نیتروژن وآهن بر شاخص کلروفیل و برخی ویژگی‌های رشد ذرت(*Zea mays* L.) آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در شرایط گلخانه‌ای انجام گردید. فاکتورها شامل نیتروژن در سه سطح صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم نیتروژن بر کیلوگرم خاک از دو منبع اوره و اوره با پوشش گوگردی و آهن در سه سطح صفر، ۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم آهن بر کیلوگرم خاک از دو منبع سکوسترین آهن تجاری (Fe-EDDHA) و سولفات آهن ($FeSO_4.7H_2O$) بودند. بر اساس نتایج به‌دست آمده اثر اصلی نیتروژن و آهن بر شاخص کلروفیل برگ‌ها و صفات رشد اندازه گیری شده معنادار بود ($p<0.01$). با این حال، اثر متقابل این دو فقط بر ماده خشک بخش هوایی و شاخص کلروفیل برگ‌ها ($p<0.05$) معنادار شد؛ به‌طوری‌که بیشترین ماده خشک بخش هوایی ذرت در تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک از منبع اوره همراه با ۱۰ میلی‌گرم آهن در کیلوگرم خاک از منبع سکوسترین به‌دست آمد. بیشترین شاخص کلروفیل برگ‌های ذرت نیز مربوط به تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم نیتروژن از منبع اوره با پوشش گوگردی همراه با ۲۰ میلی‌گرم آهن در کیلوگرم خاک از منبع سولفات آهن بود. در ویژگی‌های رشد اندازه گیری شده بین دو منبع نیتروژن مورد استفاده در این تحقیق یعنی اوره و اوره با پوشش گوگردی تفاوت معناداری مشاهده نشد.

واژه‌های کلیدی: آهن، اوره، اوره با پوشش گوگردی، برهمکنش، نیتروژن

Effects of Combined Application of Nitrogen (N) and Iron (Fe) on Chlorophyll Index and Some Growth Characteristic of Corn Plant under Greenhouse Conditions

F Sadeghi Saadatlou[1], A Reyhanitabar[2*], N Najafi[2], A Bybordi[3]

Received: August 23, 2017 Accepted: December 16, 2018
[1]M.Sc. Graduate, Dept. of Soil Sci., Faculty of Agric., Univ. of Tabriz, Iran
[2]Assoc. Prof., Dept. of Soil Sci., Faculty of Agric., Univ. of Tabriz, Iran
[3]Faculty members of Agricultural and Natural Resource Research Center of East Azerbaijan, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Iran
Corresponding Author, Email: areyhani@tabrizu.ac.ir*

Abstract

In this research, the effects of combined application of nitrogen (N) and iron (Fe) on the chlorophyll index and some growth characteristics of corn were studied using a factorial experiment based on completely randomized design with three replications under greenhouse conditions. The factors were N from two sources including urea and sulfur coated urea (SCU) in 3 levels (0, 100 and 200 mg N kg^{-1}) and the Fe from two sources including commercial Fe-EDDHA and ferrous sulfate ($FeSO_4.7H_2O$) in 3 levels (0, 10 and 20 mg Fe kg^{-1}). The results showed that the main effects of both sources of N and Fe on chlorophyll index and growth characteristic of corn plan were significant ($p<0.01$). Also, the interaction effect of N and Fe on shoot dry weight and leaf chlorophyll index was significant ($p<0.05$), so that the maximum shoot dry weight of corn was obtained with 200 mg N kg^{-1} as urea with 10 mg Fe kg^{-1} as Fe-EDDHA. The maximum leaf chlorophyll index was recorded in treatment with 200 mg N kg^{-1} from source of SCU with 20 mg Fe kg^{-1} as $FeSO_4.7H_2O$. In the most studied traits the difference between the two nitrogen sources, namely, urea and SCU was not significant.

Keywords: Interaction, Iron, Nitrogen, Urea, Sulfur coated urea

مقدمه

ذرت گیاهی از خانواده غلات با دوره رشد نسبتاً کوتاه و عملکرد بالاست که در سطح جهانی از نظر میزان تولید در واحد سطح بعد از گندم در رتبه دوم و از نظر سطح زیر کشت بعد از گندم و برنج مقام سوم را به خود اختصاص داده است (ملکوتی۱۹۹۵). اولین عنصری که کمبود آن در خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک مثل کشور ما مطرح می‌شود نیتروژن است، زیرا میزان مواد آلی خاک اندک است. حدود ٦٣/٢ درصد خاک‌های کشور کمتر از یک درصد کربن آلی دارند و این رقم برای استان آذربایجان شرقی حدود ٨١/٢ درصد است (شهبازی و بشارتی ۱۳۹۲، ملکوتی و همایی۱۳۸۳). هدررفت نیتروژن از طریق فرایندهای مختلف باعث شده است که کارایی مصرف آن برای تولید محصولات کشاورزی پایین باشد. بازیابی نیتروژن برای تولید غلاتی از قبیل ذرت حدود ۳۳ درصد بوده و ٦٧ درصد باقی‌مانده که در سطح جهانی ارزش کودی آن بالغ بر ۲۰میلیارد دلار است به هدر می‌رود (ملکوتی۱۹۹۵).

آهن یکی از عناصر ضروری و کم مصرف برای گیاهان است که عملکرد و کیفیت گیاهان را با افزایش مقدار کلروفیل برگ و میزان کربوهیدرات‌ها افزایش می‌دهد (ایرماک و همکاران ۲۰۱۲) و بیش از ٤٠ درصد خاک‌های کشور و استان آذربایجان شرقی دچار کمبود آهن قابل‌جذب هستند (شهبازی و بشارتی ٢٠١٤). آهن در سوخت‌وساز آنزیم‌ها و در سوخت‌وساز پروتئین‌ها در ساخت کلروفیل، تکامل کلروپلاست، در فتوسنتز، تنفس گیاه، واکنش‌های اکسایش-کاهش، سوخت‌وساز اسیدهای آلی و غیره نقش دارد (فاجریا ۲۰۱۰). برهمکنش

نیتروژن با سایر عناصر غذایی به‌ویژه آهن عامل مهمی در بهبود کارایی مصرف نیتروژن و آهن است. بهبود جذب عناصر غذایی پرمصرف مثل فسفر و پتاسیم توسط نیتروژن در منابع اثبات شده است و دلایل آن افزایش تارهای کشنده وتغییرات شیمیایی ریزوسفر توسط نیتروژن اعلام شده است (مارشنر۲۰۱۲). برهمکنش نیتروژن با عناصر غذایی کم‌مصرف عمدتاً به تغییرات pH ریزوسفر ربط داده می‌شود. اگر نیتروژن به شکل آمونیوم جذب شود pH ریزوسفر کاهش و جذب اکثر عناصر غذایی کم‌مصرف از جمله آهن افزایش می‌یابد و در مورد جذب به شکل نیترات عکس آن اتفاق می‌افتد. افزایش رشد گیاه زراعی به‌دلیل کاربرد نیتروژن ممکن است تقاضای گیاه برای عناصر غذایی کم‌مصرف را افزایش و کمبود به‌دلیل پدیده اثر رقت ایجاد شود. شادمهر و گلچین (۱۳۸۸) گزارش کردند که در یک خاک آهکی تأثیر منابع کود نیتروژن بر میزان عملکرد و غلظت نیتروژن و آهن معنادار بوده و بیش‌ترین میزان عملکرد از منبع کود اوره با پوشش گوگردی در سطح ٤۰۰ کیلوگرم در هکتار حاصل شد. گادسی و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردند که استفاده از کودهای آهن‌دار در گیاه ذرت موجب افزایش معنادار عملکرد بخش دانه شد. محققان ایرانی با انجام آزمایشی در خاک‌های آهکی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی مشاهده نمودند که حدود ۲۰ روز قبل از ظهور سنبله‌ها که نیاز تغذیه‌ای گیاه بالا است با استفاده از کود نیتروژن و سولفات آهن سرعت رشد محصول و سطح برگ افزایش یافت(ملکوتی۱۹۹۵). جعفری و همکاران (۲۰۱۳) با انجام آزمایش گلخانه‌ای گزارش کردند که اثرهای اصلی نیتروژن و کلات آهن و اثر متقابل آنها بر وزن تر و خشک اندام‌های هوایی گیاه دارویی شوید معنادار شد و بیشترین وزن تر و خشک اندام‌های هوایی در تیمار ٤۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و محلول‌پاشی با کلات آهن مشاهده شد. یولداس و همکاران (۲۰۰۸) نیز گزارش نمودند که با افزایش سطوح نیتروژن مصرفی افزایش معنادار غلظت آهن در برگ کلم بروکلی مشاهده شد. ریحانی تبار(۲۰۱۰) گزارش کرد که در خاک‌های آهکی ایران غلظت آهن قابل جذب به شدت بین خاک‌های مورد مطالعه متغیر بود وآزمون های رایج آزمون خاک معمولا غلظت آهن قابل جذب خاک را در این خاک‌ها کمتر از مقدار واقعی برآورد می کنند.

هدف از انجام این تحقیق مطالعه تأثیر مصرف توأم نیتروژن و آهن از منابع مختلف بر شاخص کلروفیل برگ و برخی ویژگی‌های رشد ذرت علوفه‌ای در یک خاک آهکی با کمبود نیتروژن و آهن قابل‌جذب بود.

مواد و روش‌ها

برای انجام این تحقیق خاکی با بافت متوسط که دارای کمبود نیتروژن و آهن قابل‌جذب بود انتخاب و از عمق صفر تا ۲۵ سانتی‌متری آن نمونه مرکب تهیه شد. بعد از هوا خشک کردن و عبور از الک دو میلی‌متری ویژگی‌های زیر در آن تعیین شدند:

تعیین بافت خاک به روش هیدرومتری ٤ زمانه (گی و بودر۱۹۸٦)، تعیین pH در تعلیق ۱:۱ آب به خاک (توماس ۱۹۹٦)، تعیین کربن آلی به روش اکسایش‌تر (نلسون و سامرز۱۹۹٦)، تعیین کربنات کلسیم معادل (CCE) به روش خنثی‌سازی با اسید و تیتراسیون با سودسوزآور (آلیسون و مودیه۱۹٦۵)، تعیین قابلیت هدایت الکتریکی (EC) در عصاره اشباع (رودز ۱۹۹٦) و رطوبت معادل ظرفیت مزرعه (FC) با استفاده از دستگاه صفحات فشاری. فسفر قابل‌جذب با عصاره‌گیر اولسن) (اولسن و همکاران ۱۹۵٤)، پتاسیم قابل‌جذب با عصاره‌گیر استات آمونیوم (جونز ۲۰۰۱)، روی، آهن، منگنز و مس قابل‌جذب با عصاره‌گیر DTPA (لیندزی و نورول ۱۹۷۸) تعیین شدند. به جز نیتروژن و آهن که تیمارهای آزمایش بودند بقیه عناصر غذایی بر طبق آزمون خاک و توصیه‌های رایج کودی مصرف شدند (ملکوتی و همکاران۱۳۷۹). برای این منظور ٤۰ میلی گرم فسفر، ۵۰ میلی گرم پتاسیم، ۱۰ میلی گرم روی و منگنز و ۵ میلی

گرم مس بر کیلوگرم خاک مصرف شد. منابع کودهای استفاده شده سوپرفسفات تریپل، سولفات پتاسیم، سولفات روی، سولفات منگنز و سولفات مس بودند. برای رفع این کمبودها عناصر غذایی مورد نیاز در آب مقطر لازم برای رسیدن رطوبت خاک به ظرفیت مزرعه حل و با خاک به خوبی مخلوط شد. سپس خاک برای مدتی رها شد تا هوا خشک شود. دو بار رطوبت به ظرفیت مزرعه رسانده شد و چرخه خشک شدن تکرار شد تا عناصر مصرفی به تعادل برسند و پس از آن تیمارها اعمال شد. این تحقیق گلخانه‌ای در سه تکرار وبه‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در گلخانه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی انجام شد. فاکتورها شامل نیتروژن از دو منبع اوره و اوره با پوشش گوگردی درسه سطح (صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم نیتروژن بر کیلوگرم خاک)، آهن از دو منبع سکوسترین تجاری (Fe-EDDHA) و سولفات آهن ($FeSO_4.7H_2O$) در سه سطح (صفر، ۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم آهن بر کیلوگرم خاک)، با کاشت گیاه ذرت *Zea mays* (L.) رقم سینگل کراس ۷۰٤ در گلخانه در گلدان‌های حاوی ٦ کیلوگرم خاک تا زمان مشاهده شدن کاکل به اجرا درآمد. بعد از اتمام دوره رشد رویشی، ارتفاع گیاه (از محل طوقه تا بلندترین برگ بوته‌ها)، قطر ساقه (با استفاده از کولیس) و شاخص کلروفیل برگ با استفاده از دستگاه کلروفیل‌سنج اندازه‌گیری شدند. سپس بخش هوایی از محل طوقه بریده و پس از شستشو با آب مقطر روی پارچه‌ای سفید پخش شدند تا آب اضافی آن‌ها گرفته شود و در انتها با ترازوی دیجیتالی با دقت ±۰/۰۱ وزن تر اندازه‌گیری شد. بعداً به پاکت‌های کاغذی منتقل و به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۷۰ درجه سلسیوس قرار گرفتند و وزن خشک بخش هوایی اندازه‌گیری شد. رسم نمودارها با نرم افزار Excel و تحلیل آماری داده‌ها با نرم افزار MSTATC و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ انجام شد.

نتایج و بحث

برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک آهکی مورد استفاده در آزمایش در جدول (۱) ارائه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود این خاک دارای نیتروژن کل کم و آهن قابل‌جذب ناکافی بود و البته به غیر از نیتروژن و آهن بقیه عناصر دچار کمبود تا حد مطلوب مصرف شدند. همچنین شوری به عنوان متغیر ثانویه در این آزمایش مطرح نبود (نیشابوری و ریحانی تبار ۲۰۰۰).

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی وشیمیایی خاک مورد استفاده در این تحقیق.

کلاس بافت	شن	سیلت	رس	کربنات کلسیم معادل	کربن آلی	FC	pH	EC ($dS\ m^{-1}$)
	(%)							
لوم شنی	٦٦	۲۰	١٤	۱۱	۰/٤٥	١٦/٦	۷/۸۷	۱/٦٦

ادامه جدول ۱-

نیتروژن کل	فسفر	پتاسیم	روی	مس	آهن	منگنز
(%)	قابل‌جذب ($mg\ kg^{-1}$)					
۰/۰٥٥	۳/٦٦	۱۸۸	۰/۳۲	۰/۸۸	۱/۲	۳/٤

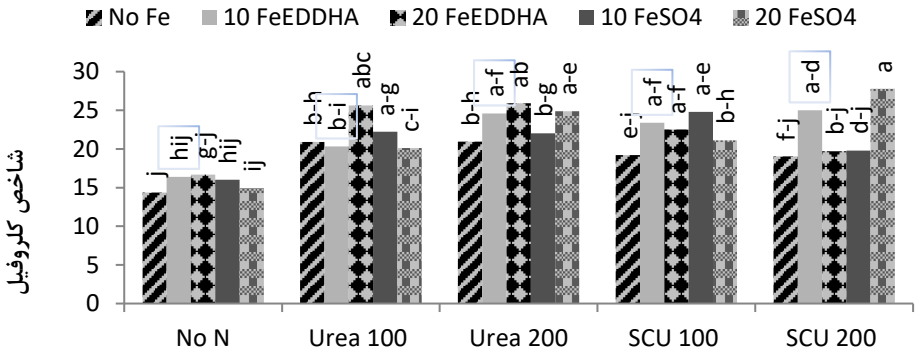
جدول ۲- تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای مختلف کود نیتروژن و آهن بر برخی ویژگی‌های رشد ذرت.

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات (MS)			
		شاخص کلروفیل	ارتفاع بوته	قطر ساقه	وزن خشک بخش هوایی
نیتروژن	٤	١٤٦/٤**	٣١٣٩/٨*	٣٨/٣**	٤٠٥/٤**
آهن	٤	٢٦/٢*	١٦٩٧**	١٦/١**	٨٣/٦*
نیتروژن × آهن	١٦	١٦/٢*	١٠٩/١ ns	٣/٣ ns	٧٠/٨**
خطا	٥٠	٨/٣	٢٤٧/١	٢/٣	٢٩/٥
ضریب تغییرات (درصد)		١٣/٦	١٣/٢	٩/٩	١٥/٤

s، ** و * به‌ترتیب غیر معنادار، معنادار در سطح احتمال یک و پنج درصد

شاخص کلروفیل برگ

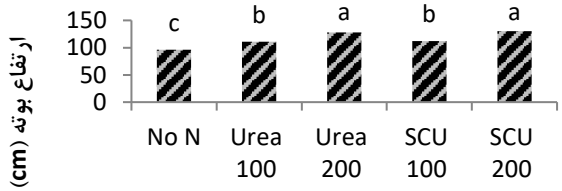
با توجه به نتایج تجزیه واریانس، اثر اصلی نیتروژن و آهن و اثر متقابل نیتروژن× آهن بر صفت شاخص کلروفیل معنادار بود (جدول۲). مقایسه میانگین‌های شاخص کلروفیل برگ‌های ذرت نشان داد که بیشترین میزان شاخص کلروفیل مربوط به تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک از منبع اوره با پوشش گوگردی (SCU) همراه با ۲۰ میلی‌گرم آهن در کیلوگرم خاک از منبع سولفات آهن بود که البته از نظر آماری تفاوت معناداری با سطح ۱۰۰SCU با $۱۰FeSO_4$، ۲۰۰ اوره با $۲۰FeSO_4$ و ۱۰۰ اوره با $FeSO_4$ ۱۰ نداشت. همچنین کمترین شاخص کلروفیل مربوط به شاهد بدون مصرف نیتروژن و آهن بود. بر اساس نتایج این تحقیق و در شرایط گلخانه در صورت عدم مصرف کود نیتروژن (شاهد) و تیمارهای ۲۰۰ میلی‌گرم نیتروژن از منبع اوره و ۱۰۰ میلی‌گرم نیتروژن از منبع اوره با پوشش گوگردی شاخص کلروفیل برگ‌های ذرت تحت تأثیر آهن مصرفی قرار نگرفت، ولی در تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم نیتروژن از منبع اوره با پوشش گوگردی کاربرد آهن اثر معناداری بسته به نوع و مقدار کود داشت. تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم نیتروژن از منبع اوره با پوشش گوگردی ، ۱۰ میلی‌گرم آهن در کیلوگرم خاک از منبع سکوسترین، ۲۰ میلی‌گرم آهن در کیلوگرم خاک از منبع سولفات آهن افزایشی به‌ترتیب ۳۱/۵ و ٤۲/۱ درصدی را در شاخص کلروفیل برگ‌های ذرت باعث شدند (شکل۱). با توجه به نقش آهن در ساخت کلروفیل این نتایج قابل انتظار بود. البته نتایج مشابهی توسط امان الله و همکاران (۲۰۱۲) گزارش شده است که کاربرد کود آهن افزایشی ۳۱ درصدی را در شاخص کلروفیل برگ‌های ذرت باعث شد. همچنین بر طبق گزارش چیلیک و همکاران (۲۰۱۰) با افزایش میزان کود آهن مصرفی از ۳۰ میکرومولار به ۱۲۰ میکرومولار، میزان شاخص کلروفیل برگ‌های ذرت به‌طور معناداری افزایش یافت. با توجه به نتایج این تحقیق، بسته به منبع نیتروژن و مقدار مصرف آن، تأثیر کود آهن بر شاخص کلروفیل برگ‌ها می‌تواند متفاوت باشد، چرا که این دو نوع کود در فرایند فتوسنتز با هم رابطه دارند (علی و همکاران ۲۰۱۵ ، اتان و همکاران۲۰۱۱). هوزبریان (۲۰۱۳) گزارش کرد که کمبود نیتروژن می‌تواند در نقش آهن در تولید کلروفیل در گوجه فرنگی اختلال ایجاد کند.



شکل ۱- مقایسه میانگین‌های شاخص کلروفیل برگ برای اثر متقابل نیتروژن و آهن (حروف لاتین متفاوت بیانگر تفاوت معنادار در سطح احتمال ۵ درصد با آزمون دانکن است).

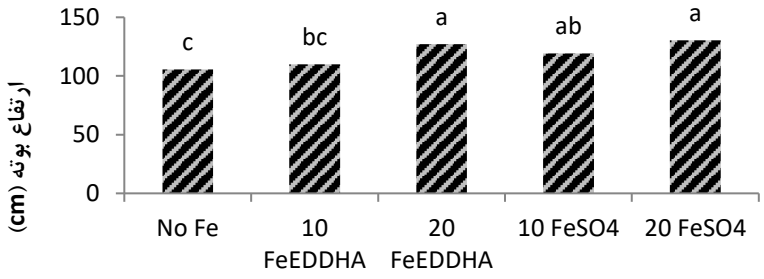
در این بررسی در تیمار ۱۰ میلی‌گرم آهن در کیلوگرم خاک از منبع سکوسترین، تمامی سطوح نیتروژن به غیر از ۱۰۰ میلی‌گرم نیتروژن از منبع اوره افزایش معناداری را در شاخص کلروفیل باعث شدند. در تیمار ۲۰ میلی‌گرم آهن در کیلوگرم خاک از منبع سکوسترین و ۱۰ میلی‌گرم آهن در کیلوگرم خاک از منبع فرو سولفات نیز تمامی سطوح نیتروژن به غیر از ۲۰۰ میلی‌گرم اوره با پوشش گوگردی در کیلوگرم خاک افزایش معناداری را در شاخص کلروفیل باعث شدند. در تیمار ۲۰ میلی‌گرم آهن در کیلوگرم خاک به شکل فرو سولفات تمامی سطوح اوره افزایش معناداری را در شاخص کلروفیل برگ‌های ذرت باعث شدند. جعفری و همکاران (۲۰۱۳) در بررسی که بر روی گیاه شوید انجام دادند، گزارش نمودند که کاربرد تلفیقی آهن و نیتروژن تأثیر بیشتری را بر شاخص کلروفیل نسبت به هر یک به تنهایی داشت. آنان برهمکنش مثبت این دو عنصر را در مورد این صفت مهم رشد گزارش نمودند. در تحقیق حاضر مطابق انتظار کاربرد کود نیتروژن شاخص کلروفیل برگ‌های ذرت را به‌طور معناداری افزایش داد، چرا که نیتروژن بیش از سایر عناصر معدنی در ساختمان کلروفیل مشارکت داشته و در کمبود نیتروژن میزان تولید پروتئین‌های کلروپلاست کاهش و کلروز برگی ایجاد می‌شود (افروشه و همکاران ۲۰۱۰). در این مطالعه شاخص کلروفیل با ارتفاع بوته‌های ذرت همبستگی معنادار و مثبتی (r=/۷۱**) داشت، زیرا با افزایش میزان کلروفیل برگ‌های ذرت، بر میزان فتوسنتز افزوده می‌شود (یوسف تبار ۲۰۱۳).

ارتفاع بوته



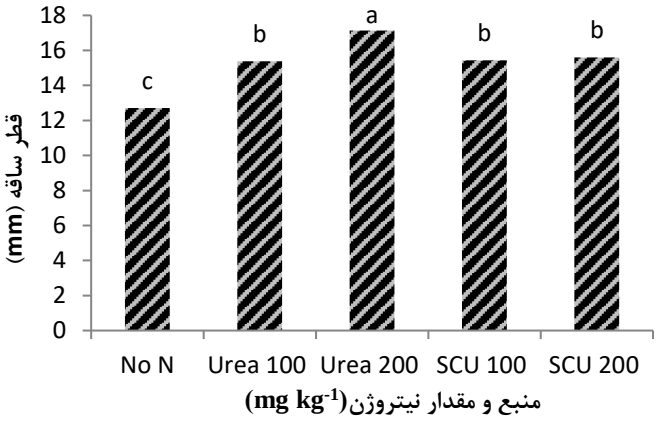
شکل ۲- مقایسه میانگین‌های ارتفاع بوته برای اثر اصلی منبع و مقدار نیتروژن (حروف لاتین متفاوت بیانگر تفاوت معنادار در سطح احتمال ۵درصد است)

بر اساس نتایج به‌دست آمده از تجزیه واریانس هر دو عامل نیتروژن و آهن اثر معناداری بر ارتفاع بوته‌های ذرت داشتند (جدول۲). مقایسه میانگین‌های ارتفاع بوته برای تأثیر منبع و مقدار کود نیتروژنی نشان داد که هر دو نوع کود در هر دو سطح افزایش معنادار و مشابهی را در ارتفاع بوته‌های ذرت باعث شدند. شاید یکی از دلایل اصلی عدم تفاوت معنادار اوره معمولی با اوره با پوشش گوگردی به شرایط این آزمایش گلخانه‌ای بر می‌گردد که امکان آبشویی وجود نداشت. همچنین به‌دلیل خاصیت بافری خاک و عدم افزودن باکتری‌های تیوباسیلوس به خاک، ظاهراً گوگرد همراه در کود اوره با پوشش گوگردی نتوانسته با اکسایش و تولید اسید و کاهش pH خاک باعث تفاوت معنادار بین دو منبع شود. در این تحقیق بیشترین ارتفاع بوته در تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم نیتروژن از منابع اوره و اوره با پوشش گوگردی حاصل شد (شکل۱). نتایج حاصله با گزارش نعمتی و شریفی (۲۰۱۲) مطابقت داشت که افزایشی ۲۲/۵ درصدی در ارتفاع بوته ذرت با کاربرد کود نیتروژنی را گزارش کرده بودند. اثر اصلی آهن مصرفی بر ارتفاع بوته در شکل ۳ قابل مشاهده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود بیشترین ارتفاع بوته در تیمار ۲۰ میلی‌گرم آهن از منبع سکوسترین مشاهده شد، اما تفاوت معناداری با سطح ۱۰ و ۲۰ آهن از منبع سولفات آهن مصرفی نداشت. همچنین عدم تفاوت معنادار سطح ۱۰ میلی‌گرم آهن از منبع سکوسترین آهن با شاهد در شکل ۳ قابل مشاهده است.



شکل ۳- مقایسه میانگین‌های ارتفاع بوته برای اثر اصلی منبع و مقدار کود آهن (حروف لاتین متفاوت بیانگر تفاوت معنادار در سطح احتمال ۵درصد است)

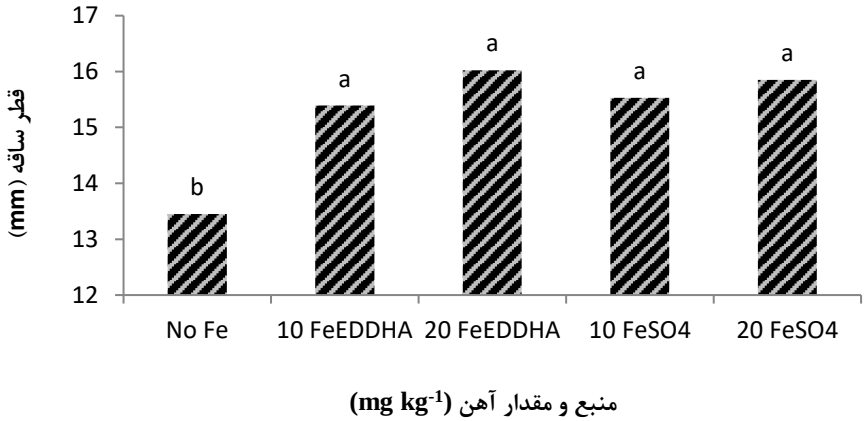
همچنین اگرچه مصرف ۲۰ میلی‌گرم آهن از منبع سکوسترین نسبت به شاهد افزایش معناداری در این صفت مورد مطالعه نشان داد اما نتوانست با سطح ۱۰ از منبع سولفات آهن تفاوت معناداری داشته باشد (شکل۳). به‌طورکلی در شرایط این آزمایش گلخانه‌ای از نظر ارتفاع بوته سطوح متناظر آهن از هر دو منبع تأثیر مشابهی از خود نشان دادند. این یافته ما مشابه با گزارش حیدری کهل و همکاران (۲۰۱۳) است که در آزمایش خود با درخت هلو در باغات منطقه شهریار استان تهران گزارش کردند که مصرف سولفات آهن به همراه مواد آلی به اندازه کلات آهن در رفع کلروز آهن مؤثر بود. آنان همچنین بیان کردند که غلظت منگنز برگ درخت هلو در تیمار کلات آهن کاهش شدیدی یافته در حالی که این ویژگی منفی در مصرف سولفات آهن دیده نشد. خلیلی محله و رشدی (۲۰۰۸) در بررسی تأثیر کاربرد عناصر غذایی کم‌مصرف آهن، روی و منگنز در مراحل مختلف رشدی ذرت مشاهده نمودند که کاربرد این عناصر غذایی، افزایش معناداری را در ارتفاع بوته‌های ذرت باعث شدند. آهن در فرآیندهای رشدی گیاه از جمله ساخت کلروفیل، ساخت تیلاکوییید و توسعه کلروپلاست نقش مهمی دارد (بزرگی ۲۰۱۲). قزوینه و همکاران (۲۰۱۲) نیز افزایش معنادار ارتفاع بوته ذرت را با کاربرد کود آهن مشاهده نمودند.



شکل٤- مقایسه میانگین‌های قطر ساقه برای اثر اصلی منبع و مقدار نیتروژن (حروف لاتین متفاوت بیانگر تفاوت معنادار در سطح احتمال ٥درصد است)

قطر ساقه

تجزیه واریانس قطر ساقه نشان داد که در شرایط این آزمایش گلدانی هر دو فاکتور نیتروژن و آهن اثر معناداری بر قطر ساقه ذرت داشتند (جدول۲). با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها، هر دو منبع نیتروژن در هر دو سطح مصرفی افزایش معناداری را در قطر ساقه ذرت باعث شدند، ولی بیشترین میزان افزایش مربوط به تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک از منبع اوره بود که با بقیه سطوح تفاوت معنادار آماری داشت. در این تیمار قطر ساقه ذرت ۱۷/۱٤ میلی‌متر به‌دست آمد که در مقایسه با عدم کاربرد کود به میزان ۳٤/٦ درصد بیشتر بود (شکل ۲). بوداک چارپیجی و همکاران (۲۰۱۰) نیز افزایش قطر ساقه ذرت را با کاربرد کود نیتروژن گزارش نمودند.



شکل ٥- مقایسه میانگین‌های قطر ساقه برای اثر اصلی منبع و مقدار آهن (حروف لاتین متفاوت بیانگر تفاوت معنادار در سطح احتمال ٥ درصد است)

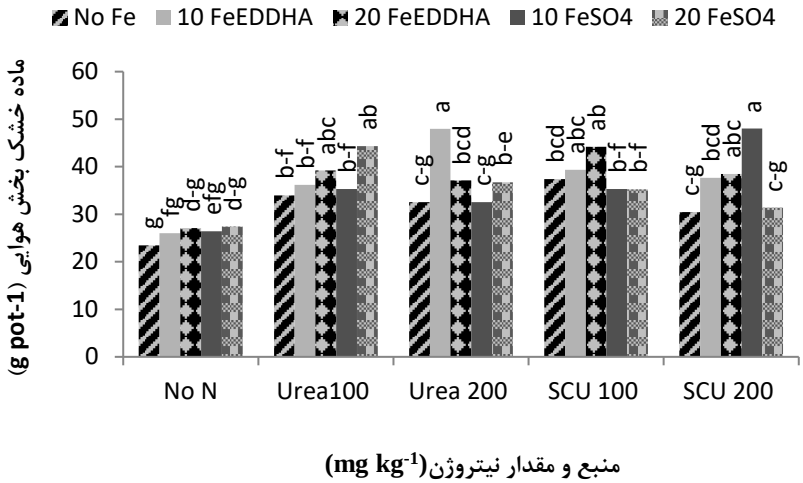
باتوجه به شکل ٥ مشاهده می‌شود که آهن مصرف شده صرف نظر از نوع منبع آن اثر معناداری بر قطر ساقه داشته است. بیشترین قطر ساقه مربوط به منبع سکوسترین و سطح ۲۰ میلی‌گرم آهن بر کیلوگرم بود،

اگرچه تفاوت معناداری با بقیه سطوح به استثنای شاهد نداشت (شکل ۳).

درامولا و همکاران (۲۰۱۱) نیز تأثیر کاربرد نیتروژن را در ذرت بررسی و افزایش معناداری را در وزن تر بخش هوایی ذرت به‌دست آوردند. در خاک‌های آهکی و قلیایی آهن به شکل آهن سه ظرفیتی رسوب و غلظت آهن در محلول خاک کمتر از سطح بحرانی مورد نیاز گیاهان زراعی است و معمولا با کاربرد کود آهن بر وزن تر و خشک بخش هوایی بوته‌های ذرت به‌طور معناداری افزوده می‌شود(هاولین وهمکاران ۱۹۹۹).

ماده خشک بخش هوایی

با توجه به نتایج تجزیه واریانس، در شرایط این پژوهش اثر اصلی نیتروژن و آهن و اثر متقابل این دو عنصر ضروری بر ماده خشک بخش هوایی ذرت علوفه‌ای معنادار بودند (جدول ۲). بیشترین وزن ماده خشک بخش هوایی با ٤٧ و ٤٨ گرم در گلدان مربوط به دو تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک از منبع اوره همراه با ۱۰ میلی‌گرم آهن در کیلوگرم خاک از منبع سکوسترین و ۲۰۰ میلی‌گرم نیتروژن از منبع اوره با پوشش گوگردی همراه با ۱۰ میلی‌گرم آهن از منبع سولفات آهن بود. کمترین ماده خشک نیز متعلق به گلدان شاهد بدون مصرف نیتروژن و آهن بود. بر اساس نتایج به‌دست آمده از این مطالعه در تیمارهای ۱۰۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک از منبع اوره و اوره با پوشش گوگردی مصرف کود آهن تأثیر معناداری بر وزن خشک بخش هوایی نداشت، ولی در دو تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک از منبع اوره و اوره با پوشش گوگردی کاربرد کود آهن بسته به نوع و مقدار کاربرد اثر افزایشی داشت. در تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم نیتروژن از منبع اوره تیمار ۱۰ میلی‌گرم آهن از منبع سکوسترین افزایشی ٤٦/٨ درصدی را در وزن خشک بخش هوایی باعث شد. در تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم نیتروژن از منبع اوره با پوشش گوگردی نیز تنها تیمار ۱۰ میلی‌گرم آهن از منبع فروسولفات افزایش معناداری را در وزن خشک بخش هوایی ذرت باعث شد که البته با تیمار ۲۰ میلی‌گرم آهن از منبع سکوسترین تفاوت معناداری نداشت (شکل ٦). در این مطالعه در شرایط عدم کاربرد کود آهن تنها تیمارهای ۱۰۰ میلی‌گرم نیتروژن از هر دو منبع اوره و اوره با پوشش گوگردی افزایش معناداری در وزن خشک بخش هوایی ذرت باعث شده و در مقایسه با عدم مصرف کود نیتروژنی به‌ترتیب ٤٤/٨ و ٥٣/٤ درصد باعث افزایش شدند. نیتروژن در فتوسنتز نقش بسیار مهمی دارد. بررسی‌ها نشان داده که نیتروژن میزان فتوسنتز گیاه را در واحد سطح به میزان ٣٤ درصد افزایش می‌دهد (حکم علیپور و دربندی، ۲۰۱۱). از سوی دیگر نیتروژن با افزایش سطح برگ‌ها، میزان تولید زیست‌توده را در گیاه افزایش می‌دهد (اکمل و همکاران، ۲۰۱۰). به‌رغم اینکه در شرایط این مطالعه گلدانی بین دو کود اوره و اوره با پوشش گوگردی تفاوت معناداری وجود نداشت، ولی گروهی از محققان در شرایط مزرعه تفاوت‌هایی را گزارش نموده‌اند. به عنوان مثال طاهرخانی و همکاران (١٣٨٤) گزارش نمودند که کود اوره معمولی در شرایط مزرعه‌ای وزن خشک بیشتری را در مقایسه با کود اوره با پوشش گوگرد دار باعث شد. آنان دلیل آن را عدم تامین کافی نیتروژن مورد نیاز گیاه به‌دلیل کندی آزاد شدن آن از کود اوره با پوشش گوگردی بیان کردند.



شکل ٦- مقایسه میانگین‌های ماده خشک بخش هوایی برای اثر متقابل نیتروژن و آهن (حروف لاتین متفاوت بیانگر تفاوت معنادار در سطح احتمال ٥ درصد است)

تیمار ۱۰ میلی‌گرم آهن در کیلوگرم خاک از منبع سکوسترین، تیمارهای ۲۰۰ میلی‌گرم نیتروژن از منبع اوره و ۱۰۰ و ۲۰۰میلی‌گرم نیتروژن از منبع اوره با پوشش گوگردی افزایش معناداری را در وزن خشک بخش هوایی باعث شدند که بیشترین میزان افزایش با ٨٤/٢ درصد مربوط به ۲۰۰ میلی‌گرم اوره بود. در تیمار ۲۰ میلی‌گرم آهن از منبع سکوسترین وتیمار ۲۰۰ میلی‌گرم اوره تأثیر معناداری بر وزن خشک بخش هوایی ذرت نداشت، ولی تیمارهای ۱۰۰ میلی‌گرم اوره، ۱۰۰ میلی‌گرم اوره با پوشش گوگردی و ۲۰۰ میلی‌گرم اوره با پوشش گوگردی در کیلوگرم خاک افزایش معنادار و مشابهی را در وزن خشک بخش هوایی باعث شدند. در تیمار ۱۰ میلی‌گرم آهن از منبع سولفات آهن تنها تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم اوره با پوشش گوگردی افزایش معنادار ٨٤/٦ درصدی را در وزن خشک بخش هوایی باعث شد. در تیمار ۲۰ میلی‌گرم آهن در کیلوگرم خاک از منبع سولفات نیز تنها تیمار ۱۰۰ میلی‌گرم اوره بر وزن خشک بخش هوایی ذرت به میزان ٦١/٦ درصد افزود، ولی سایر تیمارهای کود نیتروژنی تأثیر معناداری بر وزن خشک بخش هوایی ذرت نداشتند.

نتیجه‌گیری کلی

در این بررسی گلخانه‌ای کود نیتروژن و آهن از هر دو منبع مورد استفاده افزایش معناداری را در ویژگی‌های ارتفاع بوته و قطر ساقه در یک خاک آهکی با بافت متوسط باعث شدند، ولی بین دو منبع کود نیتروژن مصرفی (اوره و اوره با پوشش گوگردی) و آهن (سولفات آهن و سکوسترین آهن) باهمدیگر تفاوت معناداری مشاهده نشد که دلیل این نتیجه را می‌توان به شرایط گلخانه‌ای ربط داد. در شرایط عدم کاربرد کود آهن تنها تیمارهای ۱۰۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک از منبع اوره و اوره با پوشش گوگردی افزایش معناداری را در وزن خشک بخش هوایی ذرت باعث شدند ولی سطوح بالای مصرف کود نیتروژن افزایش معناداری را باعث نشدند. این موضوع دلایل متعددی می‌تواند داشته باشد. به عنوان مثال در سطوح بالای اوره به‌دلیل هیدرولیز آن در خاک آهکی کربنات آمونیوم تولید می‌شود که آمونیوم تولیدی هم می‌تواند در شرایط قلیایی مقداری به آمونیاک تصعید شود که اثر منفی هر دو ماده بر رشد ریشه اثبات شده است. همچنین چون در نبود آهن کافی مصرف بیشتر نیتروژن به عدم تعادل عناصر غذایی منجر می‌شود لذا موجب کاهش رشد می‌شود. در شرایط این آزمایش گلخانه‌ای بیشترین ماده

خشک بخش هوایی ذرت در گلدان‌هایی به وقوع پیوست که در هر کیلوگرم خاک ۱۰۰ میلی‌گرم نیتروژن از منبع اوره به همراه ۱۰ میلی‌گرم آهن به شکل سکوسترین و ۲۰۰ میلی‌گرم نیتروژن به شکل اوره با پوشش گوگردی همراه با ۱۰ میلی‌گرم آهن به شکل فروسولفات دریافت کرده بودند. انجام این آزمایش در شرایط مزرعه و در خاک‌های با بافت و سایر ویژگی‌های مختلف و مقایسه نتایج با گلخانه توصیه می‌شود.

منابع مورد استفاده

Afrousheh MH, Hokmabadi H and Mirseyed Hosseini, 2010. Effect of nitrogen, iron, magnesium, manganese and molybdenum deficiencies on biochemical and ecophysiol ogical characteri stics of pistachio seedling (Pistacia vera) Pp.53-63. In: Zakyn th in Os G. (ed.). XIV GREMPA Meeting on Pistachios and Almonds. Zaragoza: CIHEAM / FAO / AUA / TEI Kalamatas / NAGREF.

Akmal M, Hameed-Ur-Rehman, Farhatullah M, Asim and H, Akbar, 2010. Response of maize varieties to nitrogen application for leaf area profile, crop growth, yield and yield components. Pakistanean Journal of Botanic 42(3): 1941-1947.

Ali NS, Hassan WdF and Janno FO, 2015. Soil iron and nitrogen availability and their uptake by Maize plants as related to mineral and bio nitrogen fertilizers application. Agriculture and Biology Journal of North America 6: 118-122.

Allison LE and Moodie CD, 1965. Carbonate, Pp.1379-1396. In: Black CA (ed), Methods of Soil Analysis. Part2. American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, Madison, WI.

Amanullah MJH, Archana S, Manoharan and S Subramanian, 2012. Influence of iron and Am inoculation on metabolically active iron, chlorophyll content and yield of hybrids maize in calcareous soil. Journal of Agronomy 11: 27-30.

Bozorgi HR, 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.). Journal of Agricultural and Biological Science 7: 104-116.

Budakli Çarpici E N, Çelik G, Bayram, 2010. Yield and quality of forage maize as influenced by plant density and nitrogen rate. Turkish Journal of Field Crops 15(2): 128-132.

Chelik HBB, Ashik S, Gurel AV, Kat Kat, 2010. Effects of potassium and iron on macro element uptake of maize. Zemdirbyste Agriculture 97: 11-22.

Daramola DS, Ogunnowo DA, Aina OJ, Olawuyi AA, Agbolade JO and, Nwadike JC, 2011. Maize (*Zea mays* L.) growth and tissue nitrogen responses to organic manure and its mineral-nitrogen fortifications. Scholarly Journal of Agricultural Science 1(4): 47-54.

Ethan SAC, Odunze ST, Abu and Iwuafor ENO, 2011. Effect of water management and nitrogen rates on iron concentration and yield in lowland rice. Agriculture and Biology Journal of North America 4: 622-629.

Fageria, NK, 2009. The Use of Nutrients in Crop Plants. CRC by Press Taylor & Francis Group LLC.

Gee, GW, and Bauder JW, 2002. Particle size analysis. Pp. 201-214. In Jacob HD and Clarke Topp G (eds). Methods of Soil Analysis. Part 4. Physical Methods. Soil Science Society of America, Madison, WI.

Ghazvineh S and M Yousefi, 2012. Study the effect of micronutrient application on yield and yield components of maize. American-Eurasian Journal of Agriculture & Environment Science 12 (2): 144-147.

Godsey CB, Schmidt AJ, Schlegel RK, Taylor CR, Thompson JP and Gehl RJ, 2003. Correcting iron deficiency in corn with seed row applied iron sulfate. Agronomy Journal 95: 160-166.

Havlin J, Beaton J D, Tisdale S L, and Nelson W L, 1999. Soil Fertility and Fertilizers. Soil Science Society of America. Madison, WI.

Heydari KH, SamarM and Ardalan M, 2013. Soil injection of Iron sulfate, an inexpensive method for controlling iron deficiency of fruit trees. Journal of Land Manegment 2(2)151-160

Hokmalipour S, and M Hamele Darbandi, 2011. Effects of nitrogen fertilizer on chlorophyll content and other leaf indicate in three cultivars of maize (*Zea mays* L.). World Applied Sciences Journal 15 (12): 1780-1785.

Hozhbryan M, 2013. Effects of different levels of urea on the growth and yield of tomato. Journal of Novel

Applied Sciences 2: 1031-1035.
Khalili Mahalleh J,and Roshdi M, 2008. Effect of foliar application of micronutrients on quantitative and qualitative characteristics of 704 Silage Corn in Khoy. Seed and Plant Improvement Journal 24:45-51.
Irmak SA, Nuran Çıl H, Yücel and Z Kaya, 2012. The effects of iron application to soil and foliar on agronomic properties and yield of peanut (*Arachis hypogaea*). Journal of Food, Agriculture and Environment 10: 417 - 422.
Jackson GD, 2000. Nitrogen fertilization of dry land malt barley for yield and quality. Journal of Applied Science Research 5: 79-86.
Jones BJ, 2001. Laboratory Guide for Conducting Soil Tests and Plant Analysis. CRC Press, USA.
Lindsay WL, and Norvell WA, 1978. Development of a DTPA test for zinc, iron, manganese and copper. Soil Science Society of American Journal 42, 421-428.

Jafari FA, Gholchin J, Mohammadi J, Aram H, 2013. The effects of nitrogen and foliar application of iron amino chelate on yield and growth indices of dill (Anethum graveolans L.) medical plant. Third National Conference on Agricultural and Food Industries, Islamic Azad University, Fasa, Iran.
Malakouti MJ and Homaee M, 1995. Soil Fertility in Arid Region (2nd ed)Tarbiat Modarres University Press, Tehran,Iran.
Marschner H, and Marschner P, 2012. Mineral Nutrition of Higher Plants, Academic press. Elsiver, Netherland.
Nelson DW and Sommers L E, 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter. Pp.539-579. Page, PA, Helmke, RH, Loeppert, PN, Soltanpour, MA, Tabatabai, GT, Johanson, and ME, Summer (eds). Methods of Soil Analysis. 2nd ed Part 2. ASA, SSSA, Madison, WI, USA.
Nemati AR, and R Seyed Sharifi, 2012. Effects of rates and nitrogen application timing on yield, agronomic characterstics and nitrogen use efficiency in corn. International Journal of Agriculture and Crop Sciences. 4: 534-539.
Nyshaburi MR and Reyhanitabar A, 2000. Interpreting Soil Test Results (Translated in Persian). Tabriz University Press, 216p.
Olsen SR, and Sommers LE, 1982. Phosphorus, pb. 403-430, In Page, P, A, Helmke, R, H, Loeppert, P, N, Soltanpour, M, A, Tabatabai, G, T, Johanson, and M, E, Summer (eds). Methods of Soil Analysis, 2nd ed. Part 2. Agronomy No. 9. American Society of Agronomy, Madison, WI.
Olsen SR, Cole CV, Watanabe F S, and Dean LA, 1954. Estimation of available phosphorus in soil by extraction with sodium bicarbonate. USDA. Cire. 939 U.S. Gov. Print office, Washington, DC.
Reyhanitabr A, 2010. Kinetics of DTPA Extraction of Iron from Some Calcareous Soils of Iran. Water and Soil Science (In Persian) 20:47-60.
Shahbazi K, and Besharati H, 2014. Overview of Agricultural Soil Fertility Status of Iran. Journal of Land Management 1(1):1-17
Taherkhani M, Golchin A, Noormohammadi G, 2006. The effects of different rates of sulfur coated urea and other nitrogen fertilizer sources on seed yield and quality of winter rapeseed. Iranian Journal of Agriculture Science 11(2):179-191
Yoldas FS, Ceylan B, Yagmur and N Morologan, 2008. Effect of nitrogen fertilizer on yield quality and nutrient cotent in broccoli. Journal of Plant Nutrition 31(7): 1333-1343.