

اثر توأمان فشردگی و رطوبت خاک بر جذب آهن و منگنز توسط دانه‌های پسته (*Pistachio vera L.*)

غزاله عزیزی^۱، عادل ریحانی تبار^{۲*}، داود زارع حقی^۲ و نصرت اله نجفی^۴

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۴/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۲/۰۲)

چکیده

در آزمایشی گلخانه‌ای جذب آهن و منگنز توسط دانه‌های پسته (*Pistachio vera L.*) در رطوبت و تراکم‌های مختلف بررسی گردید. این آزمایش در یک خاک آهکی با بافت لوم شنی در چهار سطح تراکمی (چگالی ۱/۳۵، ۱/۵، ۱/۶۵ و ۱/۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب)، شش سطح رطوبت از رطوبت اشباع تا نقطه پژمردگی دایم و در سه تکرار انجام شد. بعد از خروج ریشه‌ها از استوانه (۹۰ روز) گیاهان برداشت، غلظت و مقدار آهن و منگنز اندازه‌گیری شد. این آزمایش آشیانه‌ای در قالب طرح کاملاً تصادفی اجرا گردید. افزایش تراکم خاک از ۱/۵ به ۱/۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب سبب افزایش تقریبی ۳۰ درصدی غلظت آهن ریشه و منگنز بخش هوایی و ریشه شد. افزایش سطوح تراکم خاک از ۱/۳۵ به ۱/۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب مقدار آهن و منگنز بخش هوایی را به ترتیب ۷۴ و ۶۴ درصد و مقدار آهن و منگنز ریشه را به ترتیب ۴۵ و ۳۶ درصد کاهش داد. در تمام سطوح تراکمی کمبود آب تأثیر منفی بر غلظت آهن بخش هوایی گذاشت، ولی افزایش غلظت منگنز بخش هوایی و ریشه در سطوح تراکمی ۱/۳۵ و ۱/۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب همراه با تنش رطوبتی مشاهده شد. زیادی آب خاک سبب افزایش مقدار آهن و منگنز بخش هوایی و ریشه در سطح تراکمی ۱/۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب گردید ($p < 0.05$). همچنین افزایش مقدار آهن و منگنز ریشه در سطح تراکمی ۱/۶۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب مشاهده شد ($p < 0.05$).

واژه‌های کلیدی: آهن، پسته، تراکم، رطوبت، منگنز

۱- کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز
 ۲ و ۴- دانشجویان گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز (مکاتبه کننده)
 ۳- استادیار گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز
 *پست الکترونیکی: areyhani@tabrizu.ac.ir

مقدمه

کمبود شدید آهن و منگنز یکی از مشکلات تغذیه‌ای عمده در باغ‌های پسته است که دلایل آن کمبود مواد آلی، درصد بالای آهک در خاک و واکنش بازی اعلام شده است (Heidarinejad & Abusaeedi, 2005). خوشگفتارمنش (Khoshgoftarmanesh, 2004) گزارش کرد که از مشکلات تغذیه‌ای عمده در باغ‌های پسته کمبود شدید آهن و منگنز است و ایشان دلیل آن را کمبود مواد آلی، pH بازی و درصد بالای آهک در خاک ذکر کردند. در خاک باغ‌های پسته، این عناصر به قدر کافی در خاک وجود دارند ولی به دلایل متعدد از جمله واکنش بازی خاک برای گیاه قابل جذب نیستند (Alipoor & Hoseinifard, 2003). حیدری‌نژاد و ابوسعیدی (Heydarinejad & Abusaeedi, 2005) گزارش کردند عارضه ریز برگی در درختان پسته ناشی از کمبود آهن می‌باشد. کمبود آهن به چرخه تولید کلروفیل آسیب می‌رساند. همچنین نقش آهن در فعال کردن تعداد زیادی از آنزیم‌ها مانند کاتالاز، اکسیداز و هیدروژناز شناخته شده است (Behnia, 1997). منگنز هم در فعال کردن آنزیم‌های مرتبط با سوخت و ساز، کربوهیدرات‌ها، واکنش فسفری شدن و چرخه اسید سیتریک نقش دارد. کاهش جذب منگنز سبب کاهش فتوسنتز و کاهش کربوهیدرات‌های محلول به‌ویژه در ریشه‌ها می‌شود (Malakooti & Homaei, 2003). منگنز در فعالیت‌های آنزیمی، انتقال الکترون، تشکیل کلروفیل و فتوسنتز شرکت می‌کند (Burneli, 1988).

بنا به تعریف هاکنسون و ورهیس (Håkansson & Voorhees, 1998) تراکم خاک عبارت است از فشردگی خاک بر اثر نیروهای وارده که در ابتدا موجب نظم جدید خاکدانه‌ها و سپس افزایش چگالی خاک و کاهش خلل و فرج گشته و نهایتاً باعث تخریب ساختمان خاک می‌گردد. تهویه خاک که عامل مهمی در جذب و انتقال عناصر غذایی است، وابسته به وضعیت آب و درجه تراکم خاک می‌باشد (Stepniewski *et al.*, 1994). تهویه بر فراهمی عناصر غذایی، به‌ویژه آهن و منگنز که در واکنش‌های اکسایش-کاهش شرکت می‌کنند اثر گذار است (Lipiec & Stepniewski, 1995).

رطوبت خاک بر جذب عناصر غذایی به‌طور مستقیم و

غیرمستقیم از طریق اثر بر فعالیت متابولیکی گیاه، درجه تهویه خاک و غلظت نمک‌های محلول خاک تأثیرگذار است (Johan *et al.*, 1999). با افزایش رطوبت خاک معمولاً حلالیت آهن و منگنز افزایش و با غرقاب شدن خاک شرایط بی‌هوازی در خاک حاکم شده و سبب تغییر شکل‌های فریک و منگنیک به شکل‌های احیا و بسیار محلول فرو و منگنو می‌شود (Ponnamperuma, 1972). تغییر در فراهمی آهن و منگنز در خاک غرقاب، با افزایش غلظت این دو عنصر در بافت‌های گیاهانی همچون گندم خودنمایی کرده است (Trought & Drew, 1980). ولی کاهش مقدار آهن و منگنز در گیاه نیز به‌دلیل کاهش رشد ریشه‌ها گزارش شده است (Alam, 1999). از آنجایی‌که انتقال آهن و منگنز در محلول خاک از طریق پخشیدگی صورت می‌گیرد، انتظار می‌رود در مناطق خشک و نیمه‌خشک، کاهش رطوبت خاک سبب کاهش جذب آن‌ها می‌شود (Johan *et al.*, 1999).

هدف این پژوهش، بررسی تأثیر سطوح مختلف تراکم و رطوبت خاک بر غلظت، مقدار و فاکتور انتقال آهن و منگنز در دانه‌های پسته در یک خاک آهکی بود.

مواد و روش‌ها

خاک سطحی (۲۰ - ۰ سانتی‌متری) به مقدار کافی از باغ پسته مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی جمع‌آوری شد. بافت خاک به روش هیدرومتر چهار زمانه و برخی ویژگی‌های شیمیایی از جمله pH، EC، کربن آلی، کربنات کلسیم معادل خاک (CCE)، نیتروژن، پتاسیم، فسفر و برخی عناصر کم مصرف قابل جذب خاک با روش‌های رایج در آزمون خاک اندازه‌گیری شد (Aliehyayi & Behbahzadeh, 1993). برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است. خاک مورد استفاده آهکی بوده و از نظر ماده آلی و شکل قابل جذب عناصر فقیر یا در مرز کمبود قرار داشت. خاک پس از عبور از الک ۴/۷۵ میلی‌متری داخل استوانه‌های پی‌وی‌سی به قطر ۱۵/۲۴ و ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر به تدریج ریخته شد و آن قدر متراکم گردید تا چگالی آن‌ها به ۱/۳۵، ۱/۵، ۱/۶۵ و ۱/۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب برسد. پنج سانتی‌متر خاک الک شده از الک ۴/۷۵ میلی‌متری بر روی خاک متراکم شده ریخته شد تا پس از انتقال

صفحه فلزی به دفعات متعدد رها گردیده است تا خاک ریخته شده به حجم از قبل تعیین شده برسد. در هر استوانه به سطح خاک ۱ سانتی متر سنگ ریزه اضافه شد تا هنگام آبیاری به هم ریختگی ایجاد نگردد. دانهال‌های پسته رقم سرخسی رشد یافته (۲۵ روزه) درون ظروف یک بار مصرف به داخل استوانه‌ها انتقال داده شدند و در طول ۱ هفته پس از انتقال، رطوبت خاک در حد ظرفیت مزرعه‌ای نگه داشته شد تا دانهال‌ها کاملاً در محیط جدید استقرار یابند.

دانهال‌های پسته به استوانه‌های خاک آماده شده، دانهال‌ها به‌توانند به راحتی استقرار یابند. با توجه به اینکه خاک حاوی دانهال‌ها نیز ۵ سانتی متر بود بنابراین پس از انتقال دانهال‌ها به درون استوانه‌ها، تنها ۵ سانتی متر از ارتفاع ۵۰ سانتی متری استوانه‌ها خالی باقی ماند که آن هم فضای مورد نیاز جهت افزودن آب به استوانه‌ها در نظر گرفته شد. برای فشرده کردن خاک، یک صفحه فلزی متصل به یک میله بر روی سطح خاک در گلدان قرار داده شده است. یک وزنه ۲/۵ کیلوگرمی که در طول میله می‌توانست سقوط آزاد داشته باشد از ارتفاع ۶۰ سانتی متری بر روی

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش
Table 1- Some physical and chemical properties of used soil in this study.

مس Cu	روی Zn	منگنز Mn	آهن Fe	پتاسیم K	فسفر P	نیترژن N	CCE (%)	ماده آلی O.M	هدایت الکتریکی EC dS m ⁻¹	اسیدیته *pH	کلاس بافت Texture Class
0.6	2.14	3.94	2.5	325	5	0.05	18	0.97	1.3	7.6	Sandy Loam

*عصاره کل اشباع

از فرمول زیر محاسبه شد:

$$V=aD (\Theta_{v2} - \Theta_{v1}) \quad (1)$$

که در این رابطه V : حجم آب مورد نیاز بر حسب سانتی- مترمکعب. a : سطح مقطع استوانه‌های خاک بر حسب سانتی متر مربع. D : عمق خاک استوانه‌ها بر حسب سانتی متر. Θ_{v2} : حد بالای دامنه رطوبتی برای هر تیمار (cm^{-3} و cm^3 و Θ_{v1} : رطوبت حجمی قرائت شده با TDR ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$). بعد از خروج ریشه‌ها از ستون‌های خاک در اولین سطح تراکمی (۹۰ روز) دانهال‌ها از سطح خاک بریده و خشکانده شدند. گلدان‌ها نیز برش داده شده و ریشه‌ها با شستشوی خاک، به‌طور کامل جمع‌آوری و خشکانده شدند. ماده خشک گیاهی با روش اکسایش تر هضم گردیده و آهن و منگنز با استفاده از دستگاه جذب اتمی (مدل Shimadzu, AA-6300) اندازه‌گیری شدند (Waling *et al.*, 1989). مقدار جذب آهن و منگنز از حاصل ضرب غلظت آن دو عنصر به میزان ماده خشک و فاکتور انتقال از تقسیم غلظت در بخش هوایی به غلظت در ریشه محاسبه گردید (Waling *et al.*, 1989, Rowell, 1994). تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS انجام شد. برای این منظور ابتدا آزمون نرمال بودن داده‌ها انجام و از تبدیل مناسب برای داده‌های غیر نرمال استفاده شد. نوع طرح آشیانه‌ای بر مبنای طرح کاملاً تصادفی بود

پنج دامنه درصد رطوبت حجمی از نقطه اشباع تا نقطه پژمردگی داریم (دامنه رطوبتی ۱ تا ۵) و یک دامنه رطوبتی پایین‌تر از نقطه پژمردگی داریم (دامنه رطوبتی ۶) برای هر سطح تراکمی اعمال گردید. در مجموع در این آزمایش ۲۴ سطح رطوبتی در داخل ۴ سطح تراکمی توزیع گردید. جدول ۲ سطوح رطوبتی اعمال گردیده در ۴ سطح تراکمی را نشان می‌دهد. در این آزمایش مشخص و نتایج آن قبلاً منتشر شده است که در چگالی ۱/۳۵، ۱/۵، ۱/۶۵، ۱/۸ (گرم بر سانتی متر مکعب) به ترتیب در دامنه رطوبت حجمی ۱۴ تا ۴۹ (سطوح رطوبتی ۱، ۲، ۳ و ۴)، ۱۴ تا ۴۳ (سطوح رطوبتی ۱، ۲، ۳ و ۴)، ۲۲ تا ۳۳ (سطوح رطوبتی ۲ و ۳)، ۱۹ تا ۲۳ (سطوح رطوبتی ۳) گیاه پسته دچار تنش آبی نشده و این محدوده‌ها به عنوان دامنه رطوبتی غیر محدود کننده در این سطوح تراکمی برای دانهال‌های پسته می‌باشند (Zarehaghghi *et al.*, 2012). کنترل رطوبت خاک داخل استوانه‌ها توسط دستگاه و هر دو روز یکبار انجام گردید. هر موقع که درصد رطوبت حجمی گلدان‌ها به حد پائین دامنه رطوبتی مورد نظر می‌رسید آب به استوانه‌ها اضافه گردید تا به حد بالایی رطوبت تعیین شده برسند. مقدار آب مورد نیاز

(Yazdi Samadi *et al.*, 1997). از آنجایی که به طور کیفی و مفهوم فیزیکی سطوح رطوبتی تراکم‌های مختلف با یک- دیگر برابر بودند، با طرح آزمایش فاکتوریل نیز تجزیه آماری داده‌ها انجام گرفت.

جدول ۲- شش دامنه رطوبت حجمی اعمال گردیده در چهار سطح تراکمی خاک
Table 1- Six moisture levels applied at four levels of soil compaction

سطوح رطوبتی (درصد حجمی) Moisture levels						سطح تراکم Compaction levels (g cm ⁻³)		
6	5	4	3	2	1	θ_{pwp}	θ_c	
10-7	14-10	19-14	24-19	39-24	49-39	10	24.5	1.35
11-7	14-11	19-14	25-19	33-25	43-33	11	24	1.5
12-8	17-12	22-17	28-22	33-28	38-33	12.2	29	1.65
13-8	15-13	19-15	23-19	27-23	32-27	13.3	31	1.8

نتایج و بحث

کاهش یافت و در سطح تراکمی ۱/۶۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب به بیشترین غلظت آن افزایش یافت. در سطح تراکمی ۱/۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب کاهش معنی‌دار غلظت آهن بخش هوایی نسبت به سطح تراکمی ۱/۶۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب مشاهده شد. کنبولت و همکاران (Canbolat *et al.*, 2006) در گیاه جو افزایش غلظت آهن را با افزایش تراکم خاک گزارش کردند. بررسی چهار گیاه ماش، ماشک، چچم ایتالیایی و جو نشان داد که افزایش تراکم خاک سبب افزایش معنی‌دار غلظت آهن شد. این موضوع به اثر قطعی تهویه ضعیف خاک بر فراهمی این عناصر نسبت داده شد (Mehmet & Altungül, 2011).

در این آزمایش برای هر سطح تراکمی، شش سطح رطوبتی و سه تکرار در نظر گرفته شده بود. تجزیه وایانس داده‌ها در قالب آشیان اکولوژیک نشان داد که اثر رطوبت در درون هر تراکم بر غلظت آهن بخش هوایی دانهال‌های پسته غیر معنی‌دار بود (جدول ۳). تجزیه واریانس داده‌ها به صورت آزمایش فاکتوریل نشان داد که فقط اثر اصلی تراکم خاک بر غلظت آهن بخش هوایی دانهال‌های پسته معنی‌دار بود ($p < 0.05$). در حالی که اثر اصلی رطوبت و اثر متقابل تراکم و رطوبت خاک بر غلظت آهن بخش هوایی دانهال‌های پسته غیر معنی‌دار بود (جدول ۴). شکل ۱ نشان می‌دهد که با افزایش سطح تراکمی از ۱/۳۵ تا ۱/۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب غلظت آهن بخش هوایی

جدول ۳- تجزیه واریانس تأثیر تراکم و رطوبت بر غلظت و مقدار آهن بخش هوایی و ریشه و فاکتور انتقال آهن دانهال‌های پسته (طرح آشیانه‌ای)

Table 3- Analysis of variance of density and moisture effects on shoot and root iron concentration and translocation factor of pistachio seedlings (nested design)

میانگین مربعات						
فاکتور انتقال آهن Translocation Factor Fe	مقدار آهن Content Fe		غلظت آهن Concentration Fe		درجه آزادی df	منابع تغییر Source
	ریشه Root	بخش هوایی Shoot	ریشه Root	بخش هوایی Shoot		
0.086*	0.31*	1.44*	255233*	31988*	3	تراکم Compaction
0.37*	0.066*	0.462*	75691*	13225 n.s	20	رطوبت (تراکم) Moisture (compaction)
0.019	0.007	0.032	10130	8271	48	خطای آزمایشی Error

ns و * به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪

جدول ۴- تجزیه واریانس تأثیر تراکم و رطوبت بر غلظت و مقدار آهن بخش هوایی و ریشه و فاکتور انتقال آهن دانهال‌های پسته (طرح فاکتوریل)
Table 4- Analysis of variance of density and moisture effects on shoot and root iron concentration and iron transfer factor of pistachio seedlings (factorial design)

میانگین مربعات					درجه آزادی df	منابع تغییر Source
فاکتور انتقال آهن Translocation Factor Fe	مقدار آهن Content Fe		غلظت آهن Concentration Fe			
	ریشه Root	بخش هوایی Shoot	ریشه Root	بخش هوایی Shoot		
0.086*	0.31*	1.44*	255233*	31988 *	3	تراکم Compaction
0.043 n.s	0.16*	1.58*	62436*	16611 n.s	5	رطوبت Moisture
0.036 n.s	0.04*	0.09*	80109*	12096 n.s	15	رطوبت(تراکم) Moisture (compaction)
0.019	0.007	0.032	10130	8271	48	خطای آزمایشی Error

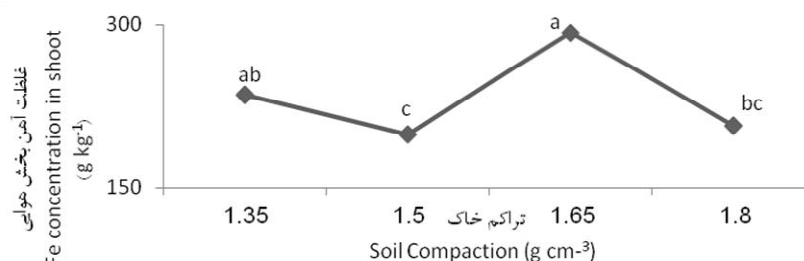
ns و * به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۵٪

جدول ۵- مقایسه میانگین‌های اثر اصلی سطوح رطوبت و تراکم برای غلظت و مقدار آهن بخش هوایی و ریشه و فاکتور انتقال آهن در دانهال‌های پسته

Table 5- Comparison of main effect of moisture and density levels for shoot and root iron concentration, content and translocation factor pistachio seedlings

فاکتور انتقال آهن Translocation Factor Fe	مقدار آهن Content Fe		غلظت آهن Concentration Fe		سطوح Levels	اثر اصلی Main effect
	ریشه Root	بخش هوایی Shoot	ریشه Root	بخش هوایی Shoot		
	(mg pot ⁻¹)		(g kg ⁻¹)			
0.32 a	0.99 b	0.67 a	854a	243a	1	سطوح رطوبت Moisture levels
0.29 a	1.39 a	0.62 a	744 bc	201a	2	
0.36 a	1.21 ab	0.61 a	649 c	222a	3	
0.35 a	1.13 ab	0.67 a	759b	257 a	4	
0.41 a	0.81 c	0.24 b	681c	288 a	5	
0.26 a	0.72 c	0.09 b	707c	187 a	6	
0.36 a	1.48 a	0.81 a	691b	235ab	1.35	سطوح تراکم Compaction levels (g cm ⁻³)
0.35 a	1.03 b	0.61 a	583c	198c	1.5	
0.37 a	0.79 c	0.30 b	817a	292a	1.65	
0.25 b	0.8 c	0.21 b	838a	207bc	1.8	

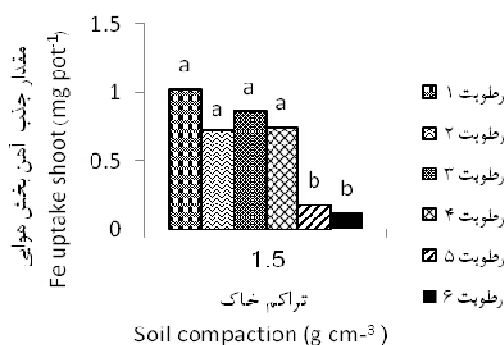
در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف لاتین مشترک، با آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی دار ندارند



شکل ۱- اثر اصلی سطوح تراکمی خاک بر غلظت آهن بخش هوایی دانهال‌های پسته
Figure 1- Main effects of soil compaction on shoot Fe concentration of pistachio seedlings

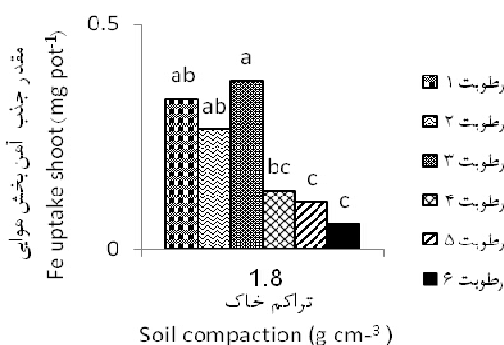
مقدار آهن بخش هوایی
در واقع طرح اصل آزمایشی داده‌های این مقاله آشیانه بود
شکل‌های ۲، ۳، ۴ و ۵ مربوط به طرح آشیانه می‌باشد.
که در آن رطوبت‌ها بر حسب افزایش تراکم از لحاظ کمی

در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). در سطوح تراکمی ۱/۳۵ و ۱/۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب بیشترین مقدار آهن بخش هوایی به‌ترتیب برابر با ۱/۶۱ و ۰/۳۷ میلی‌گرم بر گلدان داخل دامنه رطوبتی با حداقل محدودیت مشاهده شد. در سطوح تراکمی ۱/۵ و ۱/۶۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب نیز بیشترین مقدار این عنصر با دامنه رطوبتی با حداقل محدودیت تفاوت معنی‌دار نداشت (شکل‌های ۲، ۳، ۴ و ۵).



شکل ۳- مقایسه میانگین سطوح رطوبتی در تراکم ۱/۵ (g cm^{-3}) بر مقدار آهن بخش هوایی دانه‌های پسته

Figure 3- Comparison of the average density of water at 1.5 (g cm^{-3}) on shoot Fe content pistachio seedlings.

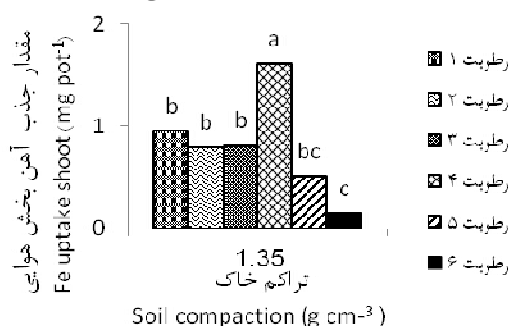


شکل ۵- مقایسه میانگین سطوح رطوبتی در تراکم ۱/۸ (g cm^{-3}) بر مقدار آهن بخش هوایی دانه‌های پسته

Figure 5- Comparison of the average density of water at 1.8 (g cm^{-3}) on shoot Fe content pistachio seedlings

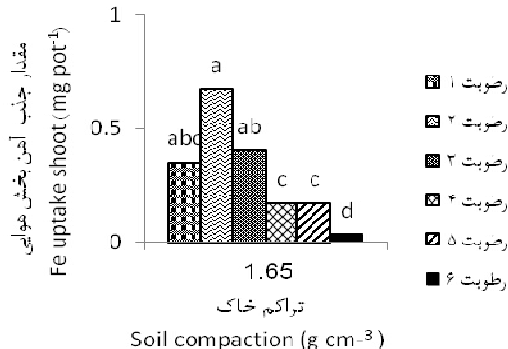
تراکمی از سطح رطوبتی ۴ تا ۶ (افزایش تنش کمبود آب) کاهش مقدار آهن توسط بخش هوایی دانه‌های پسته مشاهده شد. نتایج مشابهی توسط محمودی و همکاران (Mahmudi et al., 2014) گزارش شده است. بیشترین مقدار آهن بخش هوایی در سطح تراکمی ۱/۳۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب در سطح رطوبتی ۴ برابر با ۱/۶ میلی‌گرم

کاهش یافته، به‌طوری‌که رطوبت‌ها داخل هر سطح تراکمی آشیانه کرده است. ولی در شکل ۶ از آنجایی که هر کدام از سطوح رطوبتی در تراکم‌های مختلف از لحاظ کیفی هم معنی بودند بنابراین مقایسه میانگین‌ها براساس طرح فاکتوریل نیز انجام شد. تجزیه واریانس داده‌ها در قالب آشیان اکولوژیک نشان داد که رطوبت در درون هر تراکم بر مقدار آهن بخش هوایی دانه‌های پسته تأثیر معنی‌دار داشت (جدول ۳). اثر اصلی تراکم و رطوبت خاک و اثر متقابل آن‌ها بر مقدار آهن بخش هوایی دانه‌های پسته



شکل ۲- مقایسه میانگین سطوح رطوبتی در تراکم ۱/۳۵ (g cm^{-3}) بر مقدار آهن بخش هوایی دانه‌های پسته

Figure 2- Comparison of the average density of water at 1.35 (g cm^{-3}) on shoot Fe content pistachio seedlings.



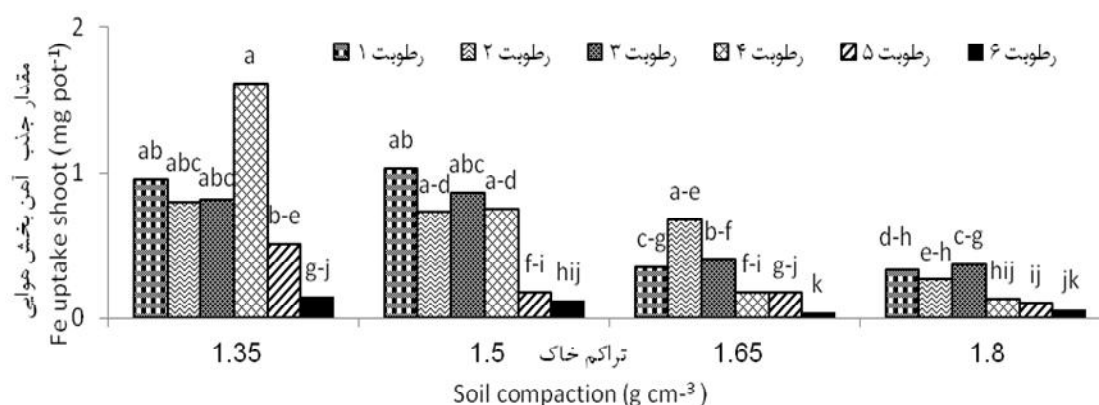
شکل ۴- مقایسه میانگین سطوح رطوبتی در تراکم ۱/۶۵ (g cm^{-3}) بر مقدار آهن بخش هوایی دانه‌های پسته

Figure 4- Comparison of the average density of water at 1.65 (g cm^{-3}) on shoot Fe content pistachio seedlings

در شرایط این آزمایش یک روند کاهشی در جذب آهن با افزایش تراکم خاک مشاهده شد (شکل ۶). که دلیل آن می‌تواند افزایش مقاومت مکانیکی خاک و محدود شدن رشد ریشه گیاه باشد ولی در سطوح تراکمی پایین‌تر رشد ریشه دانه‌های پسته نسبت به سطوح تراکمی بالاتر مطلوب بوده و جذب بیشتر شده است. در تمام سطوح

افزایش می‌یابد. در نتیجه بر اثر افزایش غلظت آهن محلول خاک سرعت جذب آهن افزایش یافته و غلظت آهن در گیاه زیاد می‌شود. از طرف دیگر در رطوبت اشباع (رطوبت ۱) و تراکم بالا رشد گیاه کاهش یافته و بر اثر وقوع پدیده اثر تغلیظ غلظت آهن در گیاه زیاد شده است (Zarehaghghi et al., 2012).

بر گلدان مشاهده شد. آهن نقش عمده‌ای در ساختن کلروفیل داشته و بدیهی است کاهش جذب آن با افزایش تراکم می‌تواند یکی از دلایل اصلی افت شدید تولید ماده خشک تلقی شود. نظر به اینکه در رطوبت اشباع (رطوبت ۱) و تراکم بالا شرایط تهویه ضعیف شده در نتیجه پتانسیل ریداکس کاهش یافته و فراهمی آهن در خاک

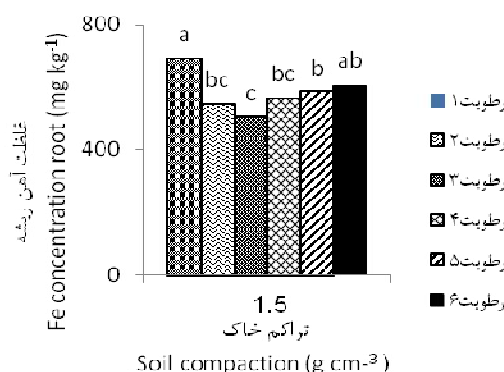


شکل ۶- مقایسه میانگین مقدار آهن بخش هوایی دانه‌های پسته در ترکیب سطوح مختلف تراکم و رطوبت خاک

Figure 6- Comparison of the average shoot Fe content of pistachio seedlings in the composition density and soil moisture levels

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف لاتین مشترک، با آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

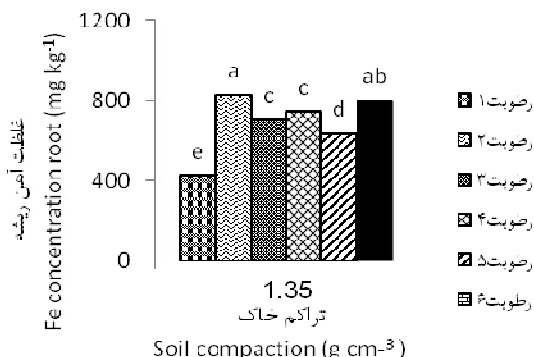
Averages of at least one member of the Latin characters, with no significant differences by Duncan test at the five percent level.



شکل ۸- مقایسه میانگین سطوح رطوبتی در تراکم ۱/۵

(g cm⁻³) بر غلظت آهن ریشه دانه‌های پسته

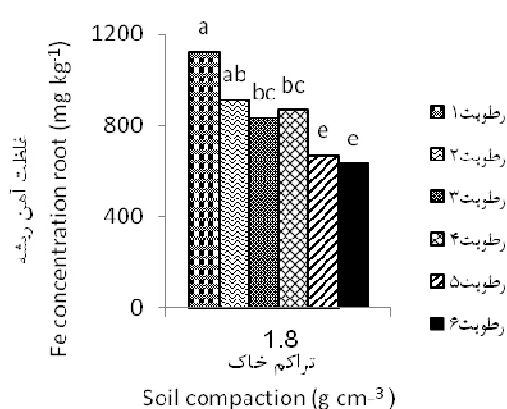
Figure 8- Comparison of the average density of water at 1.5 (g cm⁻³) on root Fe concentration pistachio seedlings



شکل ۷- مقایسه میانگین سطوح رطوبتی در تراکم ۱/۳۵ (g cm⁻³)

بر غلظت آهن ریشه دانه‌های پسته

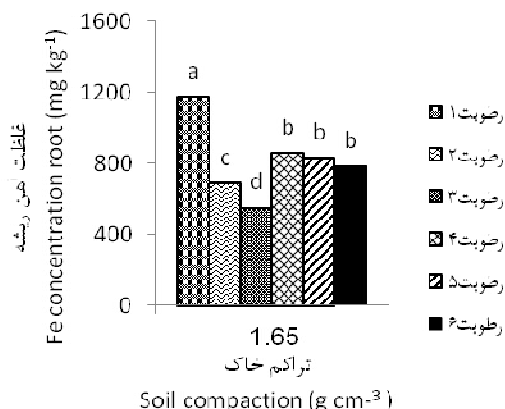
Figure 7- Comparison of the average density of water at 1.35 (g cm⁻³) on root Fe concentration pistachio seedlings



شکل ۱۰- مقایسه میانگین سطوح رطوبتی در تراکم ۱/۸

بر غلظت آهن ریشه دانه‌های پسته (g cm^{-۳})

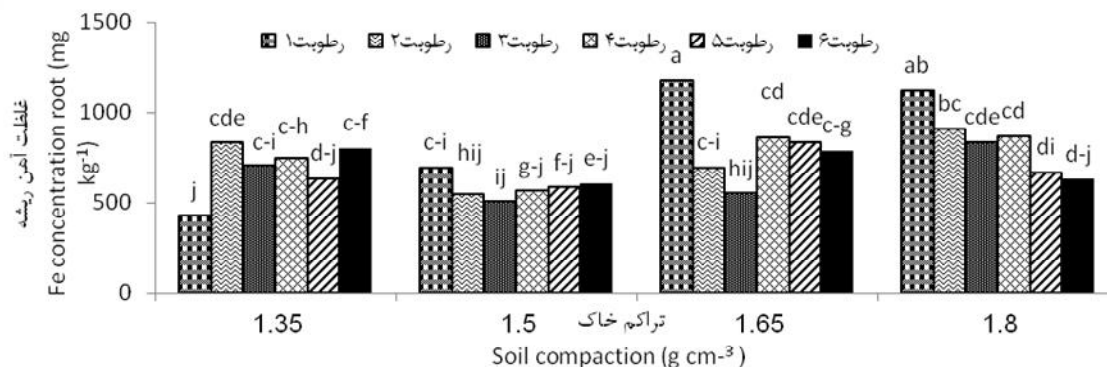
Figure 10- Comparison of the average density of water at 1.8 (g cm⁻³) on root Fe concentration pistachio seedlings



شکل ۹- مقایسه میانگین سطوح رطوبتی در تراکم ۱/۶۵

بر غلظت آهن ریشه دانه‌های پسته (g cm^{-۳})

Figure 9- Comparison of the average density of water at 1.65 (g cm⁻³) on root Fe concentration pistachio seedlings



شکل ۱۱- مقایسه میانگین غلظت آهن ریشه دانه‌های پسته در ترکیب سطوح مختلف تراکم و رطوبت خاک

Figure 11- Comparison of the average root Fe concentration of pistachio seedlings in the composition density and soil moisture levels

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف لاتین مشترک، با آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار ندارند

Averages of at least one member of the Latin characters, with no significant differences by Duncan test at the five percent level

غلظت آهن ریشه

تجزیه واریانس داده‌ها در قالب آشیان اکولوژیک نشان داد که اثر رطوبت در درون هر تراکم بر غلظت آهن ریشه دانه‌های پسته معنی‌دار بود (جدول ۳). تجزیه واریانس داده‌ها به صورت فاکتوریل نیز نشان داد که اثر اصلی تراکم و رطوبت خاک و اثر متقابل آن‌ها بر غلظت آهن ریشه دانه‌های پسته در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). در تمام سطوح تراکمی بیشترین غلظت آهن ریشه خارج از دامنه رطوبتی با حداقل محدودیت مشاهده شد (شکل‌های ۷، ۸، ۹ و ۱۰ مربوط به طرح آشیانه‌ای). شکل ۱۱ (طرح فاکتوریل) نشان می‌دهد

که در تمام سطوح تراکمی به جز سطح تراکمی ۱/۳۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب غلظت آهن ریشه در سطح رطوبتی ۱ (تیمار تحت تنش غرقاب) بیشترین بود. در طول دوره غرقاب غلظت آهن افزایش می‌یابد (Jones, 1972). همچنین کاهش وزن خشک ریشه تحت شرایط غرقاب می‌تواند سبب تغلیظ (عکس پدیده رقت) و دلیل افزایش غلظت آهن ریشه باشد (Marschener, 1995). اسمتورست و همکاران (Smethurst et al., 2005) نیز گزارش دادند که پس از غرقاب، غلظت آهن ریشه یونجه افزایش یافت. در سطوح تراکمی ۱/۸ و ۱/۶۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب غلظت آهن ریشه در سطح رطوبتی ۶

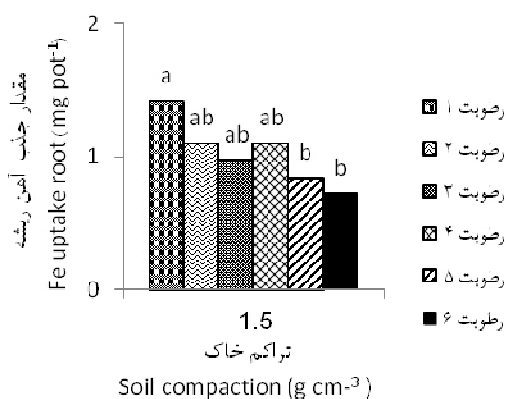
داخل این دامنه تفاوت معنی دار نداشت. در سطح تراکمی ۱/۸ گرم بر سانتی متر مکعب بیشترین مقدار آهن ریشه در داخل دامنه رطوبتی با حداقل محدودیت مشاهده شد (شکل های ۱۲، ۱۳، ۱۴ و ۱۵).

در سطوح تراکمی ۱/۶۵ و ۱/۸ گرم بر سانتی متر مکعب کاهش مقدار آهن ریشه دانهال های پسته در سطح رطوبتی ۱ (تیمار تحت تنش غرقابی) مشاهده شد (شکل ۱۶). در این تراکم ها وزن خشک ریشه در سطح رطوبتی ۱ کاهش یافته بود و همین موضوع می تواند علاوه بر تراکم خاک دلیل این مشاهده باشد که با گزارش نجفی و همکاران (Najafi et al., 2011) در ریشه آفتابگردان مطابقت دارد. در تمام سطوح تراکمی از سطح رطوبتی ۴ تا ۶ روند کاهشی مقدار آهن ریشه مشاهده شد. نتایج مشابهی توسط محمودی و همکاران (Mahmudi et al., 2014) در یونجه نیز گزارش شده است. دلیل این امر را می توان به کاهش پخشیدگی آهن به سمت ریشه و کاهش رشد ریشه تحت تنش خشکی نسبت داد. بیشترین مقدار آهن ریشه در سطح رطوبتی ۲ واقع در سطح تراکمی ۱/۳۵ گرم بر سانتی متر مکعب برابر با ۲ میلی گرم بر گلدان و کمترین مقدار در سطح رطوبتی ۶ واقع در سطح تراکمی ۱/۸ گرم بر سانتی متر مکعب برابر با ۰/۳۷ میلی گرم بر گلدان مشاهده شد.

(تیمار تحت تنش کمبود آب) کاهش ولی در سطوح تراکمی ۱/۳۵ و ۱/۵ گرم بر سانتی متر مکعب افزایش یافت. گونز و همکاران (Gunes et al., 2006) کاهش جذب و غلظت آهن نخود را تحت تنش خشکی ناشی از کاهش دسترسی این عنصر گزارش کردند. کاهش سرعت پخشیدگی آهن از خاک به سطح ریشه در شرایط کمبود آب می تواند سبب کاهش جذب و کاهش غلظت آهن باشد (Alam, 1999). احتمالاً در سطوح تراکمی ۱/۳۵ و ۱/۵ گرم بر سانتی متر مکعب اثر تغلیظ دلیل افزایش غلظت آهن ریشه در سطح رطوبتی ۶ شده است. بیشترین غلظت آهن ریشه در سطح تراکمی ۱/۶۵ گرم بر سانتی متر مکعب در سطوح رطوبتی ۱ مشاهده شد.

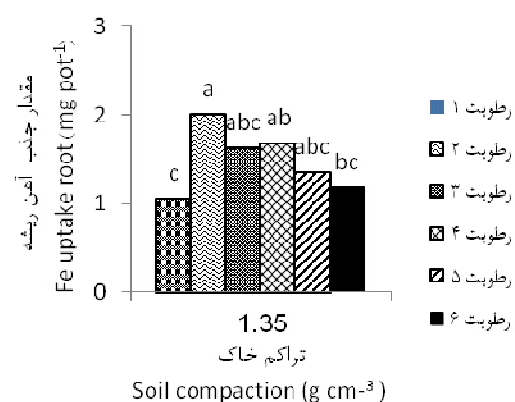
مقدار آهن ریشه

تجزیه واریانس داده ها در قالب آشیان اکولوژیک نشان داد که رطوبت در درون هر تراکم بر مقدار آهن ریشه تأثیر معنی دار داشت (جدول ۳). تجزیه واریانس داده ها به صورت آزمایش فاکتوریل نیز نشان داد که اثر اصلی تراکم و رطوبت خاک و اثر متقابل آن ها بر مقدار آهن ریشه در سطح احتمال پنج درصد معنی دار بود (جدول ۴). در سطوح تراکمی ۱/۳۵، ۱/۵ و ۱/۶۵ گرم بر سانتی متر مکعب بیشترین مقدار آهن ریشه خارج از دامنه رطوبتی با حداقل محدودیت مشاهده شد ولی با سطوح رطوبتی در



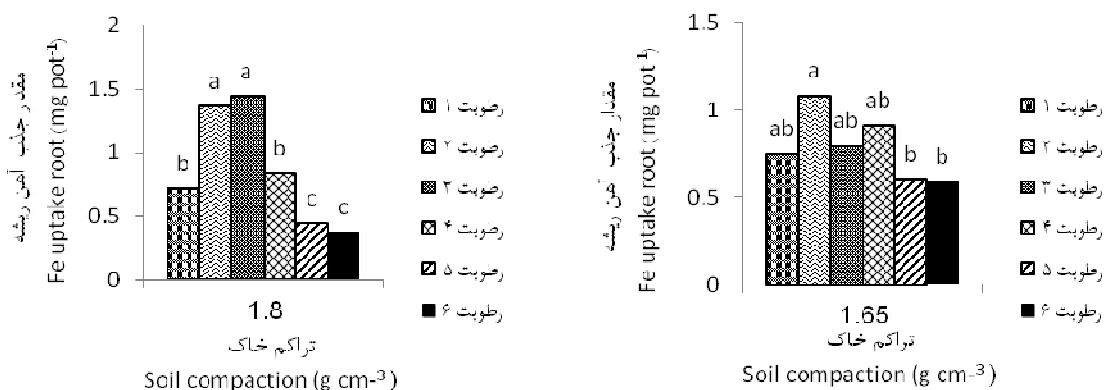
شکل ۱۳- مقایسه میانگین سطوح رطوبتی در تراکم ۱/۵ (g cm⁻³) بر مقدار آهن ریشه دانهال های پسته

Figure 13 - Comparison of the average density of water at 1.5 (g cm⁻³) on root Fe content pistachio seedlings



شکل ۱۲- مقایسه میانگین سطوح رطوبتی در تراکم ۱/۳۵ (g cm⁻³) بر مقدار آهن ریشه دانهال های پسته

Figure 12 - Comparison of the average density of water at 1.35 (g cm⁻³) on root Fe content pistachio seedlings

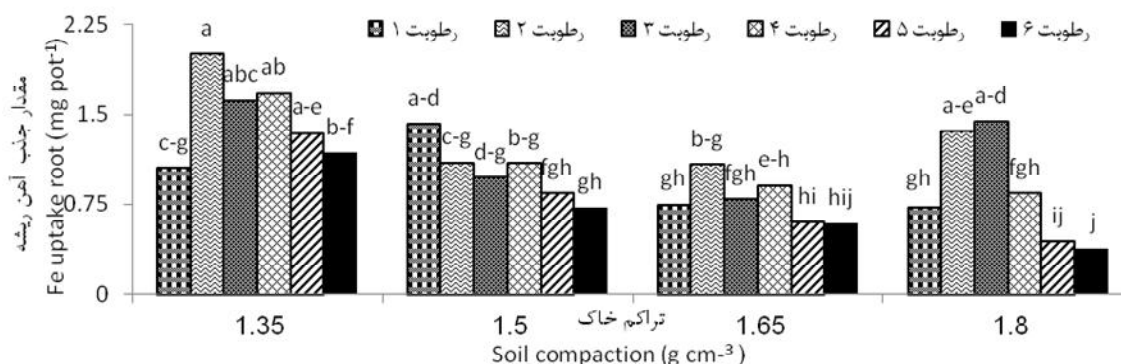


شکل ۱۵- مقایسه میانگین سطوح رطوبتی در تراکم ۱/۸ (g cm⁻³) بر مقدار آهن ریشه دانهال‌های پسته

Figure 15- Comparison of the average density of water at 1.8 (g cm⁻³) on root Fe content pistachio seedlings

شکل ۱۴- مقایسه میانگین سطوح رطوبتی در تراکم ۱/۶۵ (g cm⁻³) بر مقدار آهن ریشه دانهال‌های پسته

Figure 14 - Comparison of the average density of water at 1.65 (g cm⁻³) on root Fe content pistachio seedlings



شکل ۱۶- مقایسه میانگین غلظت آهن ریشه دانهال‌های پسته در ترکیب سطوح مختلف تراکم و رطوبت خاک.

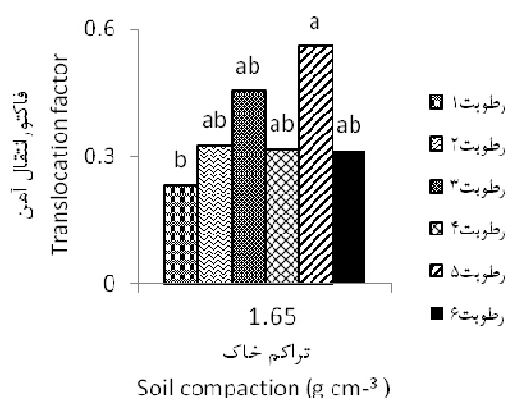
Figure 11- Comparison of the average root Fe concentration of pistachio seedlings in the composition density and soil moisture levels

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف لاتین مشترک، با آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار ندارند
Averages of at least one member of the Latin characters, with no significant differences by Duncan test at the five percent level

معنی‌دار نداشت. در سطح تراکمی ۱/۳۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب بیشترین فاکتور انتقال آهن داخل دامنه رطوبتی با حداقل محدودیت مشاهده شد. در سطح تراکمی ۱/۶۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب بیشترین فاکتور انتقال آهن در سطح رطوبتی ۵ مشاهده شد که فقط با سطح رطوبتی ۱ (تیمار تحت تنش غرقابی) تفاوت معنی‌دار داشت (شکل‌های ۱۷ و ۱۸ مربوط به طرح آشیانه‌ای). هم بر اثر اصلی و هم اثر متقابل رطوبت و تراکم خاک، فاکتور انتقال آهن کمتر از یک بود؛ این مسئله نشان می‌دهد که دانهال‌های پسته توانایی انتقال آهن از ریشه به بخش هوایی را نداشتند.

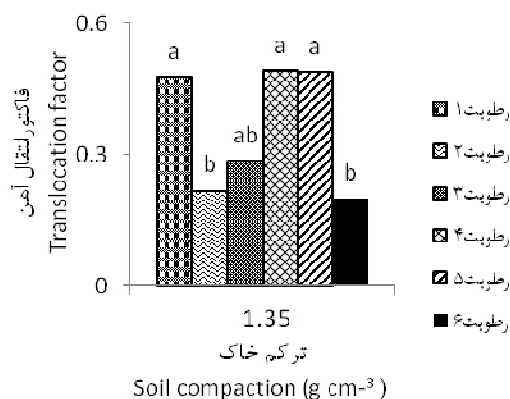
فاکتور انتقال آهن

تجزیه واریانس داده‌ها در قالب آشیان اکولوژیک نشان داد که اثر رطوبت در درون هر تراکم بر فاکتور انتقال آهن دانهال‌های پسته معنی‌دار بود (جدول ۳). اما تجزیه واریانس داده‌ها به صورت فاکتوریل نشان داد که اثر اصلی رطوبت و اثر متقابل تراکم و رطوبت خاک بر فاکتور انتقال آهن دانهال‌های پسته غیر معنی‌دار بود. ولی اثر اصلی تراکم بر فاکتور انتقال در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). فاکتور انتقال آهن در سطوح تراکمی ۱/۵ و ۱/۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب با کاهش دامنه رطوبتی حجمی از سطح رطوبتی ۱ تا ۶ تفاوت



شکل ۱۸- مقایسه میانگین سطوح رطوبتی در تراکم ۱/۶۵ (g cm^{-۳}) بر فاکتور انتقال آهن دانهال‌های پسته

Figure 18- Comparison of the average density of water at 1.65 (g cm⁻³) on translocation factor Fe pistachio seedlings



شکل ۱۷- مقایسه میانگین سطوح رطوبتی در تراکم ۱/۳۵ (g cm^{-۳}) بر فاکتور انتقال آهن دانهال‌های پسته

Figure 17- Comparison of the average density of water at 1.35 (g cm⁻³) on translocation factor Fe pistachio seedlings

دامنه رطوبتی با حداقل محدودیت مشاهده شد. بیشترین غلظت منگنز بخش هوایی در سطح تراکمی ۱/۶۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب در سطح رطوبتی ۱ (تیمار تحت تنش غرقابی) مشاهده شد. نجفی و همکاران (Najafi *et al.*, 2011) در بخش هوایی آفتابگردان نیز نتایج مشابهی را گزارش کردند. به نظر می‌رسد با افزایش مدت غرقاب به- دلیل فرایندهای احیایی در خاک بر غلظت Mn^{2+} خاک افزوده شده و در نتیجه به دلیل افزایش جذب این یون غلظت آن در گیاه افزایش می‌یابد (شکل‌های ۱۹، ۲۰، ۲۱ و ۲۲ مربوط به طرح آشیانه‌ای).

غلظت منگنز بخش هوایی

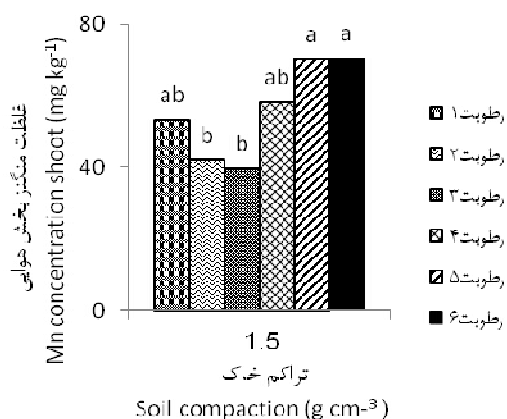
تجزیه واریانس داده‌ها در قالب آشیان اکولوژیک نشان داد که اثر رطوبت در درون هر تراکم بر غلظت منگنز بخش هوایی دانهال‌های پسته معنی‌دار بود (جدول ۶). تجزیه واریانس داده‌ها به صورت آزمایش فاکتوریل نیز نشان داد که اثر اصلی تراکم و رطوبت خاک و اثر متقابل آن‌ها بر غلظت منگنز بخش هوایی دانهال‌های پسته در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۷). در سطح تراکمی ۱/۳۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب بیشترین غلظت منگنز بخش هوایی برابر با ۶۲ میلی گرم بر کیلوگرم داخل

جدول ۶- تجزیه واریانس تأثیر تراکم و رطوبت بر غلظت و مقدار منگنز بخش هوایی و ریشه و فاکتور انتقال منگنز دانهال‌های پسته (طرح آشیانه‌ای)

Table 6- Analysis of variance of density and moisture effects on shoot and root Mn concentration and content and Mn translocation factor in pistachio seedlings (nested design)

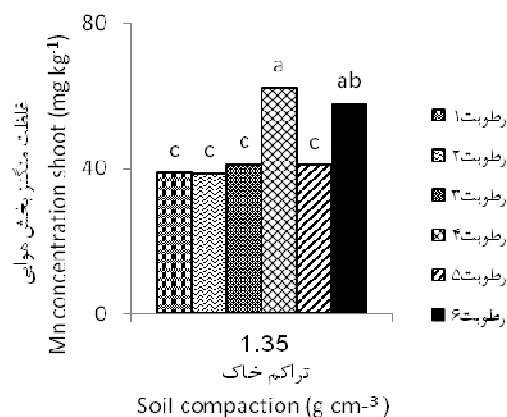
میانگین مربعات						
فاکتور انتقال منگنز Translocation Factor Mn	مقدار منگنز Content Mn		غلظت منگنز Concentration Mn		درجه آزادی df	منابع تغییر Source
	ریشه	بخش هوایی	ریشه	بخش هوایی		
	Root	Shoot	Root	Shoot		
0.185*	0.008*	0.05*	2274*	868*	3	تراکم Compaction
0.068 ^{n.s}	0.002*	0.014*	409*	262*	20	رطوبت(تراکم) Moisture (compaction)
0.042	0.0	0.003	49.9	92.9	48	خطای آزمایشی Error

ns و * به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪



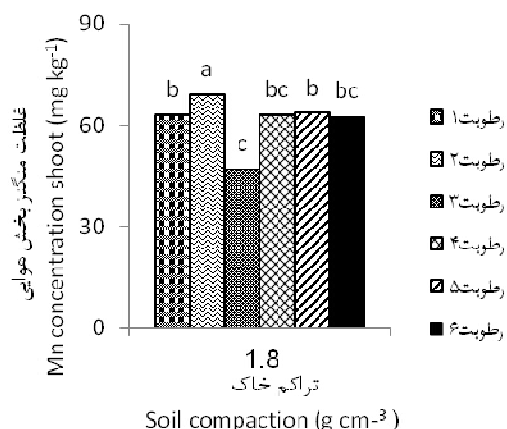
شکل ۲۰- مقایسه میانگین سطوح رطوبتی در تراکم ۱/۵ (g cm^{-۳}) بر غلظت منگنز بخش هوایی دانه‌های پسته

Figure 20- Comparison of the average density of water 1.5 (g cm⁻³) on shoot Mn concentration of pistachio seedlings



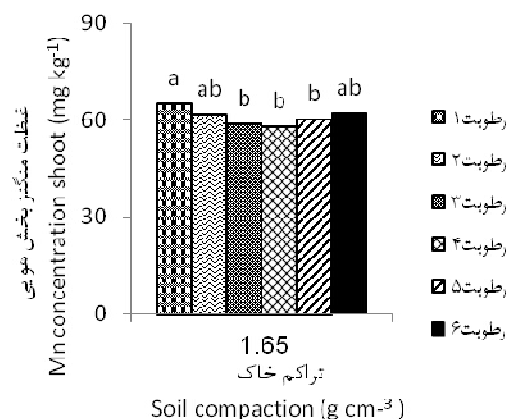
شکل ۱۹- مقایسه میانگین سطوح رطوبتی در تراکم ۱/۳۵ (g cm^{-۳}) بر غلظت منگنز بخش هوایی دانه‌های پسته

Figure 19- Comparison of the average density of water 1.35 (g cm⁻³) on shoot Mn concentration of pistachio seedlings



شکل ۲۲- مقایسه میانگین سطوح رطوبتی در تراکم ۱/۸ (g cm^{-۳}) بر غلظت منگنز بخش هوایی دانه‌های پسته

Figure 22- Comparison of the average density of water 1.8 (g cm⁻³) on shoot Mn concentration of pistachio seedlings



شکل ۲۱- مقایسه میانگین سطوح رطوبتی در تراکم ۱/۶۵ (g cm^{-۳}) بر غلظت منگنز بخش هوایی دانه‌های پسته

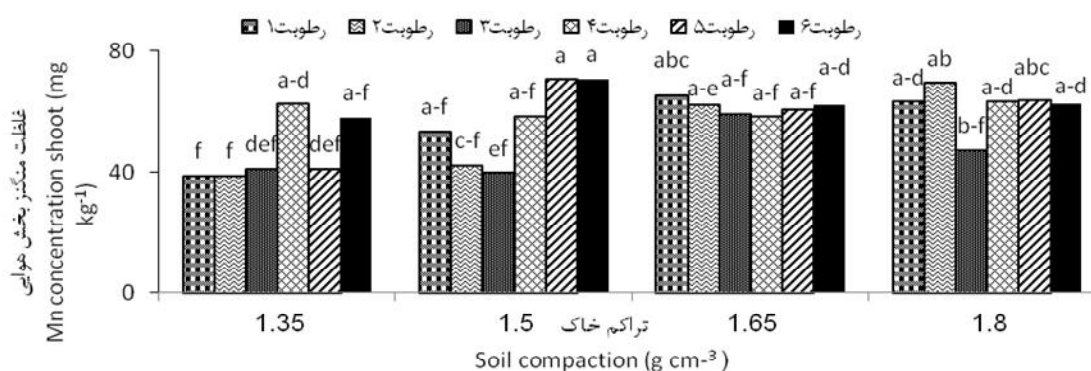
Figure 21- Comparison of the average density of water 1.65 (g cm⁻³) on shoot Mn concentration of pistachio seedlings

شکل ۲۳ (طرح فاکتوریل) نشان می‌دهد که با افزایش تراکم خاک غلظت منگنز بخش هوایی افزایش یافت. کنبولات و همکاران (Conbolat *et al.*, 2006) در جو نیز افزایش غلظت منگنز را با افزایش تراکم خاک گزارش کردند. در تمام سطوح تراکمی غلظت منگنز بخش هوایی دانه‌های پسته در سطوح رطوبتی ۴، ۵ و ۶ (تحت تنش کمبود آب) نسبت به سطح رطوبتی ۳ بیشتر بود. ساجدی و رجالی (Sajedi & Rejali, 1991) نیز افزایش غلظت منگنز را با اعمال تنش کمبود آب، در ذرت گزارش کردند. محمدی محمدآبادی و همکاران (Mohammadabadi *et al.*, 2012) بیشترین غلظت منگنز در برگ درختان پسته را در دور آبیاری ۳۰ و ۶۰ روزه (به ترتیب رطوبت بالا و پایین) و کمترین غلظت آن را در دور آبیاری ۴۰ روزه مشاهده کردند. در این آزمایش بیشترین غلظت منگنز بخش هوایی در سطح رطوبتی ۶ واقع در سطح تراکمی ۱/۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب برابر با ۷۰/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم و کمترین غلظت منگنز بخش هوایی در سطح رطوبتی ۱ واقع در سطح تراکمی ۱/۳۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب برابر با ۳۸/۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم مشاهده شد. در سطح تراکمی ۱/۳۵ گرم بر سانتی‌متر

شکل ۲۳ (طرح فاکتوریل) نشان می‌دهد که با افزایش تراکم خاک غلظت منگنز بخش هوایی افزایش یافت. کنبولات و همکاران (Conbolat *et al.*, 2006) در جو نیز افزایش غلظت منگنز را با افزایش تراکم خاک گزارش کردند. در تمام سطوح تراکمی غلظت منگنز بخش هوایی دانه‌های پسته در سطوح رطوبتی ۴، ۵ و ۶ (تحت تنش کمبود آب) نسبت به سطح رطوبتی ۳ بیشتر بود. ساجدی و رجالی (Sajedi & Rejali, 1991) نیز افزایش غلظت منگنز را با اعمال تنش کمبود آب، در ذرت گزارش کردند. محمدی محمدآبادی و همکاران

مکعب احتمالاً رشد خوب در سطح رطوبتی ۱ و در نتیجه

اثر رقت سبب چنین نتیجه‌ای شده است.



شکل ۲۳- مقایسه میانگین غلظت منگنز بخش هوایی دانه‌های پسته در ترکیب سطوح مختلف تراکم و رطوبت خاک

Figure 23- Comparison of the average shoot Mn concentration of pistachio seedlings in the composition density and soil moisture levels

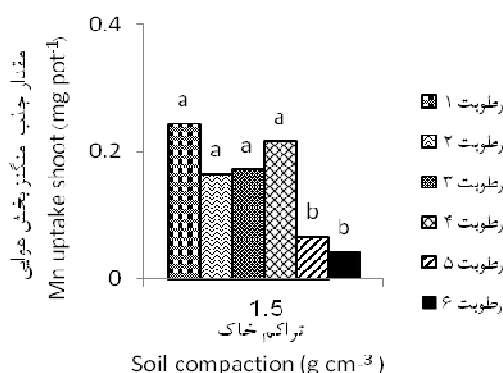
میانگین‌های دارای حداقل یک حرف لاتین مشترک، با آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار ندارند

Averages of at least one member of the Latin characters, with no significant differences by Duncan test at the five percent level

مقدار منگنز بخش هوایی

تجزیه واریانس داده‌ها در قالب آشیان اکولوژیک نشان داد که اثر رطوبت در درون هر تراکم بر مقدار منگنز بخش هوایی دانه‌های پسته معنی‌دار بود (جدول ۶). تجزیه واریانس داده‌ها به صورت آزمایش فاکتوریل نیز نشان داد که اثر اصلی تراکم و رطوبت خاک و اثر متقابل آن‌ها بر مقدار منگنز بخش هوایی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۷). در سطح تراکمی ۱/۳۵ گرم بر

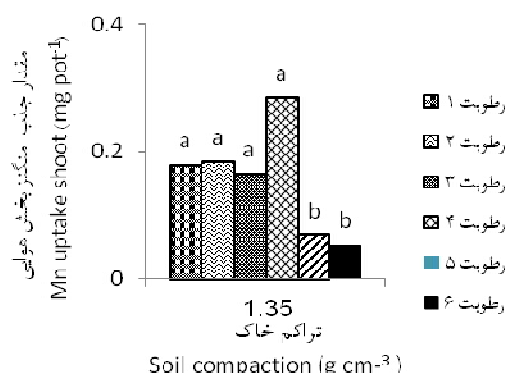
سانتی‌متر مکعب بیشترین مقدار منگنز توسط بخش هوایی داخل دامنه رطوبتی با حداقل محدودیت مشاهده شد. در سطوح تراکمی ۱/۵ و ۱/۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب بیشترین مقدار این عنصر با دامنه رطوبتی با حداقل محدودیت تفاوت معنی‌دار نداشت. در سطح تراکمی ۱/۶۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب تنش غرقابی (سطح رطوبتی ۱) سبب کاهش مقدار منگنز بخش هوایی شد (شکل‌های ۲۴، ۲۵، ۲۶ و ۲۷ مربوط به طرح آشیانه‌ای).



شکل ۲۵- مقایسه میانگین سطوح رطوبتی در تراکم ۱/۵

(g cm⁻³) بر مقدار منگنز بخش هوایی دانه‌های پسته

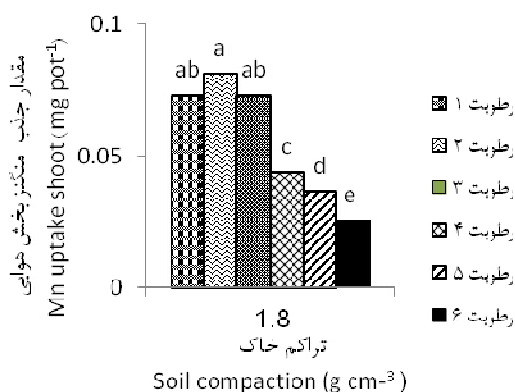
Figure 25- Comparison of the average density of water 1.5 (g cm⁻³) on shoot Mn content of pistachio seedlings



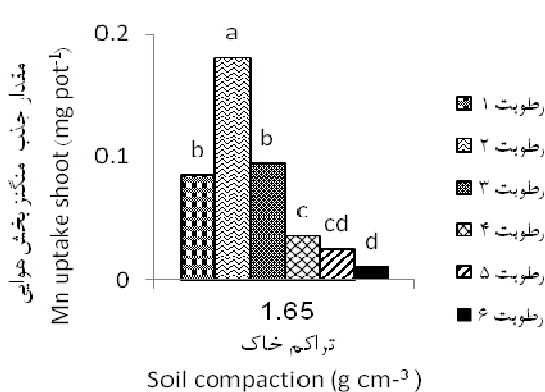
شکل ۲۴- مقایسه میانگین سطوح رطوبتی در تراکم ۱/۳۵

(g cm⁻³) بر مقدار منگنز بخش هوایی دانه‌های پسته

Figure 24- Comparison of the average density of water 1.35 (g cm⁻³) on shoot Mn content of pistachio seedlings



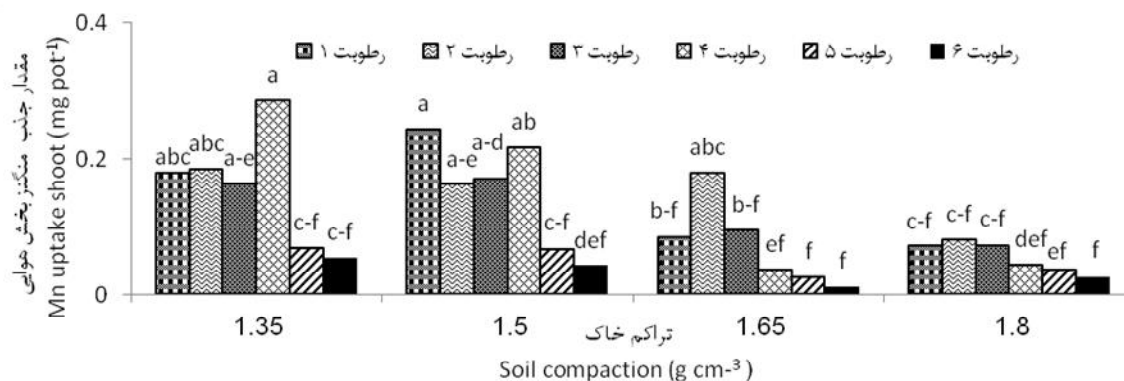
شکل ۲۷- مقایسه میانگین سطوح رطوبتی در تراکم ۱/۸ (g cm^{-۳}) بر مقدار منگنز بخش هوایی دانه‌های پسته
Figure 27- Comparison of the average density of water 1.8 (g cm⁻³) on shoot Mn content of pistachio seedlings



شکل ۲۶- مقایسه میانگین سطوح رطوبتی در تراکم ۱/۶۵ (g cm^{-۳}) بر مقدار منگنز بخش هوایی دانه‌های پسته
Figure 26- Comparison of the average density of water 1.65 (g cm⁻³) on shoot Mn content of pistachio seedlings

محدود شدن فرایند انتقال با مکانیسم پخشیدگی و کاهش رشد ریشه گیاه سبب کاهش جذب منگنز می‌شود. بیشترین مقدار منگنز بخش هوایی دانه‌های پسته در سطح رطوبتی ۴ واقع در سطح تراکمی ۱/۳۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب برابر با ۰/۲۸ میلی‌گرم بر گلدان و کمترین مقدار آن در سطح رطوبتی ۶ واقع در سطح تراکمی ۱/۶۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب برابر با ۰/۰۲۸ میلی‌گرم بر گلدان مشاهده شد.

کاهش رشد ریشه در سطح رطوبت غرقابی در سطح تراکمی ۱/۶۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب می‌تواند دلیل کاهش مقدار منگنز باشد. تراکمی کاهش مقدار منگنز بخش هوایی از سطح رطوبتی ۴ تا ۶ (افزایش کمبود آب) مشاهده شد ولی کاهش در دو سطح تراکمی ۱/۳۵ و ۱/۵ در مقایسه با دو سطح تراکمی ۱/۶۵ و ۱/۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب زیادتر بود. علیزاده و همکاران (Alizade et al., 2008) در ذرت و محمودی و همکاران (Mahmudi et al., 2014) در یونجه نتایج مشابهی را گزارش کردند.



شکل ۲۸- مقایسه میانگین مقدار منگنز بخش هوایی دانه‌های پسته در ترکیب سطوح مختلف تراکم و رطوبت خاک
Figure 28- Comparison of the average shoot Mn content of pistachio seedlings in the composition density and soil moisture levels

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف لاتین مشترک، با آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار ندارند
Averages of at least one member of the Latin characters, with no significant differences by Duncan test at the five percent level

جدول ۷- تجزیه واریانس تأثیر تراکم و رطوبت بر غلظت و مقدار منگنز بخش هوایی و ریشه و فاکتور انتقال منگنز در دانهال‌های پسته (طرح فاکتوریل)

Table 7- Analysis of variance of density and moisture effects on shoot and root Mn concentration and content and Mn translocation factor in pistachio seedlings (factorial design)

میانگین مربعات						
فاکتور انتقال منگنز Translocation Factor Mn	مقدار منگنز Content Mn		غلظت منگنز Concentration Mn		درجه آزادی df	منابع تغییر Source
	ریشه Root	بخش هوایی Shoot	ریشه Root	بخش هوایی Shoot		
0.185*	0.008*	0.05*	2274*	868*	3	تراکم Compaction
0.065 n.s	0.006*	0.034*	318*	427*	5	رطوبت Moisture
0.069 n.s	0.001*	0.007*	440*	207*	15	رطوبت (تراکم) Moisture (compaction)
0.042	0.0	0.003	49.9	92.9	48	خطای آزمایشی Error

ns و * به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪

جدول ۸- مقایسه میانگین‌های اثر اصلی سطوح رطوبت و تراکم برای غلظت و مقدار منگنز بخش هوایی و ریشه و فاکتور انتقال منگنز دانهال‌های پسته

Table 8- Comparison of main effect of moisture and density levels for shoot and root Mn concentration and content and Mn translocation factor in pistachio seedlings

Content and Mn translocation factor in pistachio seedlings						
فاکتور انتقال منگنز Translocation Factor Mn	مقدار منگنز Content Mn		غلظت منگنز Concentration Mn		سطوح Levels	اثر اصلی Main effect
	ریشه Root	بخش هوایی Shoot	ریشه Root	بخش هوایی Shoot		
0.845 a	0.082 c	0.145 ab	71.1 a	55.0 b	1	سطوح رطوبت Moisture levels
0.862 a	0.120 a	0.153 a	64.4 ab	52.8 bc	2	
0.840 a	0.105 ab	0.126 b	57.4 d	46.6c	3	
0.950 a	0.095 bc	0.146 ab	64.0 bc	60.4 ab	4	
1.027 a	0.065 d	0.050 c	59.1 d	58.8 b	5	
0.934 a	0.067 d	0.033 d	67.8 a	63.7 a	6	
0.889 b	0.118 a	0.156 a	54.6 c	46.5 c	1.35	سطوح تراکم Compaction levels (g cm ⁻³)
1.057 a	0.092 b	0.151 a	54.1 c	55.7 bc	1.5	
0.865 b	0.071 c	0.072 b	71.7 b	61.1 ab	1.65	
0.828 b	0.075 c	0.055 c	75.5 a	61.4 a	1.8	

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف لاتین مشترک، با آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

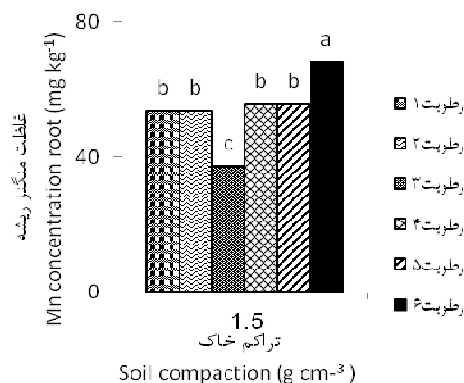
غلظت منگنز ریشه

تجزیه واریانس داده‌ها در قالب آشیان اکولوژیک نشان داد که اثر رطوبت در درون هر تراکم بر غلظت منگنز ریشه دانهال‌های پسته معنی‌دار بود (جدول ۶). تجزیه واریانس داده‌ها به صورت آزمایش فاکتوریل نیز نشان داد که اثر اصلی تراکم و رطوبت خاک و اثر متقابل آن‌ها بر غلظت منگنز ریشه دانهال‌های پسته معنی‌دار بود (جدول ۷). در سطوح تراکمی ۱/۳۵ و ۱/۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب افزایش معنی‌دار غلظت منگنز ریشه در سطح رطوبتی ۶

تیمار تحت تنش کمبود آب (نسبت به سطح رطوبتی ۵)

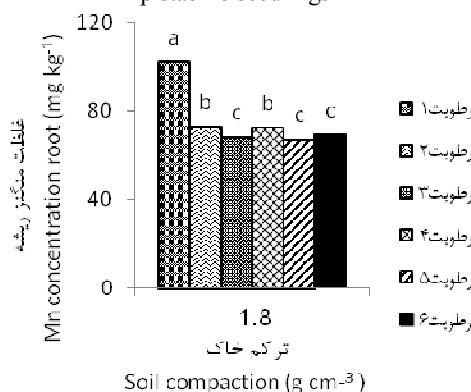
مشاهده شد. در تنش خشکی یکی از سازوکارهای گیاهان برای ادامه جذب آب و حفظ آماس سلول‌ها تنظیم اسمزی است (Good & Zaplachinski, 1994). دلانی و همکاران (Delaney et al., 1993) گزارش کردند که عناصر روی و منگنز در شرایط تنش نقش افزایش دهنده در فرآیند تنظیم اسمزی به واسطه افزایش میزان پرولین و یا قندهای محلول دارند. منگنز در تولید کربوهیدرات‌ها و فرایند فتوسنتز نقش اساسی دارد (Marschener, 1995).

رطوبتی ۱ (تیمار تحت تنش غرقابی) نسبت به سطوح رطوبتی دیگر به دست آمد. نجفی و همکاران (Najafi *et al.*, 2013) در غرقاب بیست روزه افزایش غلظت منگنز ریشه ذرت را مشاهده کردند. کاهش پتانسیل ریداکس تحت شرایط غرقاب می‌تواند عامل این گزارش باشد (شکل‌های ۲۹، ۳۰، ۳۱ و ۳۲ مربوط به طرح آشیانه‌ای).



شکل ۳۰- مقایسه میانگین سطوح رطوبتی در تراکم ۱/۵ (g cm⁻³) بر غلظت منگنز ریشه دانه‌های پسته

Figure 30- Comparison of the average density of water 1.5 (g cm⁻³) on root Mn concentration of pistachio seedlings

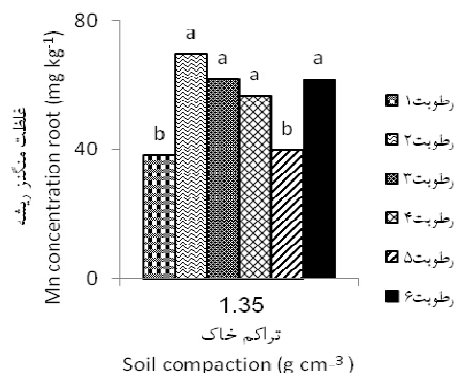


شکل ۳۲- مقایسه میانگین سطوح رطوبتی در تراکم ۱/۸ (g cm⁻³) بر غلظت منگنز ریشه دانه‌های پسته

Figure 32- Comparison of the average density of water 1.8 (g cm⁻³) on root Mn concentration of pistachio seedlings

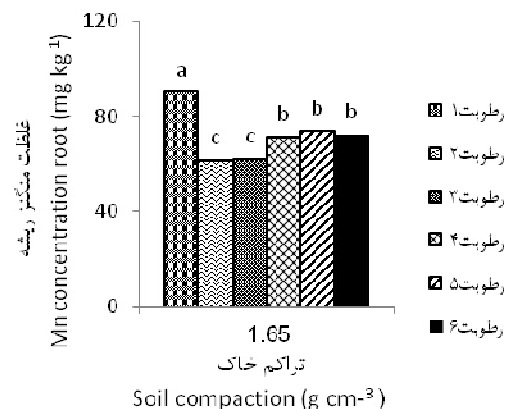
می‌باشد. بیشترین غلظت منگنز ریشه در سطح تراکمی ۱/۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب در سطوح رطوبتی ۱ برابر با ۱۰۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم و کمترین غلظت این عنصر نیز در سطح تراکمی ۱/۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب در سطح رطوبتی ۳ برابر با ۳۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم مشاهده شد.

انواع کربوهیدرات‌ها در تنظیم اسمزی از اهمیت بیشتری برخوردار هستند (Parakas *et al.*, 2002). احتمالاً در شرایط تنش خشکی پسته از این سازوکار بهره گرفته و سبب افزایش غلظت منگنز در ریشه شده است. ولی بر عکس در سطوح تراکمی بالاتر (۱/۶۵ و ۱/۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب) افزایش معنی‌دار غلظت آن در سطح



شکل ۲۹- مقایسه میانگین سطوح رطوبتی در تراکم ۱/۳۵ (g cm⁻³) بر غلظت منگنز ریشه دانه‌های پسته

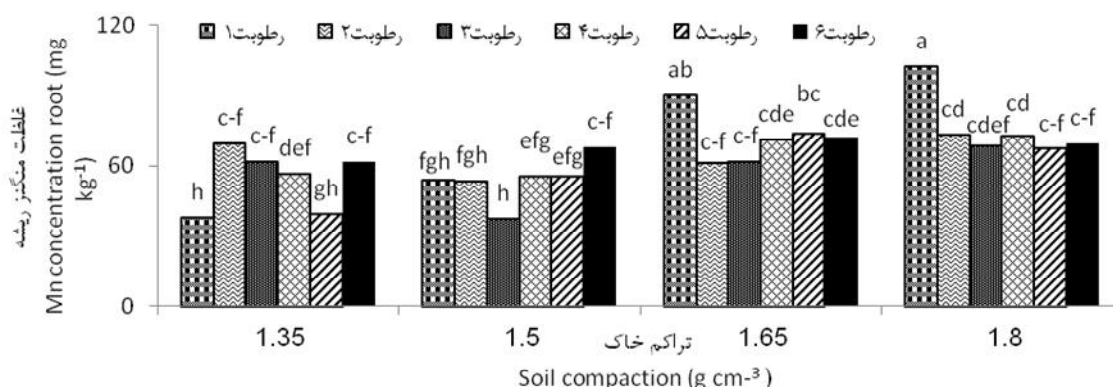
Figure 29- Comparison of the average density of water 1.35 (g cm⁻³) on root Mn concentration of pistachio seedlings



شکل ۳۱- مقایسه میانگین سطوح رطوبتی در تراکم ۱/۶۵ (g cm⁻³) بر غلظت منگنز ریشه دانه‌های پسته

Figure 31- Comparison of the average density of water 1.65 (g cm⁻³) on root Mn concentration of pistachio seedlings

شکل ۳۳ (طرح فاکتوریل) نشان می‌دهد که با افزایش تراکم خاک از سطح تراکمی ۱/۵ تا ۱/۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب افزایش معنی‌دار غلظت منگنز ریشه به وقوع پیوست. تهویه ضعیف در سطوح تراکمی بالا و کاهش وزن خشک ریشه (پدیده تغلیظ) دلیل این نتیجه



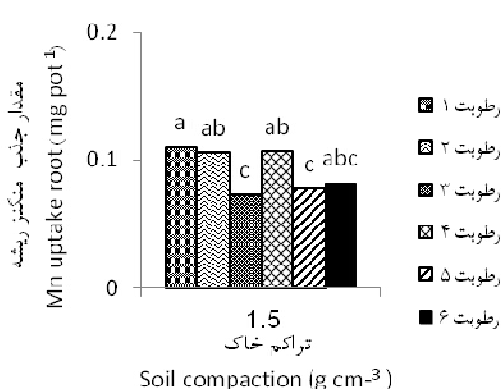
شکل ۳۳- مقایسه میانگین غلظت منگنز ریشه دانه‌های پسته در ترکیب سطوح تراکم و رطوبت خاک
Figure 33- Comparison of the average root Mn concentration of pistachio seedlings in the composition density and soil moisture levels

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف لاتین مشترک، با آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.
Averages of at least one member of the Latin characters, with no significant differences by Duncan test at the five percent level

(جدول ۷). در سطح تراکمی ۱/۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب بیشترین مقدار منگنز ریشه داخل دامنه رطوبتی با حداقل محدودیت مشاهده شد. در سطوح تراکمی ۱/۳۵ و ۱/۶۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب بیشترین مقدار آن در سطح رطوبتی ۲ مشاهده شد که با سطوح رطوبتی داخل دامنه رطوبتی با حداقل محدودیت تفاوت معنی‌دار نداشت.

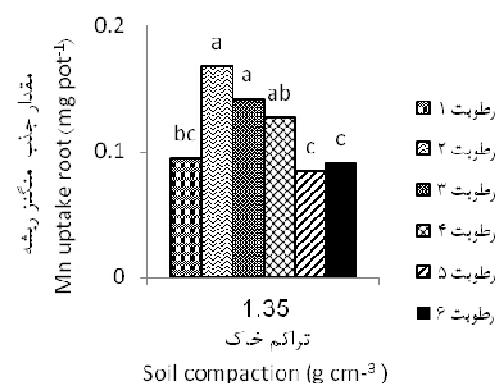
مقدار منگنز ریشه

تجزیه واریانس داده‌ها در قالب آشیان اکولوژیک نشان داد که رطوبت در درون هر تراکم بر مقدار منگنز ریشه تأثیر معنی‌دار داشت (جدول ۶). تجزیه واریانس داده‌ها به صورت آزمایش فاکتوریل نیز نشان داد که اثر اصلی تراکم و رطوبت خاک و اثر متقابل آن‌ها بر مقدار منگنز ریشه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود



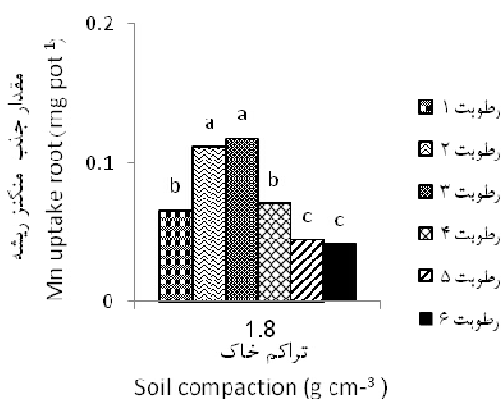
شکل ۳۵- مقایسه میانگین سطوح رطوبتی در تراکم ۱/۵ (g cm⁻³) بر مقدار منگنز ریشه دانه‌های پسته

Figure 35- Comparison of the average density of water 1.5 (g cm⁻³) on root Mn content of pistachio seedlings

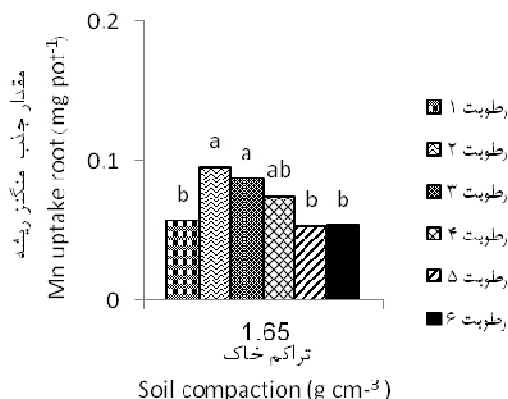


شکل ۳۴- مقایسه میانگین سطوح رطوبتی در تراکم ۱/۳۵ (g cm⁻³) مقدار منگنز ریشه دانه‌های پسته

Figure 34- Comparison of the average density of water 1.35 (g cm⁻³) on root Mn content of pistachio seedlings



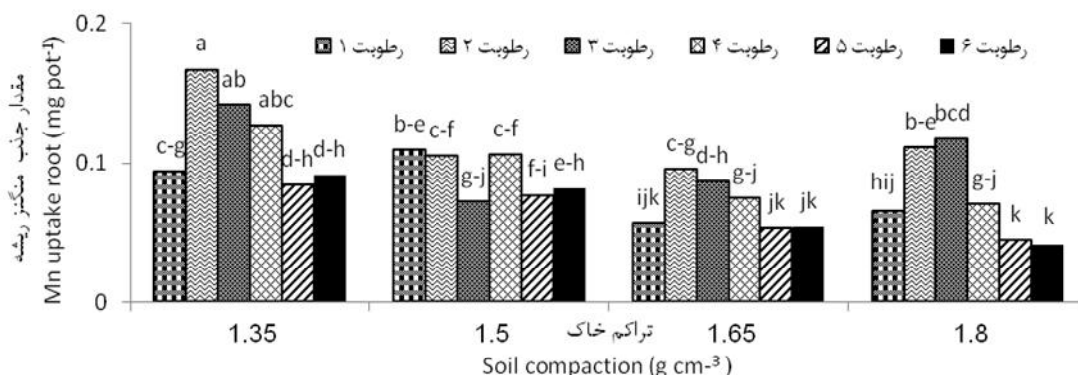
شکل ۳۷- مقایسه میانگین سطوح رطوبتی در تراکم ۱/۸ (g cm^{-۳}) بر مقدار منگنز ریشه دانه‌های پسته
Figure 37- Comparison of the average density of water 1.8 (g cm^{-۳}) on root Mn content of pistachio seedlings



شکل ۳۶- مقایسه میانگین سطوح رطوبتی در تراکم ۱/۶۵ (g cm^{-۳}) بر مقدار منگنز ریشه دانه‌های پسته
Figure 36- Comparison of the average density of water 1.65 (g cm^{-۳}) on root Mn content of pistachio seedlings

سطح رطوبتی ۱ (تیمار تحت تنش غرقابی) نسبت به سطوح رطوبتی ۲ و ۳ کاهش معنی‌دار نشان داد. بیشترین مقدار منگنز ریشه در سطح رطوبتی ۲ واقع در سطح تراکمی ۱/۳۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب برابر با ۰/۱۷ میلی‌گرم بر گلدان و کمترین مقدار آن در سطح رطوبتی ۶ واقع در سطح تراکمی ۱/۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب برابر ۰/۰۴۲ میلی‌گرم بر گلدان مشاهده شد. کاهش رشد ریشه دانه‌های پسته تحت تنش کمبود آب (سطح رطوبتی ۶) در سطح تراکمی ۱/۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب دلیل این نتیجه می‌باشد.

در تمام سطوح تراکمی با تشدید کمبود آب (سطوح رطوبتی ۵ و ۶) کاهش مقدار منگنز ریشه مشاهده شد (شکل‌های ۳۴، ۳۵، ۳۶ و ۳۷ مربوط به طرح آشیانه‌ای). محمودی و همکاران (Mahmudi *et al.*, 2014) نیز با افزایش کمبود آب کاهش مقدار منگنز یونجه را گزارش کردند. شکل ۳۸ (طرح فاکتوریل) نشان می‌دهد که با افزایش چگالی خاک تا سطح تراکمی ۱/۶۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب کاهش مقدار منگنز ریشه و تفاوت معنی‌دار بین سطوح تراکمی ۱/۶۵ و ۱/۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب از نظر جذب آن مشاهده نشد. در سطوح تراکمی ۱/۶۵ و ۱/۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب مقدار منگنز ریشه در

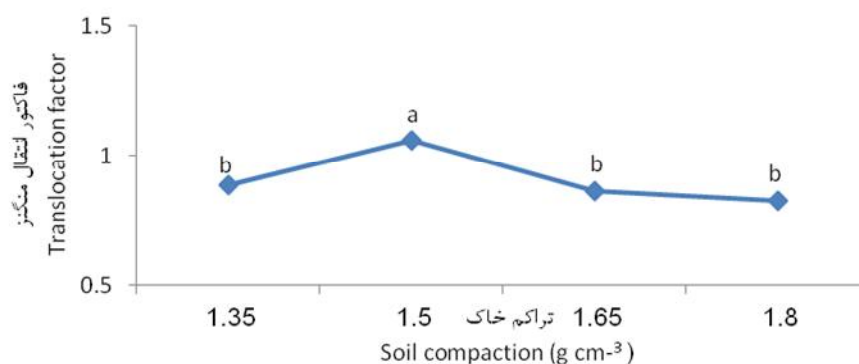


شکل ۳۸- مقایسه میانگین مقدار منگنز ریشه دانه‌های پسته در ترکیب سطوح مختلف تراکم و رطوبت خاک
Figure 38- Comparison of the average root Mn content of pistachio seedlings in the composition density and soil moisture levels

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف لاتین مشترک، با آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار ندارند
Averages of at least one member of the Latin characters, with no significant differences by Duncan test at the five percent level

فاکتور انتقال منگنز

تجزیه واریانس داده‌ها در قالب آشیان اکولوژیک نشان داد که اثر رطوبت در درون هر تراکم بر فاکتور انتقال منگنز دانهال‌های پسته غیر معنی‌دار بود (جدول ۶). تجزیه واریانس داده‌ها به صورت آزمایش فاکتوریل نیز نشان داد که فقط اثر اصلی تراکم خاک بر فاکتور انتقال منگنز دانهال‌های پسته معنی‌دار بود (جدول ۷). شکل ۳۹ نشان می‌دهد که بیشترین فاکتور انتقال منگنز در سطح



شکل ۳۹- اثر اصلی سطوح تراکمی خاک بر فاکتور انتقال منگنز دانهال‌های پسته

Figure 39- Main effects of soil compaction on Fe translocation factor of pistachio seedlings

ریشه در سطح تراکمی ۱/۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب و افزایش جذب آهن و منگنز ریشه در سطح تراکمی ۱/۶۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب گردید.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه تبریز به دلیل تأمین هزینه تحقیق، پروفسور محمد مقدم واحد، استاد محترم گروه اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز به دلیل تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها و کلیه داوران این مقاله به دلیل ارائه نظرات ارزشمند صمیمانه تشکر می‌کنیم.

نتیجه‌گیری کلی

تراکم خاک سبب افزایش غلظت آهن و منگنز بخش هوایی و ریشه شد ولی مقدار آهن و منگنز ریشه و بخش هوایی به دلیل کاهش رشد گیاه کاهش یافت. بررسی اثر اصلی سطح رطوبت نشان داد زیادی آب خاک سبب افزایش غلظت آهن و منگنز ریشه و مقدار آهن و منگنز بخش هوایی شد. در تمام سطوح تراکمی کمبود آب اثر منفی بر مقدار آهن و منگنز بخش هوایی و ریشه و غلظت آهن ریشه داشت. ولی افزایش غلظت منگنز بخش هوایی و ریشه در سطوح تراکمی ۱/۳۵ و ۱/۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب همراه با تنش رطوبتی مشاهده شد. زیادی آب خاک سبب افزایش جذب آهن و منگنز بخش هوایی و

References

- Alam SM. 1999. Nutrient uptake by plants under stress conditions. Nuclear Institute of Agriculture Tando Jam, Sindhu, Pakistan, 12: 285-313.
- Aliehyayi M, and Behbahanizadeh A. 1993. Description of the methods of chemical analysis of soil (printing). Soil and Water Research Institute Publication, No. 893.
- Alipoor H and Hoseinifard SJ. 2003. Diagnosis and nutrient deficiency in pistachios. Pistachio Research Institute of Iran, Rafsanjan, 53p (in Persian).
- Alizade A, Majidi A and Noormohammadi G. 2008. Effects of drought and soil nitrogen on nutrient uptake of maize varieties, 704. Journal of Agriculture Science, 4: 51-59 (in Persian).
- Behnia M. 1997. Cold cereal. Publishing and Printing Tehran University, 2nd edition, 129p (in Persian).
- Burneli JN. 1988. The biochemistry of manganese in plants. In: Graham RD, Hannam J and Uren NC. (eds). Manganese in Soils and Plants, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands, pp: 125-137.
- Canbolat M, Bilen S, Cakmakci R, Sahin F and Aydın A. 2006. Effect of plant growth-promoting bacteria and soil compaction on barley seedling growth, nutrient uptake, soil properties and rhizosphere microflora. Biology and Fertility of Soil, 42: 350-357.
- Delaney AJ, Hu CAA, Kishor KPB and Verma DPS. 1993. Cloning ornithine-aminotransferase CDNA from *Vigna anconitifolia* by trans-complementation in *Escherichia coli* and regulation of proline biosynthesis. Journal of Biology and Chemistry, 268: 18673-18678.
- Good A, and Zaplachinski S. 1994. The effects of drought on free amino acid accumulation and protein synthesis in *Brassica napus*. Physiologia Plantarum, 90: 9-14.
- Gunes A, Cicek N, Inal A, Eraslan F, Guneri E and Guzelordu T. 2006. Genotypic response of chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars to drought stress implemented at pre- and post-anthesis stages and its relations with nutrient uptake and efficiency. Plant and Soil Environment, 52: 368-376.
- Hakansson I and Voorhees WB. 1998. Soil compaction. In: Lal R, Blum WH, Valentin C and Stewart BA. (eds). Methods for Assessment of Soil Degradation. CRC Press Boca Raton, FL. pp: 167-179.
- Heydarinejad A and Abusaedi D. 2005. Effective identification and leaf explants of pistachio trees from the viewpoint of plant diseases, nutrition and irrigation. Final Research Report, Department of Irrigation and Nutrition Research Institute of pistachio, 121p. (in Persian).
- Johan LH, James DB, Samuel LT and Werner LN. 1999. Soil fertility and fertilizers. An introduction to nutrient management, 696p.
- Jones R. 1972. Comparative studies of plant growth and distribution in relation to waterlogging. VI. The effect of manganese on the growth of dune and slack plants. Journal of Ecology, 60: 141-145.
- Khoshgoftarmanesh AH. 2004. Determine the most limiting factors in land salty pistachio production of Qom. Research Center of Qom, Publication Management and Planning Organization of Qom, 2: 58-72 (in Persian).
- Lipiec J and Stepniewski W. 1995. Effects of soil compaction and tillage systems on uptake and losses of nutrients. Soil and Tillage Research, 35: 37-52.
- Mahmudi Sh, Najafi N and Reyhanitabar A. 2014. Effect of soil moisture and sewage-sludge compost on some soil chemical properties and alfalfa forage macronutrients concentrations in greenhouse conditions. Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture, 22: 37-54 (in Persian).
- Malakouti MJ and Homaei M. 2003. Soil fertility of arid and semi-arid areas (problems and solutions), Tarbiat Modares University Press, 494p. (in Persian).
- Marschener H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd edition, Academic Press London, 889p.
- Mehmet P and Altıngül OP. 2011. Effect of soil compaction on root growth and nutrient uptake of forage crops. Journal of Food, Agriculture and Environment, 9: 275-278.
- Mohammadi mohammadabadi A, Alipur H and Ghaffari Moaffgh F. 2012. Effect of different levels of nitrogen and irrigation quantity and quality on pistachio production, Kerman region. Research in Plant Production, No. 1: 17-42 (in Persian).
- Najafi N, Mardomi S and Ostan Sh. 2011. Effects of flooding, sewage sludge and manure on heavy metal concentrations in roots and shoots of sunflower in a loamy sand soil. Journal of Sciences

- and Technologies of Agriculture and Natural Resources (Soil and Water Sciences), 58: 139-156 (in Persian).
- Najafi N, Sarhangzade A and Ostan Sh. 2012. Sodium chloride soil salinity and waterlogging on the concentration of micronutrients in maize SC-704. Journal of Soil and Water Sciences (Agricultural Science). 23: 205-225 (in Persian).
- Parakas A, Nikolaou N, Ziaziou E, Radoglou K and Noitsakis B. 2002. The role of organic solute and ion accumulation in osmotic adjustment in drought-stressed grapevines. Plant Science, 163: 361-367.
- Ponnamperuma FN. 1972. The chemistry of submerged soils. Advances in Agronomy, 24: 29-96.
- Rowell DL. 1994. Soil science: Method and Application. Longman Scientific and Technical, John Wiley, UK. 350p.
- Sajedi N and Rejali F. 1991. Effects of drought stress on the application of mycorrhizal inoculum on the absorption of micronutrients in maize. Journal of Soil Research (Soil and Water Sciences), 2: 84-92 (in Persian).
- Smethurst CF, Garnett T and Shabala S, 2005. Nutritional and chlorophyll fluorescence responses of alfalfa (*Medicago sativa*) to waterlogging and subsequent recovery. Plant and Soil, 270: 31-45.
- Stepniewski W, Glifiski J and Ball BC. 1994. Effects of soil compaction on soil aeration properties. In: Soane BD and van Ouwerkerk C (eds). Soil Compaction in Crop Production Elsevier Amsterdam, pp: 167-189.
- Trought MCT and Drew MC. 1980. The development of waterlogging damage in young wheat plants in anaerobic solution culture. Journal of Experimental Botany, 31: 1573-1585.
- Waling I, Vark WV, Houba VJG and Van der lee JJ. 1989. Soil and plant analysis, a series of syllabi. Part 7. Plant Analysis Procedures. Wageningen Agriculture University, Netherland, 179p.
- Yazdi Samadi B, Rezaei AM and Valizadeh M. 1997. Statistical projects in agricultural research. Tehran University Press, 364p. (in Persian).
- Zarehaghghi D, Neyshabouri M, Gorji M, Monirifar H and Shorafa M. 2012. Determination of non-limiting water range for seedling growth of pistachio at two levels of soil compaction. Journal of Soil and Water Sciences, 22: 59-71 (in Persian).

Simultaneous Effects of Soil Compaction and Moisture on Fe and Mn Uptake by Pistachio (*Pistachio vera L.*) Seedlings

Ghazaleh Azizi¹, Adel Reyhanitabar^{2*}, Davood Zarehagi³ and Nosratollah Najafi⁴

(Received: July 2014 Accepted: March 2015)

Abstract

A greenhouse experiment was carried out to study the uptake of Fe and Mn in pistachio seedlings (*Pistachio vera L.*) at different densities and moisture levels. This experiment was applied in a sandy loam soil with four levels of bulk density (1.35, 1.5, 1.65 and 1.8 g cm⁻³) and six moisture levels from saturation to the permanent wilting point in triplicates. After outbreak the roots (90 days) from cylinders, seedlings were harvested and analyzed for their Fe and Mn. The experiment was conducted in a completely randomized design based nesting. Increasing soil density from 1.5 to 1.8 g/cm³ resulted in almost 30 percent increase in roots Fe concentration and root and shoot Mn concentration. An increase in soil density from 1.35 to 1.8 g cm⁻³ decreased 74 and 64 percent the shoot iron and manganese contents and decreased 45 and 36 percent root iron and manganese, respectively. Water deficiency at all bulk density levels had a negative impact on shoot Fe concentration, but an increase in Mn concentration was observed in shoot and root at bulk density levels of 1.35 and 1.5 (g cm⁻³) with water stress. High soil water content increased Fe and Mn contents in shoot and root at bulk density level of 1.8 (g cm⁻³) ($p < 0.05$). It also increased ($p < 0.05$) the Fe and Mn content in root at density level of 1.65 (g cm⁻³).

Keywords: Compaction, Iron, Manganese, Moisture, Pistachio

1-Graduate student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture, University of Tabriz

2- 2 & 4 Associates Professor, Soil Science Department, Faculty of Agriculture, University of Tabriz

3- Assistant professor Soil Science Department, Faculty of Agriculture, University of Tabriz

*Corresponding Email: areyhani@tabrizu.ac.ir