

اثر نیتروژن، شوری و ماده آلی بر رشد نهال پسته و مرفولوژی ریشه آن

اعظم رضوی نسب^{۱*}، احمد تاج آبادی پور^۲، حسین شیرانی^۲ و حسین دشتی^۳

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۷/۵/۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۷/۱۰/۲۹)

چکیده

با توجه به شور بودن مناطق پسته کاری و کمبود مواد آلی در این مناطق، به منظور بررسی تأثیر نیتروژن، شوری و ماده آلی بر میزان رشد و مرفولوژی ریشه پسته (رقم بادامی زرنده)، آزمایش گلخانه‌ای به صورت فاکتوریل، در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار صورت گرفت. تیمارها شامل چهار سطح نیتروژن (۰، ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک از منبع اوره)، چهار سطح شوری (۰، ۸۰۰، ۱۶۰۰ و ۲۴۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک) و سه سطح ماده آلی (۰، ۲ و ۴ درصد وزنی از منبع کود گاوی) بود. با افزایش شوری، وزن خشک برگ، ساقه و ریشه، چگالی ریشه و تعداد برگ سبز، به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. هرچند کاربرد نیتروژن تا سطح ۱۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک، تأثیر معنی‌داری در میزان رشد نداشت، ولی بالاترین سطح نیتروژن (۱۸۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)، احتمالاً به‌علت عدم تعادل یونی و آثار نامطلوب بر جذب سایر عناصر غذایی، باعث کاهش رشد برگ، ساقه و ریشه به ترتیب به میزان ۱۵، ۳۵ و ۳۲ درصد گردید. در سطوح پایین شوری، نیتروژن توانست تا حدی وضعیت رشد را بهبود بخشد، اما در بالاترین سطح شوری، بالاترین سطح نیتروژن هم نتوانست صدمات ناشی از شوری را جبران کند. با کاربرد ۲ درصد ماده آلی و آثار مطلوب آن بر خصوصیات فیزیکی و تغذیه‌ای خاک، وزن خشک برگ و ریشه، ارتفاع ساقه و چگالی ریشه به ترتیب به میزان ۱۲، ۳۳، ۱۰ و ۴۵ درصد نسبت به شاهد، افزایش نشان داد.

واژه‌های کلیدی: نیتروژن، شوری، ماده آلی، مرفولوژی ریشه، پسته

مقدمه

شوری مثل پسته (*Pistacia vera* L.) اشاره کرد. در حال حاضر بالغ بر ۴۲۰ هزار هکتار باغ پسته بارور و غیر بارور در ایران وجود دارد که حدود ۷۰ درصد از این باغ‌ها در استان کرمان قرار دارد و در اکثر مناطق به‌علت بالا بودن میزان تبخیر سالانه، مشکل شوری وجود دارد (۷). پارسا و کریمیان (۲۵) برای اولین بار طی یک آزمایش گلخانه‌ای تأثیر شوری آب آبیاری (قابلیت هدایت الکتریکی بین صفر تا ۲۲/۴ دسی‌زیمنس بر متر) را بر-

در خاک‌های شور، پتانسیل کم آب خاک همراه با تأثیر سوء بعضی از یون‌ها نظیر کلرید، بی‌کربنات، بر و به‌ویژه سدیم به‌علت افزایش نسبت Na/Ca ، Na/K ، Mg/Ca و Cl/NO_3 در گیاه و اختلال در تعادل عناصر غذایی، سبب کاهش عملکرد می‌گردد (۱۰ و ۱۲). از روش‌های مقابله با شوری، می‌توان به اصلاح و بهسازی خاک و استفاده از گیاهان یا ارقام مقاوم به

۱. مربی خاک‌شناسی، دانشگاه پیام‌نور میبد

۲. استادیار خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر (عج)، رفسنجان

۳. استادیار زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: azamrazavinasab@yahoo.com

آزمایش‌های خود که جهت بررسی اثر نیتروژن بر رشد و توسعه ریشه ذرت انجام دادند، به این نتیجه رسیدند که طول ریشه اصلی و چگالی آن در دوره گرده افشانی بیشتر از دوره‌های دیگر بود و هم‌زمان با افزایش کود مصرفی، طول و چگالی ریشه افزایش یافت.

امروزه با شناخت آثار سوء استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی بر محیط زیست و سلامتی انسان و دام و کاهش کیفیت محصولات کشاورزی، توجه به استفاده از کودهای آلی فزونی یافته است. در مصرف کودهای حیوانی بیشتر اثرات درازمدت آنها همچون بهبود ساختمان خاک و فعال نگه‌داشتن ریزجانداران خاک به‌مدت طولانی‌تر و در نتیجه آزادسازی عناصر غذایی از کود، مد نظر است (۱۱). تحقیقات نشان می‌دهند که کودهای حیوانی باعث بهبود شرایط خاک از جمله افزایش pH (در خاک‌های اسیدی)، افزایش ظرفیت نگه‌داری آب خاک، هدایت هیدرولیکی و میزان نفوذپذیری و کاهش وزن مخصوص ظاهری و تراکم خاک می‌شوند. هم‌چنین کودهای دامی باعث استحکام ساختمان خاک و تأمین حاصل‌خیزی درازمدت خاک می‌گردند (۲۳ و ۲۴).

با توجه به شور بودن اکثر مناطق پسته‌کاری و هم‌چنین کمبود مواد آلی در این مناطق، بنابراین تحقیق حاضر با هدف بررسی تأثیر شوری (کلرید سدیم)، نیتروژن و ماده آلی (کود گاوی) و برهم‌کنش این تیمارها بر رشد اندام‌های پسته و مرفولوژی ریشه انجام شد.

مواد و روش‌ها

خاک مورد مطالعه به مقدار کافی از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری از یکی از مناطق پسته‌خیز استان کرمان (۳۵ کیلومتری جنوب سیرجان) با مقادیر شوری، نیتروژن و ماده آلی کم، تهیه شد. پس از خشک کردن در هوا و عبور از الک ۲ میلی‌متری بعضی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک از جمله pH در گل اشباع به وسیله الکتروود شیشه‌ای، قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک، بافت به روش هیدرومتر، کربن آلی به

رشد نهال‌های پسته اهلی، ارقام فندق و بادامی مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنان نشان داد که شوری آب آبیاری، آثار منفی بر رشد ریشه و اندام هوایی ارقام پسته داشت. ابطحی (۲) اظهار داشت که افزایش شوری موجب کاهش رشد گیاه پسته می‌گردد و با افزایش شوری رشد ساقه و برگ کاهش یافته که در این میان برگ دارای حساسیت بیشتری نسبت به شوری می‌باشد. آزمایش‌های انجام شده توسط پیکچینی و همکاران (۲۶) بر روی ارقام مختلف پسته نشان داد که افزایش شوری باعث افزایش نسبت ریشه به ساقه در همه ارقام به‌خصوص *P. terebinthus* گردید. آنها هم‌چنین نشان دادند که سرعت رشد پسته با افزایش شوری محلول خاک کاهش می‌یابد. در حالی که شابالا و همکاران (۳۱) نشان دادند که شوری عاملی است که باعث کاهش چگالی و ضخامت ریشه می‌شود و وجود یون کلسیم تا حدی باعث بهبود این شرایط می‌گردد.

نیتروژن از اجزای تشکیل‌دهنده اسیدهای آمینه، پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک و آنزیم‌هاست و نقش عمده‌ای در فیزیولوژی گیاه، رشد رویشی، تشکیل کلروفیل و تولید میوه و دانه دارا می‌باشد (۲۱ و ۲۸). علائم کمبود نیتروژن در باغ‌های پسته معمولاً با کاهش رشد اندام هوایی، باریک شدن و کوچک‌تر شدن شاخه‌ها و زرد شدن برگ‌های قدیمی‌تر در ابتدای کمبود و سرایت به همه برگ‌ها در موارد شدید، همراه می‌باشد (۹ و ۱۴). در پژوهشی که توسط اونلو و همکاران (۳۳) روی پسته در طی دو سال بارده و غیر بارده صورت گرفت، این نتیجه حاصل شد که در سال غیر بارده نیتروژن بیشتری نسبت به سال بارده برای نیل به عملکرد اقتصادی نیاز است. سپاسخواه و مفتون (۳۰) گزارش کردند که هنگامی که پسته در محیطی با غلظت بالای بر رشد می‌کند، برای مقابله با سمیت بر، نیاز به نیتروژن کافی دارد. کریمی و همکاران (۱۸) در آزمایشی که روی درختان ۱۵ ساله پسته انجام دادند، نتیجه گرفتند که کاربرد کود نیتروژنه باعث افزایش وزن دانه و عملکرد گردید. میرنیا و مدرسی (۲۲)، کاستا و همکاران (۱۵) و کریستنسن و توراپ کریستنسن (۲۰) در

۲۴ ساعت در آب مقطر استریل در یک ظرف در بسته خیسانده شدند. سپس با سم پتتا کلرو نیترو بنزن با غلظت ۶ میلی گرم در لیتر برای جلوگیری از آلودگی قارچی، ضد عفونی و به مدت چند روز میان پارچه‌های متقال مرطوب در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد قرار داده شدند. در هر گلدان ۱۰-۸ بذر جوانه زده در اواخر فروردین ماه، در عمق ۳ سانتی متر، کشت گردید و رطوبت خاک، با استفاده از آب مقطر، با توزین مرتب به حد ظرفیت زراعی رسانده شد. پس از استقرار کامل نهال‌ها (حدود ۲ ماه پس از کشت)، تیمارهای شوری، به منظور جلوگیری از وارد شدن تنش ناگهانی به نهال‌ها، در سه قسط و به فاصله زمانی ۱۰ روزه به صورت محلول همراه با آب آبیاری به گلدان‌ها اضافه و تعداد نهال‌ها به ۴ بوته در هر گلدان تقلیل داده شد. پس از اعمال تیمارهای شوری تا پایان دوره رشد، آبیاری گلدان‌ها به وسیله آب مقطر در حد ظرفیت زراعی با توزین مرتب و روزانه گلدان‌ها صورت گرفت.

قبل از برداشت (۲۲ هفته پس از کاشت)، ارتفاع گیاه و تعداد برگ در هر گلدان اندازه گیری شد و گیاهان از محل طوقه قطع و برگ و ساقه آنها جدا گردید. ریشه نیز از خاک خارج و همراه با برگ و ساقه پس از شستشو با آب معمولی و آب مقطر در دمای ۶۵ درجه سانتی گراد تا رسیدن به وزن ثابت خشک شد. طول ریشه پس از بیرون آوردن از خاک توسط دستگاه اسکنر ریشه تعیین شد. چگالی ریشه با تقسیم طول ریشه به حجم گلدان‌ها تعیین گردید (۶). داده‌های به دست آمده توسط نرم افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت و نمودارهای مربوطه نیز توسط نرم افزار Excel رسم و نتایج تفسیر گردید.

نتایج و بحث

۱- وزن خشک برگ، ساقه و ریشه

نتایج مربوط به تأثیر نیتروژن و شوری بر وزن خشک برگ، ساقه و ریشه در جدول ۳ گزارش شده است. نتایج موجود نشان می‌دهد که کاربرد نیتروژن تا سطح ۱۲۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک، هرچند باعث افزایش وزن خشک برگ، ساقه و

روش جکسون، کربنات کلسیم معادل به روش خنثی سازی با اسید کلریدریک، ظرفیت تبادل کاتیونی به روش جانشین کاتیون‌ها با استات سدیم، فسفر قابل استفاده به روش اولسن، نیتروژن کل به روش کجلدال، غلظت پتاسیم در عصاره اشباع به روش نورسنجی شعله‌ای، با استفاده از دستگاه شعله‌سنجی تعیین گردید (جدول ۱). کود آلی مورد نیاز از نوع کود گاوی بود که از گاوداری‌های نزدیک رفسنجان تهیه شد. نمونه کود پس از خشک کردن در هوا و آسیاب شدن به آزمایشگاه منتقل و بعضی از خصوصیات شیمیایی آن نظیر pH، شوری در عصاره ۵ به ۱ آب به کود، کربن آلی به روش جکسون و نیتروژن کل به روش کجلدال تعیین شد. پس از خشک سوزانی نمونه کود، غلظت کل فسفر به روش زرد وانادات تعیین شد. هم چنین جرم مخصوص کود مورد نظر نیز تعیین گردید (جدول ۲). آزمایش در شرایط گلخانه‌ای به صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی با سه تکرار انجام گردید. تیمارها شامل چهار سطح نیتروژن (۰، ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ میلی گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک از منبع اوره)، چهار سطح شوری (۰، ۸۰۰، ۱۶۰۰ و ۲۴۰۰ میلی گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک) و سه سطح کود گاوی (۰، ۲ و ۴ درصد وزنی) بود. مقدار ۵ کیلوگرم خاک در کیسه‌های پلاستیکی هشت کیلوگرمی ریخته شد و سپس مقادیر کود دامی الک شده و نیتروژن از منبع اوره طبق طرح مورد نظر اضافه و به طور کامل مخلوط گردید. هم‌زمان به علت کمبود سایر عناصر غذایی موجود در خاک، فسفر و پتاسیم از منبع پتاسیم دی‌هیدروژن فسفات با غلظت ۵۰ میلی گرم فسفر در کیلوگرم خاک و سولفات آهن، روی و منگنز با غلظت ۵ میلی گرم در کیلوگرم خاک، به صورت محلول به تمام پلاستیک‌ها اضافه و پس از رساندن رطوبت خاک به حد ظرفیت زراعی، خاک موجود در هر کیسه به خوبی مخلوط و به داخل ۱۴۴ گلدان پلاستیکی مورد آزمایش منتقل گردید (۳). بذرهای پسته (رقم بادامی زرنندی) بعد از جداسازی پوست سخت به مدت ده دقیقه در محلول وایتکس ۱۰ درصد قرار داده شدند. پس از آن که با آب مقطر استریل شستشو شدند، به مدت

جدول ۱. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش

| مقدار | خصوصیت |
|---------|---|
| ۵/۵ | رس (درصد) |
| ۲۳/۱ | سیلت (درصد) |
| لوم شنی | بافت |
| ۱۸/۰ | ظرفیت زراعی (درصد وزنی) |
| ۴/۰ | نقطه پژمردگی دائم (درصد وزنی) |
| ۲۷/۰ | کربنات کلسیم معادل (درصد) |
| ۱۲/۵ | ظرفیت تبادل کاتیونی (سانتی مول در کیلوگرم) |
| ۷/۵ | pH |
| ۱/۰ | قابلیت هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) |
| ۰/۵۰ | ماده آلی (درصد) |
| ۰/۰۲ | نیترژن کل به روش کج‌لدال (درصد) |
| ۵/۳۵ | فسفر به روش اولسن (میلی‌گرم در کیلوگرم) |
| ۱۰۰/۰ | پتاسیم عصاره‌گیری شده با استات آمونیم (میلی‌گرم در کیلوگرم) |

جدول ۲. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی کود مورد آزمایش

| مقدار | خصوصیت |
|-------|---|
| ۷/۹۰ | pH |
| ۸/۹۸ | قابلیت هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) |
| ۰/۴۸ | وزن مخصوص (گرم در سانتی متر مکعب) |
| ۲۳/۴۰ | کربن آلی (درصد) |
| ۰/۷۵ | سدیم (درصد) |
| ۰/۶۸ | پتاسیم (درصد) |
| ۱۲/۸۵ | فسفر به روش زرد وانادات (میلی‌گرم در کیلوگرم) |
| ۱/۴۶ | نیترژن کل به روش کج‌لدال (درصد) |

یونی و تأثیر سوء بر جذب سایر عناصر غذایی و همچنین تشدید شوری، باعث کاهش رشد گیاه می‌گردد.

هم‌چنین نتایج موجود در جدول ۳ نشان می‌دهد که با افزایش سطوح شوری و رسیدن به سطح ۲۴۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک، وزن خشک برگ، ساقه و ریشه به‌طور معنی‌داری کاهش یافته است، به‌طوری‌که کاهش وزن خشک برگ، ساقه و ریشه، به‌ترتیب ۳۲، ۳۷ و ۳۳ درصد نسبت به

ریشه گردید، ولی این افزایش معنی‌دار نبود. درحالی‌که کاربرد بیشتر نیترژن (۱۸۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)، به‌طور معنی‌داری وزن خشک اندام‌ها را کاهش داد. که مقدار این کاهش به ترتیب برای برگ، ساقه و ریشه ۱۵، ۳۵ و ۳۲ درصد نسبت به شاهد بود. این امر می‌تواند به این دلیل باشد که مصرف زیاد نیترژن (بیشتر از نیاز گیاه) نه تنها کمکی به افزایش رشد و عملکرد گیاه نمی‌کند، بلکه به دلیل عدم تعادل

جدول ۳. تأثیر نیتروژن و شوری بر وزن خشک برگ، ساقه و ریشه (گرم در گلدان)

| میانگین | سطوح شوری (میلی گرم کلرید سدیم در کیلوگرم) | | | | سطوح نیتروژن (میلی گرم در کیلوگرم) |
|---------|--|------|------|-------|---------------------------------------|
| | ۲۴۰۰ | ۱۶۰۰ | ۸۰۰ | ۰ | |
| | برگ | | | | |
| ۲/۴۵ | ۲/۱۸ | ۲/۲۵ | ۲/۵۶ | ۲/۷۳* | ۰ |
| ۲/۵۲ | ۱/۷۴ | ۲/۱۹ | ۳/۲۱ | ۲/۹۵ | ۶۰ |
| ۲/۷۲ | ۲/۲۴ | ۲/۸۸ | ۲/۵۱ | ۳/۲۴ | ۱۲۰ |
| ۲/۰۷ | ۱/۳۵ | ۲/۴۵ | ۲/۴۲ | ۲/۰۷ | ۱۸۰ |
| | ۱/۸۸ | ۲/۴۴ | ۲/۶۷ | ۲/۷۵ | میانگین |
| | ساقه | | | | |
| ۲/۲۶ | ۲/۱۰ | ۲/۰۴ | ۲/۳۱ | ۲/۵۹ | ۰ |
| ۲/۰۰ | ۱/۲۳ | ۱/۵۸ | ۲/۶۴ | ۲/۵۶ | ۶۰ |
| ۲/۲۹ | ۱/۶۰ | ۲/۵۸ | ۲/۲۰ | ۲/۷۸ | ۱۲۰ |
| ۱/۴۷ | ۱/۰۰ | ۱/۷۵ | ۱/۶۹ | ۱/۴۵ | ۱۸۰ |
| | ۱/۴۸ | ۱/۹۸ | ۲/۲۱ | ۲/۳۴ | میانگین |
| | ریشه | | | | |
| ۴/۶۱ | ۳/۷۲ | ۳/۹۱ | ۵/۸۴ | ۴/۹۹ | ۰ |
| ۴/۰۲ | ۳/۱۰ | ۳/۶۳ | ۴/۷۷ | ۴/۵۸ | ۶۰ |
| ۵/۱۵ | ۳/۷۹ | ۴/۳۵ | ۵/۸۶ | ۶/۶۲ | ۱۲۰ |
| ۳/۱۴ | ۱/۷۸ | ۴/۸۴ | ۳/۵۶ | ۲/۳۹ | ۱۸۰ |
| | ۳/۱۰ | ۴/۱۸ | ۵/۰۰ | ۴/۶۴ | میانگین |
| | | ریشه | ساقه | برگ | LSD(۰/۰۵) |
| | | ۰/۶۲ | ۰/۳۶ | ۰/۳۰ | نیتروژن |
| | | ۰/۶۲ | ۰/۳۶ | ۰/۳۰ | شوری |
| | | ۱/۲۵ | ns | ۰/۶۱ | نیتروژن × شوری |

*: هر عدد میانگین ۹ گلدان می باشد.

(۲۷) اظهار داشتند که کاربرد کلرید سدیم موجب کاهش رشد رقم‌های پسته می‌گردد و عکس‌العمل رقم‌های مختلف مورد آزمایش به شوری، متفاوت است. نتایج موجود در جدول ۳ بیان‌گر معنی‌دار بودن برهم‌کنش شوری و نیتروژن بر وزن خشک برگ و ریشه می‌باشد. در شرایط غیر شور (سطح شوری صفر)، افزایش نیتروژن تا سطح ۱۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم

شاهد بود. شوری خاک با کاهش پتانسیل آب خاک، همراه با تأثیر سوء بعضی یون‌های مضر و در نتیجه سمیت آنها و همچنین ایجاد عدم تعادل عناصر غذایی، باعث کاهش رشد و عملکرد گیاه می‌گردد (۹). کاهش رشد پسته با افزایش شوری آب و خاک توسط محققان مختلف گزارش شده است (۳، ۸، ۱۶، ۲۵، ۲۷ و ۲۹). پارسا و کریمیان (۲۵) و رنجبر و همکاران

در سطوح ماده آلی ذکر شده به ترتیب ۱۸ و ۳۳ درصد نسبت به شاهد افزایش پیدا کرد. هرچند که با افزایش کاربرد ماده آلی، وزن خشک ساقه روندی افزایشی نشان داد، ولی این افزایش معنی‌دار نبود. محققان (۱، ۱۲ و ۱۳) نشان داده‌اند که ماده آلی خاک با اثرات مفیدی که بر شرایط فیزیکی خاک، همچون بهبود ساختمان خاک، افزایش تهویه و نفوذ آب به خاک و کاهش تراکم‌پذیری خاک و آثار مفید تغذیه‌ای از جمله افزایش CEC، تأمین غذای ریزجانداران خاک و تشکیل کلات عناصر دارد، موجبات رشد بیشتر برای گیاه، مخصوصاً ریشه را فراهم کرده و افزایش رشد را به دنبال دارد. روند تغییرات وزن خشک برگ، ساقه و ریشه تحت تأثیر برهم‌کنش ماده آلی و نیتروژن دارای روندی تقریباً مشابه است (جدول ۴). نتایج موجود بیانگر این است که افزایش نیتروژن مصرفی در سطح صفر ماده آلی تأثیر معنی‌داری بر وزن خشک برگ، ساقه و ریشه نداشت. درحالی‌که در سطح ۴ درصد ماده آلی، با افزایش مصرف نیتروژن، وزن خشک اندام‌های هوایی و ریشه با افزایش همراه بود، به طوری‌که بیشترین وزن خشک برگ، ساقه و ریشه با مصرف ۴ درصد ماده آلی و ۱۲۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک به دست آمد. احتمالاً به دلیل مصرف ماده آلی خصوصیات فیزیکی خاک بهبود یافته و ریشه گسترش پیدا کرده است و این امر به جذب نیتروژن توسط نهال‌های پسته و افزایش رشد در اثر کاربرد نیتروژن کمک نموده است. نتایج شکل ۱ گویای معنی‌دار بودن برهم‌کنش شوری و ماده آلی بر وزن خشک برگ می‌باشد. به طوری‌که در شرایط غیر شور و شوری پایین (۸۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک)، با افزایش ماده آلی و رسیدن آن به سطح ۴ درصد، وزن خشک برگ به‌طور معنی‌داری افزایش یافت، ولی در سطح بالای شوری، مصرف ماده آلی احتمالاً به دلیل تشدید شوری (جدول ۲)، نه تنها باعث افزایش وزن خشک برگ نگردید، بلکه در سطح ۴ درصد ماده آلی باعث کاهش وزن خشک برگ گردید.

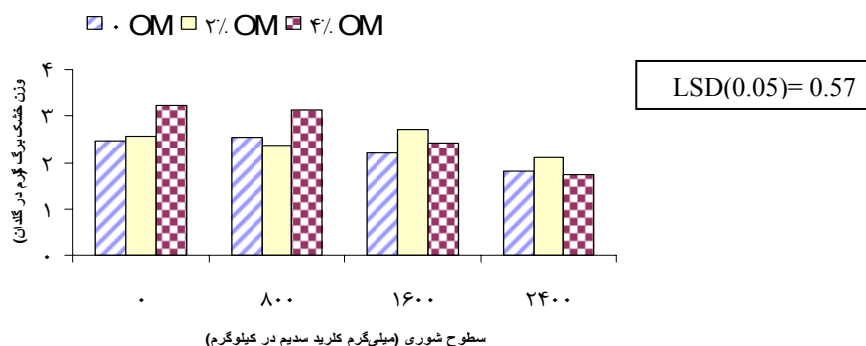
خاک، باعث افزایش وزن خشک برگ گردید، ولی این افزایش معنی‌دار نبود و مصرف بالاترین سطح نیتروژن (۱۸۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)، باعث کاهش وزن خشک به میزان ۲۴ درصد نسبت به شاهد گردید. در بالاترین سطح شوری (۲۴۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک)، نه تنها کاربرد بیشتر نیتروژن سبب افزایش وزن خشک برگ نگردید، بلکه باعث کاهش معنی‌دار آن گردید. می‌توان چنین نتیجه گرفت که کاربرد بیشتر نیتروژن در شرایط شور نمی‌تواند باعث بهبود صدمات ناشی از شوری بالا گردد و به همین دلیل بیشترین کاهش وزن خشک برگ در بالاترین سطح شوری و بالاترین سطح نیتروژن دیده شد.

تأثیر برهم‌کنش نیتروژن و شوری بر وزن خشک ریشه بدین‌گونه بود که مصرف ۱۲۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک توانست در شوری‌های پایین باعث افزایش رشد گردد، ولی در بالاترین سطح شوری، نتوانست به افزایش رشد کمی بکند و حتی مصرف بیشتر نیتروژن (۱۸۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک) رشد را به شدت کاهش داد. می‌توان چنین نتیجه گرفت که سطوح بالای شوری مانع از ایجاد آثار مثبت نیتروژن گردیده است. کافکافی و همکاران (۱۷) در پژوهش خود روی گوجه فرنگی به این نتیجه رسیدند که با افزایش غلظت یون‌های مضر از جمله سدیم و کلر در خاک و رقابت به وجود آمده بین کلسیم و سدیم و به دنبال آن کاهش جذب کلسیم، انتخاب‌پذیری غشای مختل شده و یون کلر به راحتی و به صورت غیر فعال جذب می‌شود و این مسئله علاوه بر سمیت، به علت رقابت ایجاد شده، باعث کاهش جذب نیترات نیز می‌گردد. لازم به ذکر است که برهم‌کنش نیتروژن و شوری بر وزن ساقه معنی‌دار نبود (جدول ۳). روند تغییرات وزن خشک برگ، ساقه و ریشه تحت تأثیر ماده آلی در جدول ۴ آمده است. با افزایش کاربرد ماده آلی، وزن خشک برگ و ریشه به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. البته بیشترین وزن خشک برگ در سطح ۴ درصد ماده آلی و بیشترین وزن خشک ریشه در سطح ۲ درصد ماده آلی حاصل شد. وزن خشک برگ و ریشه

جدول ۴. تأثیر نیتروژن و ماده آلی بر وزن خشک برگ، ساقه و ریشه (گرم در گلدان)

| میانگین | سطوح ماده آلی (درصد) | | | سطوح نیتروژن (میلی گرم در کیلوگرم) |
|---------|----------------------|------|-------|---------------------------------------|
| | ۴ | ۲ | ۰ | |
| برگ | | | | |
| ۲/۴۳ | ۲/۴۳ | ۲/۵۶ | ۲/۳۱* | ۰ |
| ۲/۵۳ | ۲/۵۴ | ۲/۸۸ | ۲/۱۶ | ۶۰ |
| ۲/۷۲ | ۳/۳۷ | ۲/۶۸ | ۲/۱۱ | ۱۲۰ |
| ۲/۰۸ | ۲/۱۸ | ۱/۷۵ | ۲/۳۲ | ۱۸۰ |
| | ۲/۶۳ | ۲/۴۹ | ۲/۲۲ | میانگین |
| ساقه | | | | |
| ۲/۲۶ | ۲/۲۷ | ۲/۵۰ | ۲/۰۰ | ۰ |
| ۲/۰۰ | ۲/۱۷ | ۲/۲۵ | ۱/۵۹ | ۶۰ |
| ۲/۲۹ | ۲/۹۰ | ۲/۱۲ | ۱/۸۴ | ۱۲۰ |
| ۱/۴۹ | ۱/۴۰ | ۱/۳۵ | ۱/۷۳ | ۱۸۰ |
| | ۲/۱۸ | ۲/۰۵ | ۱/۸۰ | میانگین |
| ریشه | | | | |
| ۴/۶۱ | ۳/۸۵ | ۵/۳۱ | ۴/۶۷ | ۰ |
| ۴/۰۲ | ۳/۸۳ | ۵/۳۵ | ۲/۸۹ | ۶۰ |
| ۵/۱۵ | ۷/۰۲ | ۵/۰۵ | ۳/۳۹ | ۱۲۰ |
| ۳/۱۴ | ۲/۲۹ | ۳/۵۸ | ۳/۵۶ | ۱۸۰ |
| | ۴/۲۵ | ۴/۸۲ | ۳/۶۳ | میانگین |
| | ریشه | ساقه | برگ | LSD(0.05) |
| | ۰/۶۳ | ۰/۴۰ | ۰/۳۳ | نیتروژن |
| | ۰/۵۴ | ns | ۰/۲۹ | ماده آلی |
| | ۱/۰۹ | ۰/۶۹ | ۰/۵۸ | نیتروژن × ماده آلی |

* هر عدد میانگین ۱۲ گلدان می باشد.



شکل ۱. تأثیر برهمکنش شوری و ماده آلی بر وزن خشک برگ

۲- ارتفاع ساقه و نسبت وزن خشک اندام هوایی به ریشه

نتایج مربوط به تأثیر نیتروژن و شوری بر ارتفاع ساقه و نسبت وزن خشک اندام هوایی به ریشه در جدول ۵ آمده است. طبق نتایج به دست آمده تأثیر نیتروژن بر ارتفاع ساقه معنی دار نبود. تأثیر نیتروژن بر نسبت وزن خشک اندام هوایی به ریشه تا سطح سوم آن (۱۲۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک) کاهش یافته بود و افزایش بیشتر نیتروژن بر این نسبت تأثیر معنی داری نداشت. رشدی (۵) در پژوهشی که سطوح مختلف نیتروژن را بر پارامترهای رشدی گیاه آفتابگردان بررسی کرد، به این نتیجه دست یافت که با کاربرد نیتروژن و به دنبال آن افزایش گسترش ریشه، نسبت اندام هوایی به ریشه کاهش یافت. بر طبق نتایج موجود در جدول ۵، شوری بر ارتفاع ساقه و نسبت وزن خشک اندام هوایی به ریشه تأثیر معنی داری نداشت. نتایج موجود در جدول ۵ هم چنین بیانگر معنی دار بودن برهم کنش نیتروژن و شوری بر این دو پارامتر می باشد. به طوری که برهم کنش نیتروژن و شوری بر ارتفاع ساقه اثری کاهش داده است. هر چند بالاترین سطح نیتروژن (۱۸۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک) توانست در شوری ۸۰۰ میلی گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک، از آثار سوء شوری بکاهد و باعث افزایش ارتفاع گردد، اما در شوری های بالا نه تنها با افزایش نیتروژن ارتفاع ساقه افزایش پیدا نکرد، بلکه کمترین ارتفاع در بالاترین سطح نیتروژن و بالاترین سطح شوری به دست آمد. برهم کنش نیتروژن و شوری بر نسبت وزن خشک اندام هوایی به ریشه روندی کاهش یافته داشت، ولی میزان این کاهش در بالاترین سطح نیتروژن (۱۸۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک) کمتر بود. این احتمال وجود دارد که بالاترین سطح نیتروژن توانسته تا حدی از آثار سوء شوری بکاهد. این بهبود در رشد می تواند در نتیجه جذب بیشتر آنیون نترات باشد که جایگزین کلر شده و در نتیجه غلظت آنیون های آلی در گیاه (که نیتروژن در ساخت آنها سهم عمده ای دارد)، دوباره افزایش می یابد (۴). نتایج جدول ۶ تأثیر نیتروژن و ماده آلی را بر ارتفاع و نسبت اندام هوایی به ریشه نشان می دهد. افزایش ماده آلی مصرفی موجب افزایش

معنی دار ارتفاع ساقه و نسبت اندام هوایی به ریشه گردید که میزان این افزایش برای ارتفاع در سطح ۲ درصد ماده آلی ۱۰ درصد نسبت به شاهد بود و افزودن بیشتر ماده آلی باعث افزایش بیشتر ارتفاع نگردید. مصرف ۴ درصد ماده آلی باعث افزایش ۱۱ درصدی نسبت اندام هوایی به ریشه در مقایسه با شاهد، گردید.

ماخابلا (۲۳) ضمن مطالعه تأثیر مواد آلی (کودهای حیوانی) بر خصوصیات خاک نیز به این نتیجه دست یافت که ماده آلی با اثر مطلوب بر ساختمان و تغذیه خاک، موجبات افزایش رشد گیاه را فراهم می کند. نتایج موجود در جدول ۶ بیانگر معنی دار بودن برهم کنش نیتروژن و ماده آلی بر ارتفاع ساقه و نسبت وزن خشک اندام هوایی به ریشه است. همان طور که ملاحظه می شود در سطح نیتروژن صفر، افزایش ماده آلی باعث کاهش ارتفاع گردید، ولی در سطوح بالاتر نیتروژن، با افزودن ماده آلی میزان ارتفاع افزایش معنی داری پیدا کرد. هم چنین برهم کنش نیتروژن و ماده آلی بر نسبت اندام هوایی به ریشه، معنی دار است. بدین معنی که با افزایش نیتروژن در هر سطح ماده آلی، نسبت اندام هوایی به ریشه به علت اثرات مطلوب ماده آلی بر رشد و توسعه ریشه، کاهش یافت. البته افزایش نیتروژن در سطح صفر ماده آلی باعث افزایش نسبت اندام هوایی به ریشه گردید، ولی در حضور ماده آلی این روند کاهش یافته بود. این احتمال وجود دارد که در حضور ماده آلی، رشد ریشه بیشتر از اندام هوایی بوده است و باعث کاهش این نسبت گردیده است. به طور کلی در مورد اثر سه تیمار نیتروژن، شوری و ماده آلی بر پارامترهای رشد، می توان گفت در شوری های پایین مصرف بیشتر عناصر غذایی نظیر نیتروژن، می تواند به افزایش رشد و عملکرد گیاه کمک کند، ولی در شرایط شوری زیاد، مصرف بیش از حد نیتروژن، تحمل گیاه به شوری را کاهش می دهد. در واقع شوری با اثر نامطلوبی که بر کارایی ریشه می گذارد، مانع از جذب نیتروژن می گردد. محققان (۴ و ۳۵) نشان داده اند که با افزایش غلظت املاح و در نتیجه کاهش جذب کلسیم در غشاء به علت رقابت بوجود آمده با سدیم

جدول ۵. تأثیر نیتروژن و شوری بر ارتفاع، تعداد برگ سبز و نسبت اندام هوایی به ریشه

| میانگین | سطوح شوری (میلی گرم کلرید سدیم در کیلوگرم) | | | | سطوح نیتروژن |
|--------------------------|--|------|------|-------------|-----------------------|
| | ۲۴۰۰ | ۱۶۰۰ | ۸۰۰ | ۰ | (میلی گرم در کیلوگرم) |
| ارتفاع ساقه (سانتی متر) | | | | | |
| ۱۲/۶ | ۱۲/۹ | ۱۲/۴ | ۱۱/۳ | ۱۳/۶* | ۰ |
| ۱۲/۶ | ۱۲/۴ | ۱۲/۹ | ۱۳/۱ | ۱۱/۹ | ۶۰ |
| ۱۲/۱ | ۱۲/۸ | ۱۲/۹ | ۱۱/۶ | ۱۱/۱ | ۱۲۰ |
| ۱۲/۲ | ۱۱/۱ | ۱۳/۲ | ۱۴/۱ | ۱۰/۴ | ۱۸۰ |
| | ۱۲/۳ | ۱۲/۹ | ۱۲/۵ | ۱۱/۸ | میانگین |
| نسبت اندام هوایی به ریشه | | | | | |
| ۱/۱۷ | ۱/۲۵ | ۱/۲۰ | ۰/۸۵ | ۱/۴۰ | ۰ |
| ۱/۱۶ | ۰/۸۰ | ۱/۱۹ | ۱/۴۵ | ۱/۲۰ | ۶۰ |
| ۱/۰۸ | ۱/۱۶ | ۱/۱۴ | ۱/۰۵ | ۰/۹۸ | ۱۲۰ |
| ۱/۱۳ | ۱/۳۰ | ۰/۸۵ | ۱/۲۵ | ۱/۱۴ | ۱۸۰ |
| | ۱/۱۳ | ۱/۰۹ | ۱/۱۵ | ۱/۱۸ | میانگین |
| نسبت اندام هوایی به ریشه | | | | ارتفاع ساقه | LSD(0.05) |
| | | ۰/۰۸ | | ns | نیتروژن |
| | | ns | | ns | شوری |
| | | ۰/۱۶ | | ۱/۷ | نیتروژن × شوری |

*: هر عدد میانگین ۱۲ گلدان می باشد.

نیتروژن و ماده آلی می تواند کمک قابل توجهی به رشد گیاه بکند. زیرا از یک سو نیتروژن، یک ماده غذایی برای گیاه محسوب می شود و از دیگر سو ماده آلی با اثرات مفید خود بر شرایط فیزیکی و تغذیه ای خاک موجبات رشد بیشتر را فراهم می آورد. ولی شوری به ویژه سطوح بالای آن، مانع از جذب نیتروژن مورد نیاز گیاه گشته و به طور کلی ریشه را از فعالیت مفید باز می دارد، به طوری که بالاترین سطح ماده آلی هم نمی تواند به توسعه ریشه و در نتیجه رشد گیاه کمک نماید. ضمن این که مقدار زیاد ماده آلی می تواند موجب تشدید شوری خاک شده و حتی باعث کاهش بیشتر رشد ریشه شود.

و جایگزین شدن سدیم در غشا، این سلول ها، انتخاب پذیری خود را از دست داده و یون کلر به صورت غیر فعال جذب می شود که از یک سو باعث ایجاد سمیت شده و از سوی دیگر به علت رقابت به وجود آمده بین کلر و نیترات، مانع از جذب نیترات می گردد. هم چنین نتایج نشان می دهد که در این حالت هر چه سطح ماده آلی خاک بالاتر می رود، نیتروژن برای مبارزه با اثر سوء شوری موفق تر است. در توجیه این امر می توان گفت که ماده آلی با اثر مثبت بر شرایط تهویه ای و تغذیه ای خاک به کارایی و رشد بیشتر ریشه کمک کرده و از این طریق باعث افزایش عملکرد می شود. می توان گفت که در شرایط غیر شور و شوری های پایین برهم کنش بین

جدول ۶. تأثیر نیتروژن و ماده آلی بر ارتفاع، تعداد برگ سبز و نسبت اندام هوایی به ریشه

| میانگین | سطوح ماده آلی (درصد) | | | سطوح نیتروژن |
|--------------------------|--------------------------|------|-------------|-----------------------|
| | ۴ | ۲ | ۰ | (میلی گرم در کیلوگرم) |
| ارتفاع ساقه (سانتی متر) | | | | |
| ۱۲/۶ | ۱۱/۹ | ۱۲/۹ | ۱۲/۹* | ۰ |
| ۱۲/۶ | ۱۳/۸ | ۱۲/۶ | ۱۱/۳ | ۶۰ |
| ۱۲/۱ | ۱۲/۲ | ۱۲/۲ | ۱۱/۸ | ۱۲۰ |
| ۱۲/۲ | ۱۲/۲ | ۱۳/۷ | ۱۰/۷ | ۱۸۰ |
| | ۱۲/۵ | ۱۲/۸ | ۱۱/۷ | میانگین |
| نسبت اندام هوایی به ریشه | | | | |
| ۱/۱۸ | ۱/۳۳ | ۱/۱۰ | ۱/۱۱ | ۰ |
| ۱/۱۸ | ۱/۲۶ | ۱/۰۹ | ۱/۱۸ | ۶۰ |
| ۱/۱۰ | ۱/۱۶ | ۱/۲۳ | ۰/۹۱ | ۱۲۰ |
| ۱/۱۳ | ۱/۲۰ | ۰/۹۵ | ۱/۲۶ | ۱۸۰ |
| | ۱/۲۴ | ۱/۰۷ | ۱/۱۱ | میانگین |
| | نسبت اندام هوایی به ریشه | | ارتفاع ساقه | LSD(0.05) |
| | ۰/۰۷ | | ns | نیتروژن |
| | ۰/۰۶ | | ۰/۰۶ | ماده آلی |
| | ۰/۱۳ | | ۱/۲ | نیتروژن × ماده آلی |

* هر عدد میانگین ۱۲ گلدان می باشد.

۳- اثر تیمارهای شوری و ماده آلی بر مرفولوژی ریشه

چگالی ریشه به عنوان شاخصی از مرفولوژی ریشه مورد بررسی قرار گرفت. تأثیر شوری بر طول و چگالی ریشه در جدول ۷ نشان داده شده است. با افزایش شوری طول ریشه و به دنبال آن چگالی ریشه به طور معنی داری کاهش یافت، به طوری که در سطوح ۱۶۰۰ و ۲۴۰۰ میلی گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک) به ترتیب ۳۳ و ۷۷ درصد نسبت به شاهد کاهش نشان داد شوری با تأثیر سوء بر پتانسیل آب خاک، باعث کاهش رشد طول ریشه و در نتیجه چگالی آن گردید. خلیل و همکاران (۱۹) در پژوهش خود بر روی ذرت و کتان مشاهده کردند که با افزایش شوری، طول و وزن ریشه کاهش یافت. واوگان و همکاران (۳۴) در تحقیق خود به این نتیجه رسیدند که با

افزایش شوری، طول و در نتیجه چگالی ریشه یونجه کاهش یافت. استفان و همکاران (۳۲) نیز ملاحظه کردند که با افزایش شوری، طول ریشه گندم بهاره کاهش یافت. بر خلاف شوری، کاربرد ماده آلی، تأثیر مثبت بر چگالی ریشه داشت. همان طور که نتایج موجود در جدول ۸ نشان می دهد، با افزایش ماده آلی خاک، طول ریشه و در نتیجه چگالی آن به طور معنی داری افزایش یافت و میزان این افزایش در سطوح ۲ و ۴ درصد ماده آلی به ترتیب ۴۵ و ۹۰ درصد نسبت به شاهد بود که این افزایش قابل توجه است. ماده آلی اثر مطلوبی بر بهبود ساختمان خاک، کاهش وزن مخصوص ظاهری و افزایش تخلخل دارد و در نتیجه موجب سهولت رشد و نمو و افزایش طول و چگالی ریشه می گردد. شیرانی (۶) نشان داد که افزودن

جدول ۷. تأثیر شوری بر طول و چگالی ریشه

| چگالی ریشه (سانتی متر بر سانتی متر مکعب) | طول ریشه (سانتی متر) | سطوح شوری (میلی گرم کلرید سدیم در کیلوگرم) |
|---|-------------------------|---|
| ۱/۱۷۵ ^a | ۴۲۶۵/۴ ^{a*} | ۰ |
| ۱/۰۸۳ ^a | ۳۹۲۹/۸ ^a | ۸۰۰ |
| ۰/۷۹۱ ^b | ۲۸۷۰/۵ ^b | ۱۶۰۰ |
| ۰/۲۶۸ ^c | ۹۷۲/۹ ^c | ۲۴۰۰ |

*: اعداد دارای حروف مشترک در هر ستون، از نظر آماری با توجه به آزمون دانکن در سطح پنج درصد دارای اختلاف معنی داری نمی باشند.

جدول ۸. تأثیر ماده آلی بر طول و چگالی ریشه

| چگالی ریشه (سانتی متر بر سانتی متر مکعب) | طول ریشه (سانتی متر) | سطوح ماده آلی (درصد) |
|---|-------------------------|-------------------------|
| ۰/۵۷۱ ^c | ۲۰۷۰/۵ ^{c*} | ۰ |
| ۰/۸۳۰ ^b | ۳۰۱۰/۸ ^b | ۲ |
| ۱/۰۷۸ ^a | ۳۹۴۷/۲ ^a | ۴ |

*: اعداد دارای حروف مشترک در هر ستون، از نظر آماری با توجه به آزمون دانکن در سطح پنج درصد دارای اختلاف معنی داری نمی باشند.

خاک، تأثیر معنی داری بر وزن خشک برگ، ساقه و ریشه نداشت و در بالاترین سطح نیتروژن (۱۸۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک)، احتمالاً به علت ایجاد عدم تعادل یونی و اثر نامطلوب بر جذب سایر عناصر غذایی و احتمالاً تشدید شوری، رشد کاهش یافت. این گونه به نظر می آید که گیاه پسته در مرحله نهالی نیاز چندانی به نیتروژن به عنوان عنصر غذایی ندارد. کاربرد نیتروژن، نسبت وزن خشک اندام هوایی به ریشه را به طور معنی داری کاهش داد که نشان دهنده افزایش بیشتر رشد ریشه در اثر کاربرد نیتروژن می باشد. در بالاترین سطح شوری نه تنها کاربرد بالاترین سطح نیتروژن، سبب افزایش پارامترهای رشد نگردید، بلکه باعث کاهش معنی دار آنها نیز شد. می توان چنین نتیجه گرفت که کاربرد نیتروژن در شرایط شور نمی تواند گیاه را از صدمه شوری حفظ نماید. افزایش ماده آلی باعث افزایش معنی دار وزن خشک برگ و ریشه، ارتفاع ساقه، نسبت اندام

کود گاوی به عنوان ماده آلی، باعث افزایش خاکدانه در خاک، کاهش جرم مخصوص ظاهری و مقاومت فرسوسنجی خاک گردید. هم چنین بارباریک (۱۳) نتیجه گرفت که افزودن ماده آلی در خاک موجب رشد و توسعه ریشه می شود.

نتیجه گیری

با افزایش شوری، وزن خشک برگ، ساقه، ریشه، چگالی ریشه و تعداد برگ سبز به طور معنی داری کاهش یافت. علت کاهش رشد نهال های پسته در اثر شوری، می تواند به علت کاهش پتانسیل آب خاک همراه با تأثیر سوء بعضی یون های مضر مانند سدیم و کلر و در نتیجه به هم خوردن نسبت و عدم تعادل عناصر غذایی، تأثیر سوء املاح بر فتوسنتز، ساختن اسید نوکلئیک، پروتئین و فعالیت آنزیمی باشد که باعث کاهش رشد گیاه می گردد. کاربرد نیتروژن تا سطح ۱۲۰ میلی گرم در کیلوگرم

سطح ۱۲۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک، به همراه بالاترین سطح ماده آلی باعث بیشترین رشد گردید. در شوری‌های پایین بالاترین سطح ماده آلی، باعث بهبود رشد شد، اما در شوری‌های بالا، کاربرد ماده آلی به تشدید بیشتر شوری کمک کرده و از میزان رشد کاسته شد.

هوایی به ریشه و چگالی ریشه گردید. ماده آلی خاک با آثار مفیدی که بر شرایط فیزیکی خاک همچون بهبود خاکدانه‌سازی، افزایش تهویه و نفوذ آب به خاک و کاهش تراکم‌پذیری خاک و آثار مفید تغذیه‌ای از جمله افزایش CEC، تأمین غذای ریزجانداران خاک و تشکیل کلات عناصر دارد، موجبات رشد بیشتر برای گیاه را فراهم می‌نماید. کاربرد نیتروژن به‌ویژه تا

منابع مورد استفاده

۱. ابراهیمی. س.، ح. س. بهرامی و م. ج. ملکوتی. ۱۳۸۴. نقش ماده آلی خاک در کاهش تراکم پذیری خاکهای زراعی. موسسه تحقیقات خاک و آب. نشریه فنی ۴۴۹.
۲. ابطحی. ع. ۱۳۸۰. واکنش نهال‌های دو وارته پسته در رابطه با مقادیر و انواع مختلف شوری خاک در شرایط گلخانه. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۵(۱): ۹۳-۱۰۱.
۳. تاج آبادی پور. ا. ۱۳۸۳. تاثیر کاربرد خاکی پتاسیم بر مقاومت نسبی سه رقم پسته به تنش شوری و آبی. پایان‌نامه دکتری خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.
۴. خوش گفتارمنش، ا. ح. و ح. سیادت. ۱۳۸۱. تغذیه معدنی سبزیجات و محصولات باغی در شرایط شور. وزارت جهاد کشاورزی، معاونت امور باغبانی. ۶۵ صفحه.
۵. رشدی. م. و س. رضادوست. ۱۳۷۸. بررسی شاخص‌های رشد ریشه و اندام‌های هوایی آفتابگردان در سطوح مختلف آبیاری و کود ازته. ششمین کنگره علوم خاک ایران، مشهد.
۶. شیرانی. ح. ۱۳۸۲. اثر خاکورزی و کود آلی بر خصوصیات فیزیکی، حرکت املاح و مرفولوژی ریشه ذرت در خاک لورک. پایان‌نامه دکتری خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
۷. علی پور. ح. و س. ج. حسینی فرد. ۱۳۸۲. تشخیص و رفع کمبود عناصر غذایی در پسته. وزارت جهاد کشاورزی، سازمان تحقیقات کشاورزی، تهران.
۸. مظفری. و. ۱۳۸۴. بررسی نقش پتاسیم، کلسیم و روی در کنترل عارضه سرخسکیدگی پسته. پایان‌نامه دکتری خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.
۹. ملکوتی. م. ج. و م. همایی. ۱۳۸۳. حاصلخیزی خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک "مشکلات و راه حل‌ها". انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

۱۰. همایی. م. ۱۳۸۱. واکنش گیاهان به شوری. چاپ اول، انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. شماره ۵۸، تهران.

11. Ashiono, G. B., W. Wasike, J. P. Ouma, S. W. Gatwiku and P. N. Gachuki. 2005. Residual effects of farmyard manure on stover and grain yield of cold tolerant dual purpose sorghum in the dry high land of Kenya. *J. Agron.* 4: 300-303.
12. Azam, F. 2002. Studies on organic matter dynamics and nitrogen availability using ¹⁴C and ¹⁵N. *Pakistan Agron. J.* 1: 20-24.
13. Barbarick, K. A. 1996. Using organic materials as nitrogen fertilizer. Service In Action. No. 546. Colorado State Univ. Cooperative Extension Service.
14. Brown, P., Q. Zhang and L. Ferguson. 1991. Nutrient uptake efficiencies of various pistachio rootstocks. PP. 158-162. *In: Calif. Pistachio Ind. Ann. Rpt.*

15. Costa, C., L. M. Dwyer, X. Zhou, P. Dutilleul, C. Hamel, L. M. Reid and D. L. Smith. 2002. Root morphology of contrasting maize genotypes. *Agron. J.* 94: 96-101.
16. Ferguson, L. and J. A. Poss, S. R. Grattan, G. M. Grieve, D. Wang, C. Wilson, T. J. Donvan and C. T. Chao. 2002. Pistachio rootstocks influence scion growth and ion relations under salinity and boron stress. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 127: 194-199.
17. Kafkafi, U. 1984. Plant nutrient under saline condition. PP. 319-338. *In: Shainberg, I. and J. Shalhevet. (Eds.), Soil Salinity Under Irrigation: Processes and Management. Springer, Berlin.*
18. Karimi, M., S. A. M. Cheraghi and F. Deghani. 2005. Effect of ammonium nitrate and triple super phosphate on yield component of pistachio trees. 5th International symposium on pistachio and almond. ISHS. Tehran, Iran.
19. Khalil, M. A., F. Amer and M. M. Elgabaly. 1967. A salinity fertility interaction study on corn and cotton. *Soil. Sci. Soc. Am. Porc.* 31: 683-686.
20. Kristensen, H. L. and K. Thorup- Kristensen. 2004. Root growth and nitrate uptake of three different catch crops in deep soil layers. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 68: 529-537.
21. Massey, J. H. 1971. Effect of nitrogen rate and plant spacing on sunflower seed yield and other characteristics. *Agron. J.* 63: 137-138.
22. Mirnia, S. G., S. M. A. Modaressi and T. Piri. 2001. Effect of different level of nitrogen on growth and development of corn root. *J. Soil Water Sci.* 15: 1.
23. Mkhabela, T. S. 2006. A review of the use of manure in small-scale crop production system in South Africa. *J. Plant Nutr.* 29: 1159-1185.
24. Mugwira, L. M. and L. M. Mukurumbira. 1986. Nutrient supplying power of different groups of manure from communal areas and commercial feedlots. *Zimbabwe Agric. J.* 83: 25-29.
25. Parsa, A. A. and N. Karimian. 1975. Effect of sodium chloride on seedling growth of two major varieties of Iranian pistachio. *J. Hort. Sci.* 50: 41-46.
26. Picchioni, G. A., S. Miyamoto and J. B. Storey. 1990. Salt effects on growth and ion uptake of pistachio rootstock seedlings. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 115: 647-653.
27. Ranjbar, A., R. Lemeur and P. Van Damme. 2001. Ecophysiological characteristics of two pistachio species (*pistacia khinjuk* and *pistacia mutica*) in response to salinity. Department of plant production, Laboratory of tropical and subtropical agronomy and ethnobotany, University of Ghent, Coupure Link 653, B-9000. Ghent, Belgium.
28. Roy, S. K., S. M. L. Rahaman and A. B. M. Salahudding. 1995. Effect of nitrogen and potassium on growth and seed yield of sesame (*Sesamum Indicum* L.). *Indian J. Agric. Sci.* 65: 509-511.
29. Sepaskhah, A. R. and M. Maftoun. 1981. Growth and chemical composition of pistachio cultivars as influenced by irrigation regimes and salinity levels of irrigation water. I. Growth. *J. Hort. Sci.* 56: 277-284.
30. Sepaskhah, A. R. and M. Maftoun. 1994. Seedling growth and chemical composition of two pistachio cultivars as affected by boron and nitrogen application. *J. Plant Nutr.* 17: 155-171.
31. Shabala, S., L. Shabala and E. Van Volkenburgh. 2003. Effect of calcium on root ion flux in barley seedlings. *Plant Biol.* 30: 507-514.
32. Steppuhn, H., M. T. Van Genuchten and C. M. Grieve. 2005. Root-zoon salinity. I. Selecting a product- yield Index and response function for crop tolerance. *Crop Sci.* 45: 209-220.
33. Unlu, M., R. Kanber, P. Steduto, Y. Aydin and K. Diker. 2005. Effect of different water and nitrogen levels on the yield and periodicity of pistachio (*pistacia vera* L.). *Turk. J. Agric.* 29: 39-49.
34. Vavghan, L. V., J. W. MacAdam, S. E. Smith and L. M. Dudley. 2002. Root growth and yield of differing alfalfa rooting populations under increasing salinity and zero leaching. *Crop Sci.* 42: 2064-2071.
35. Wagenet, R. J., R. R. Rodriguez, W. F. Campbell and D. L. Turner. 1983. Fertilizer and salinity effects on *Phaseolus vulgaris*. *Agron. J.* 75: 161-166.