نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸، ص. ۱۶۷-۱۵۵
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 33, No.1, Spring 2019, P. 155-167
ISSN: 2008 - 4730

تأثیر اختلاط مقادیر مختلف کمپوست پسماند شهری با خاک بر خصوصیات ریشه چمن تال فسکیو (*Festuca arundinaceae* Schreb.) در شرایط تنش رطوبتی

محمد سادات فریزنی[۱]- حمیدرضا خزاعی[۲*]- غلامعلی گزانچیان[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۵/۰۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۱۳

چکیده

تحقیق حاضر در قالب دو آزمایش با هدف بررسی تاثیر نسبت‌های اختلاط کمپوست زباله شهری با خاک بر برخی خصوصیات ریشه چمن گونه بومی تال فسکیو در پاسخ به تنش خشکی در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۹۵ انجام گردید. آزمایش اول با هدف بررسی درصد و سرعت سبز شدن چمن در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام شد که در آن تیمارهای آزمایش شامل ده مقدار مختلف اختلاط کمپوست با خاک (۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰، ۸۰، ۹۰، ۱۰۰ تن در هکتار) و تیمار شاهد (خاک زراعی بدون اختلاط با کمپوست) بود. بر اساس یافته‌های آزمایش اول، سه مقدار برتر کمپوست، انتخاب و به آزمایش دوم آورده شدند. در آزمایش دوم، سه مقدار ۷۰، ۸۰ و ۹۰ تن کمپوست در هکتار به همراه شاهد (عدم مصرف کمپوست) به عنوان فاکتور اول و سه سطح تنش رطوبتی ۲۵، ۵۰ ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی به ترتیب به عنوان تنش‌های شدید و ملایم و عدم تنش، به عنوان فاکتور دوم در نظر گرفته شدند که بصورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار مورد مقایسه قرار گرفتند. نتایج آزمایش اول نشان داد که مقادیر ۷۰، ۸۰ و ۹۰ تن در هکتار بواسطه داشتن حاصلخیزی بیشتر و ظرفیت نگهداری آب بالاتر، سبب افزایش معنی‌دار درصد و سرعت سبز شدن چمن شدند. در آزمایش دوم، اثر متقابل مقادیر مختلف کمپوست و تنش خشکی بر روی کلیه صفات مورد بررسی ریشه چمن معنی‌دار شد. بطوری که با افزایش شدت تنش خشکی در مقادیر مختلف کمپوست، خصوصیات مجموع طول، حجم و سطح ریشه افزایش و صفات وزن خشک و متوسط ضخامت ریشه کاهش پیدا کردند. در نهایت به نظر می‌رسد که کاربرد ۹۰ تن کمپوست در هکتار بطور معنی‌داری در بهبود خصوصیات ریشه چمن تال فسکیو در شرایط تنش خشکی موثر باشد.

واژه‌های کلیدی: جوانه‌زنی، ریشه و گراس چمنی

مقدمه

افزایش رشد جمعیت و گسترش زندگی شهرنشینی، توسعه فضای سبز پایدار به منظور بالا بردن سطح کیفی زندگی شهری را به یک امر ضروری تبدیل کرده است. بطوری که امروزه سرانه فضای سبز شهری به عنوان یکی از شاخص‌های توسعه یافتگی شهرها محسوب می‌گردد. چمن به عنوان یکی از اجزاء بسیار مهم فضای سبز شهری است که علاوه بر جنبه زیبایی، به عنوان یک گیاه پوششی باعث کاهش آلودگی‌های زیست محیطی می‌گردد (۲۲). چمن‌های کاشته شده در کشور عمدتاً از انواع بذور وارداتی بوده که با شرایط خشک و نیمه خشک کشور ما چندان سازگار نیستند و از این نظر، گاهاً محدودیت‌هایی را به لحاظ تامین نیاز آبی ایجاد می‌نمایند (۲۳). از این رو، با توجه به منابع آبی محدود در شهر مشهد از یک سو و وجود مساحت بیش از ۴۰۰ هکتار چمن در این شهر از سوی دیگر (۱۳)، تلاش برای رفع این محدودیت را امری ضروری جلوه می‌دهد. از آنجایی که از فواید این پوشش سبز (همچون زیباسازی فضای شهری، تولید اکسیژن و تهویه هوای آلوده شهر) نمی‌توان صرف نظر نمود، لذا می‌بایست راهکارهایی را بر اساس تغییر در عوامل محیطی پیدا کرد که به کمک آنها بتوان حفظ این گیاه در شرایط تنش رطوبتی را بهبود بخشید.

یکی از این راهکارها، استفاده از گونه‌ها و ارقام مقاوم به خشکی می‌باشد (۲۳). این در حالی است که بسیاری از گراس‌های بومی موجود در نقاط مختلف کشور از مقاومت بالایی در برابر تنش خشکی برخوردارند (۱۱) و به نظر می‌رسد که گراس‌های بومی ایران می‌توانند

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی و استاد، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*-نویسنده مسئول: Khazaie41@yahoo.com)
۳- دانشیار بخش تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران

DOI: 10.22067/jhorts4.v33i1.74279

منابع ژنتیکی مناسبی را جهت اصلاح گراس‌ها تحت شرایط تنش خشکی فراهم آورند (۲۴). یکی از این گونه‌ها، گونه تال فسکیو است که از انواع چمن‌های فصل سرد، چند ساله و علفی بوده و در شرایط رشد مطلوب، مقاومت خوبی به پاخوری دارد (۸). در این گونه اتلاف آب از طریق برگ‌ها کمتر بوده و در آن، توسعه ریشه‌ها برای جذب آب بیشتر و حفظ تعادل اسمزی باعث افزایش مقاومت به خشکی شده است (۶). سلاح ورزی و همکاران (۲۳) بیان نمودند که توده بومی تال فسکیو نسبت به ارقام مشابه وارداتی، با داشتن محتوی پرولین بیشتر و کمترین مقدار نشت یونی و همچنین کمترین تخریب غشای سلولی، مقاومت بیشتری به تنش خشکی از خود نشان داد.

یکی دیگر از راهکارهای حفظ چمن در شرایط تنش رطوبتی، تغییر در ساختمان خاک با هدف افزایش رطوبت ذخیره شده در آن می‌باشد. در همین راستا استفاده از ترکیبات آلی بهساز خاک[1] از جمله کمپوست پسماند شهری و کود دامی می‌تواند مثمر ثمر باشد. کمپوست پسماند شهری یکی از ترکیبات بهساز آلی جامد بوده که در سال‌های اخیر تحقیقات زیادی در رابطه با آن صورت گرفته است. کمپوست از بازیافت بقایای گیاهی و جانوری، زباله‌های شهری و لجن فاضلاب به دست می‌آید (۱۶). از آنجائی که ۷۰ درصد زباله‌های شهری زبالهٔ تر هستند، با تبدیل آنها به کمپوست می‌توان از تولید هزاران متر مکعب شیرابه و میلیون‌ها تن گاز متان خودداری نمود و بدین طریق از آلوده شدن بخش عظیمی از محیط زیست جلوگیری کرد (۳). علاوه بر این، استفاده از کمپوست، ساختمان خاک را ارتقاء داده، محتوی مواد معدنی خاک را تقویت کرده و سبب می‌شود تا خاک مدت زمان بیشتری آب را در خود نگه دارد. چرا که کمپوست می‌تواند ۲ تا ۶ برابر حجم خود آب نگهداری نموده و از هدر رفتن آن جلوگیری کند (۳ و ۱۶). همچنین کمپوست قدرت باروری خاک را افزایش داده و کمک می‌کند تا ریشه‌های سالم در گیاه با سرعت بیشتری رشد کنند. کمپوست در خاک‌های سنگین، تخلخل خاک را بهبود بخشیده و باعث تهویه بهتر خاک می‌گردد. در خاک‌های سبک نیز مانند اسفنج عمل کرده و با نگهداری آب و مواد غذایی تا حد زیادی از شستشوی آنها جلوگیری می‌کند (۳ و ۲۵). حالت چسبندگی خاک را کاهش داده و از مقاومت خاک در مقابل ماشین آلات کشاورزی می‌کاهد (۲۵). کمپوست فعالیت ریز جانداران خاک را تقویت کرده و به حاصلخیزی آن کمک می‌کند و بواسطهٔ تشکیل خاکدانه‌های با ثبات، از فرسایش خاک جلوگیری می‌نماید (۳). کاسادوولا و همکاران (۴) تاثیر کاربرد سطوح مختلف کمپوست بر روی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک آهکی در کالیفرنیا را بررسی کرده و به این نتیجه رسیدند که مقدار ماده آلی، نیتروژن کل، فسفر قابل استفاده، هدایت هیدرولیکی و عناصر سنگین، همگی با زیاد شدن مقدار کمپوست مصرف شده افزایش یافت. لی و همکاران (۱۷) نیز نشان دادند که خواص فیزیکی خاک با افزودن مواد آلی (از جمله کمپوست)، متناسب با مقدار ماده آلی افزوده شده بهبود پیدا کرد.

این تحقیق با هدف بررسی تاثیر نسبت‌های اختلاط ماده کمپوست زباله شهری با خاک بر جنبه‌های مختلف رشدی ریشه‌های چمن گونه بومی تال فسکیو در پاسخ به تنش خشکی انجام گردید.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه، ابتدا برای پیدا کردن بهترین میزان اختلاط کمپوست با خاک در مرحله سبز شدن و تأثیر مقادیر مختلف کمپوست در خاک بر درصد و سرعت سبز شدن گونه مذکور، آزمایشی در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی انجام شد و سپس بر اساس نتایج حاصله از آزمایش آول، مقادیر مناسب کمپوست، انتخاب و برای بررسی اثر آنها در شرایط تنش خشکی، به آزمایش دوم آورده شدند.

آزمایش اول

این آزمایش در سال ۱۳۹۵ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد و به منظور تعیین بهترین میزان اختلاط کمپوست زباله شهری با خاک و تأثیر آن بر سرعت و درصد سبز شدن چمن بومی تال فسکیو انجام شد (خصوصیات کمپوست در جدول ۱ آورده شده است). بذور چمن مورد بررسی نیز از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی تهیه شدند. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار و در گلدان‌های یک کیلویی با قطر دهانه ۱۴۰ و ارتفاع ۱۲۰ میلی‌متر صورت پذیرفت. تیمارهای آزمایش شامل ده مقدار مختلف اختلاط کمپوست با خاک (۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰، ۸۰، ۹۰، ۱۰۰ تن در هکتار) و تیمار شاهد (خاک زراعی بدون اختلاط با کمپوست) بود. مقادیر مختلف اختلاط کمپوست با خاک پس از تبدیل واحد گرم کمپوست بر سانتی‌متر مکعب خاک در گلدان‌های تهیه شده اعمال گردید. بدین صورت که برای تیمارهای ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰، ۸۰، ۹۰، ۱۰۰ تن در هکتار به ترتیب ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰، ۸۰، ۹۰ و۱۰۰ گرم کمپوست به خاک گلدان اضافه گردید. قبل از انجام آزمایش، برخی از خواص فیزیکی و شیمیایی خاک مانند درصد کربن آلی، نسبت C/N و EC به‌طور جداگانه در آزمایشگاه خاک‌شناسی اندازه‌گیری شدند (جدول ۲). بافت خاک نیز از نوع لوم رسی شنی بود.

۱- ترکیبات‌آلی بهساز خاک به ترکیباتی گفته می‌شود که خصوصیات یک ترکیب آلی را داشته و جهت بهبود شرایط فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک به آن افزوده می‌شوند.

جدول ۱-مشخصات کمپوست استفاده شده در آزمایش

Table 1- Traits of compost that used experiment

وزن مخصوص ظاهری $\int$ (g/cm^3)	EC (dS/m)	pH	C/N
0.49	4.80	7.23	16.5

جدول ۲-مشخصات خاک محل آزمایش

Table 2- Traits of soil of experiment location

تیمارهای آزمایش Treatment	وزن مخصوص ظاهری $\int$ (g/cm^3)	EC (dS/m)	pH	N (%)	P (%)	K (ppm)	Na^+ (ppm)	Ca^{2+} (ppm)	C/N	رطوبت خاک Soil wetness (%)	ماده آلی Organic matter (%)
شاهد (خاک بدون اختلاط با کمپوست) Control (without compost)	1.95	0.98	8.50	0.059	1.80	59.00	2.10	9.0	3.2	22.5	3.4
اختلاط خاک با ۱۰ تن کمپوست در هکتار Soil with 10 ton ha^{-1} compost	1.96	2.30	8.30	0.075	1.80	58.60	2.40	3.4	8.6	31.4	13.8
اختلاط خاک با ۲۰ تن کمپوست در هکتار Soil with 20 ton ha^{-1} compost	1.33	2.50	8.30	0.083	1.90	59.00	2.46	3.4	8.6	33.1	13.9
اختلاط خاک با ۳۰ تن کمپوست در هکتار Soil with 30 ton ha^{-1} compost	1.28	2.85	8.20	0.086	1.90	59.30	2.48	3.6	8.9	34.2	14.1
اختلاط خاک با ۴۰ تن کمپوست در هکتار Soil with 40 ton ha^{-1} compost	1.10	3.40	8.20	0.100	2.05	59.50	3.80	3.6	9.2	34.8	15.7
اختلاط خاک با ۵۰ تن کمپوست در هکتار Soil with 50 ton ha^{-1} compost	1.10	3.80	8.20	0.100	2.10	59.50	3.80	4.4	9.5	35.6	15.8
اختلاط خاک با ۶۰ تن کمپوست در هکتار Soil with 60 ton ha^{-1} compost	1.07	4.40	8.15	0.200	2.04	59.70	4.60	4.4	9.8	36.3	16.1
اختلاط خاک با ۷۰ تن کمپوست در هکتار Soil with 70 ton ha^{-1} compost	1.06	4.40	8.00	0.400	2.28	60.01	4.60	4.45	10.4	40.4	16.8
اختلاط خاک با ۸۰ تن کمپوست در هکتار Soil with 80 ton ha^{-1} compost	1.07	4.40	7.80	0.460	2.30	60.06	4.60	4.4	11.3	41.3	17.2
اختلاط خاک با ۹۰ تن کمپوست در هکتار Soil with 90 ton ha^{-1} compost	1.07	4.50	8.00	0.460	2.28	60.06	4.60	4.4	11.6	41.5	17.4
اختلاط خاک با ۱۰۰ تن کمپوست در هکتار Soil with 100 ton ha^{-1} compost	1.08	4.90	8.20	0.440	2.30	59.04	4.71	4.2	11.8	40.3	17.6

پس از تهیه نسبت‌های مختلف خاک و کود در داخل هر گلدان، در اوّل خردادماه سال ۹۵ تعداد ۵۰ عدد بذر کاشته شد که به جهت ممانعت از تشکیل سله و سبز شدن بهتر، سطح فوقانی آن با یک‌لایه یک سانتی‌متری ماسه پوشانیده شد. سپس بوته‌ها تنک شده و تعداد آنها در هر گلدان به ۲۵ عدد کاهش یافت. در ادامه، تا استقرار کامل گیاه، گلدان‌ها به مدت سه هفته (بیست و یک روز) بصورت روزانه آبیاری شدند.

در این مدت تعداد گیاهچه‌های سبز شده، بصورت روزانه ثبت شده و در پایان سرعت و درصد ظهور گیاهچه‌ها از طریق معادله‌های یک و دو تعیین گردید (۱).

معادله ۱:

$$\text{میانگین سرعت ظهور گیاهچه} = \sum {}^{n_i}/_{D_i}$$

که در آن n_i تعداد گیاهچه سبز شده در روز i ام و D_i تعداد روز پس از شروع آزمایش می‌باشد.

معادله ۲:

$$\text{درصد ظهور گیاهچه} = \sum {}^{n_i}/_{n} * 100$$

که در آن n_i تعداد گیاهچه سبز شده در روز i ام و n تعداد کل بذور کشت شده است.

علاوه بر این، کیفیت بصری چمن مورد بررسی قرار گرفت. بدین ترتیب که از چهار ارزیاب از دو جنسیت زن و مرد در طول مدت آزمایش برای ارزیابی بصری چمن استفاده شد. شاخص بصری از عدد یک تا نه بود که عدد یک برای ضعیف‌ترین یا کمترین و نه برای بهترین یا بیشترین در نظر گرفته شد و اعداد شش به بالا نیز نتایج قابل‌قبول بودند (۲۳).

آزمایش دوم

این آزمایش در مردادماه سال ۱۳۹۵ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. آزمایش بصورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار صورت پذیرفت و برای انجام آن، سه سطح از مطلوب‌ترین تیمارهای اختلاط کمپوست شهری با خاک در آزمایش اول (۷۰، ۸۰ و ۹۰ تن کمپوست در هکتار) و یک سطح تیمار شاهد که فاقد کمپوست و فقط شامل خاک مزرعه بود به عنوان چهار سطح فاکتور اول در نظر گرفته شدند. فاکتور دوم شامل تیمارهای تنش رطوبتی بود که در سه سطح ۲۵، ۵۰ ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی تیمار شاهد (به ترتیب به عنوان تنش‌های شدید و ملایم و عدم تنش) اعمال گردید. ظرفیت زراعی در این مرحله به روش وزنی محاسبه شد. بدین ترتیب که جهت تعیین درصد رطوبت در وضعیت ظرفیت زراعی خاک (F.C) سه گلدان از خاک مورد آزمایش تهیه و برای تعیین وزن خشک خاک، به مدت ۷۲ ساعت داخل آون در دمای ۹۰ درجه قرار گرفته و سپس گلدان‌ها با آب اشباع شدند. در ادامه به منظور جلوگیری از تبخیر سطحی، سطح گلدان‌ها پوشیده و وزن گلدان‌ها بصورت روزانه اندازه‌گیری شد تا زمانی که وزن گلدان‌ها به مدت پنج روز ثابت ماند. از تفاوت وزن فعلی گلدان‌ها و وزن آن‌ها پس از خشک شدن در آون درصد رطوبت در ظرفیت زراعی مزرعه محاسبه گردید (۱۸).

در این آزمایش از لوله‌های پلی‌اتیلن با قطر ۱۱۰ میلی‌متر و ارتفاع ۶۰ سانتی‌متر (که با درپوش‌هایی در انتهای لوله مسدود شده بودند) استفاده شد. بر این اساس وزن هر لوله حدود ۱۴۰۰ گرم و وزن خاک جهت پر کردن هر لوله حدود ۷۰۰۰ گرم بود. پس از تهیه نسبت‌های مختلف کودی داخل لوله‌ها، ۵۰ عدد بذر در هر لوله کاشته شد. سپس بوته‌ها تنک شده و تعداد آنها در هر گلدان به ۲۵ عدد کاهش یافت. از زمان کاشت تا استقرار کامل گیاه، آبیاری چمن به صورت روزانه و به مدت ۳۰ روز ادامه یافت و پس از پایان دوره استقرار ۳۰ روزه گیاه، تیمارهای تنش رطوبتی به مدت دو ماه اعمال شدند. بدین ترتیب که لوله‌ها بطور روزانه توزین شدند و وزن کسر شده، مطابق با تیمارهای مورد نظر، از طریق اضافه کردن آب به لوله‌ها جبران گردید. در طی این مدت کلیه عملیات نگهداری چمن مانند چمن‌زنی و آبیاری به صورت متداول در سطوح چمن‌کاری فضاهای سبز شهری صورت پذیرفت.

پس از سپری شدن مدت مذکور، لوله‌ها روی یک سطح شیب‌دار قرارگرفته و به‌آرامی خاک درون آن‌ها شسته شد و ریشه‌ها بصورت کامل با حداقل آسیب‌دیدگی از خاک خارج و به آزمایشگاه منتقل شدند. سپس خصوصیات مجموع طول ریشه، متوسط ضخامت ریشه و سطح ریشه با دستگاه اسکن ریشه مدل DELTA-T اندازه‌گیری شد (۲). وزن خشک ریشه نیز پس از قرار گرفتن ریشه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتیگراد در آون و توزین آنها اندازه‌گیری شد. همچنین حجم ریشه به وسیله اندازه‌گیری اختلاف حجم، از طریق قرار دادن ریشه در حجم مشخصی از آب (قانون ارشمیدس) محاسبه گردید (۱۰).

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Mini tab انجام گرفت. میانگین‌ها نیز از طریق آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) و در سطح احتمال پنج درصد با یکدیگر مقایسه شدند.

نتایج و بحث

آزمایش اول

درصد سبز شدن

در آزمایش اول، اثر مقادیر مختلف کمپوست بر روی درصد سبز شدن چمن معنی‌دار شد (جدول ۳). بدین ترتیب که بیشترین درصد

سبز شدن در تیمار شاهد ملاحظه گردید و تنها در این تیمار بود که درصد سبز شدن بالای ۹۵ درصد وجود داشت. با این وجود تیمارهای اختلاط کمپوست با خاک در مقادیر ۷۰، ۸۰ و ۹۰ تن در هکتار با تیمار شاهد در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۴). بطور کلی با افزایش مقادیر کمپوست در خاک، درصد سبز شدن بطور معنی‌داری کاهش یافت و این روند تا تیمار اختلاط خاک با ۷۰ تن کمپوست در هکتار ادامه پیدا کرد. اما از تیمار ۷۰ تن کمپوست در هکتار به بعد، درصد سبز شدن بطور معنی‌داری افزایش یافت و در تیمار اختلاط خاک با ۱۰۰ تن کمپوست در هکتار از یک کاهش نسبی برخوردار بود (جدول ۴). این نتایج نشان می‌دهند که تیمارهای اختلاط کمپوست با خاک در مقادیر ۷۰، ۸۰ و ۹۰ تن در هکتار به همراه تیمار شاهد، تاثیر بهتری بر روی درصد سبز شدن چمن داشته‌اند. به نظر می‌رسد که دلیل بالاتر بودن درصد سبز شدن چمن در تیمار شاهد ناشی از پایین بودن هدایت الکتریکی خاک در این تیمار بوده است. بطوری که در این تیمار، هدایت الکتریکی خاک حتی به یک dS/m هم نرسید. در حالی که در سایر تیمارها هدایت الکتریکی خاک بیش از dS/m ۲/۳ بود (جدول ۲). چرا که با افزایش هدایت الکتریکی خاک و به دنبال آن، منفی‌تر شدن پتانسیل اسمزی محلول خاک، جذب آب برای گیاه دشوارتر شده و گیاه شرایط کم آبی و حتی بی آبی را درک می‌کند (۱۵) و این موضوع برای گیاه چمن که از نظر جذب آب، گیاه پر توقعی محسوب می‌شود (۲۳)، می‌تواند سبب کاهش درصد جوانه-زنی گردد. همچنین به نظر می‌رسد که تیمارهای اختلاط کمپوست با خاک در مقادیر ۷۰، ۸۰ و ۹۰ تن در هکتار بواسطه داشتن حاصلخیزی بیشتر و ظرفیت نگهداری آب بالاتر، سبب افزایش معنی‌دار درصد سبز شدن چمن شده‌اند و در این تیمارها، اثر مثبت بالا رفتن ظرفیت نگهداری آب بر اثر منفی افزایش هدایت الکتریکی خاک، چیرگی پیدا کرده و همین امر باعث بهبود درصد سبز شده چمن در این تیمارها شده است. علاوه بر این، در مقادیر ۷۰، ۸۰ و ۹۰ تن کمپوست در هکتار، وزن مخصوص ظاهری خاک بطور چشمگیری کاهش و نسبت C/N افزایش پیدا کرد (جدول ۲). با توجه به اینکه رابطه وزن مخصوص ظاهری با میزان تخلخل خاک معکوس بوده و با کاهش وزن مخصوص ظاهری، میزان خلل و فرج خاک افزایش می‌یابد (۱۶) لذا به نظر می‌رسد که با افزایش مقدار کمپوست به ۷۰، ۸۰ و ۹۰ تن در هکتار، میزان خلل و فرج خاک نیز افزایش یافته و این امر سبب افزایش تهویه و فراهمی بیشتر اکسیژن برای بذر شده و نهایتاً افزایش درصد جوانه‌زنی را به دنبال داشته است. مضافاً اینکه افزایش نسبت C/N و به دنبال آن، افزایش ماده آلی خاک در تیمارهای ۷۰، ۸۰ و ۹۰ تن کمپوست در هکتار، در افزایش ظرفیت نگهداری آب خاک موثر بوده است. در همین راستا، فولی و کوپربانـد (۹) گزارش کردند که اضافه کردن ضایعات خمیر کاغذ و کمپوست حاصل از آن باعث افزایش کربن آلی خاک شده و پس از اضافه کردن متوالی این مواد به مدت دوسال، مقدار آب قابل دسترس در خاک بین ۵ تا ۴۵ درصد افزایش یافت.

سرعت سبز شدن

اثر مقادیر مختلف کمپوست بر روی سرعت سبز شدن چمن معنی‌دار شد (جدول ۳). بدین صورت که بیشترین سرعت سبز شدن در تیمار شاهد ملاحظه گردید و تنها در این تیمار بود که سرعت سبز شدن به بیش از ۸ عدد بذر در روز رسید. لکن، تیمارهای اختلاط کمپوست با خاک در مقادیر ۷۰، ۸۰ و ۹۰ تن در هکتار پس از تیمار شاهد در گروه آماری بعدی قرار گرفتند (جدول ۴). بطور کلی با افزایش مقادیر کمپوست در خاک، سرعت سبز شدن بطور معنی‌داری کاهش پیدا کرد و این روند تا تیمار اختلاط خاک با ۷۰ تن کمپوست در هکتار ادامه داشت. اما از تیمار ۷۰ تن کمپوست در هکتار به بعد، سرعت سبز شدن افزایش معنی‌داری از خود نشان داد. با این وجود، در تیمار اختلاط خاک با ۱۰۰ تن کمپوست در هکتار سرعت سبز شدن از یک کاهش نسبی برخوردار بود (جدول ۴). مشابه نتایج بدست آمده از درصد سبز شدن، چنین به نظر می‌رسد که تیمارهای اختلاط کمپوست با خاک در مقادیر ۷۰، ۸۰ و ۹۰ تن در هکتار به همراه تیمار شاهد، تاثیر بهتری بر روی سرعت سبز شدن چمن دارند. این موضوع احتمالاً ناشی از تامین رطوبت و عناصر غذایی بیشتر (خصوصاً عناصر ماکرو) در تیمارهای اختلاط کمپوست با خاک در مقادیر ۷۰، ۸۰ و ۹۰ تن در هکتار باشد (جدول ۲). کاسادوولا و همکاران (۴) در گزارشات خود اظهار داشتند که با زیاد شدن مقدار کمپوست مصرف شده در خاک، خصوصیات مقدار ماده آلی، نیتروژن کل، فسفر قابل استفاده و هدایت هیدرولیکی در خاک افزایش یافت. در تحقیقی دیگر، نظمی و همکاران (۱۹) به بررسی تاثیر نوع و مقدار کمپوست ضایعات آلی بر خصوصیات فیزیکی دو نوع خاک پرداخته و سه نوع کود آلی (کود دامی، کمپوست زباله شهری و لجن فاضلاب) را با مقادیر مختلف (صفر، ۷۵ و ۱۵۰ و ۳۰۰ متر مکعب در هکتار) در دو نوع خاک (لوم سیتی و رسی) مورد مطالعه قرار دادند. آنها گزارش کردند که بیشترین کاهش جرم مخصوص ظاهری و به دنبال آن، افزایش خلل و فرج و تخلخل خاک در بالاترین سطح اختلاط لجن فاضلاب با خاک صورت گرفت.

کیفیت بصری

اثر مقادیر مختلف کمپوست بر روی کیفیت بصری چمن معنی‌دار شد (جدول ۳). بدین ترتیب که بیشترین کیفیت بصری در تیمار کمپوست ۹۰ تن در هکتار ملاحظه گردید و تنها در این تیمار بود که کیفیت بصری بالای ۸/۵ وجود داشت. با این وجود تیمارهای شاهد و اختلاط کمپوست با خاک در مقادیر ۷۰ و ۸۰ تن در هکتار با تیمار

کمپوست ۹۰ تن در هکتار در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۴). بطور کلی با افزایش مقادیر کمپوست در خاک، کیفیت بصری چمن بطور معنی‌داری کاهش یافت و این روند تا تیمار اختلاط خاک با ۷۰ تن کمپوست در هکتار ادامه پیدا کرد. اما از تیمار ۷۰ تن کمپوست در هکتار به بعد، کیفیت بصری بطور معنی‌داری افزایش یافت و در تیمار اختلاط خاک با ۱۰۰ تن کمپوست در هکتار از یک کاهش نسبی برخوردار بود (جدول ۴). این نتایج نشان می‌دهند که تیمارهای اختلاط کمپوست با خاک در مقادیر ۷۰، ۸۰ و ۹۰ تن در هکتار به همراه تیمار شاهد، تاثیر بهتری بر روی کیفیت بصری چمن داشته‌اند. به نظر می‌رسد که تیمار شاهد بواسطه داشتن هدایت الکتریکی پایین و تیمارهای اختلاط کمپوست با خاک در مقادیر ۷۰، ۸۰ و ۹۰ تن در هکتار بواسطه داشتن حاصلخیزی بیشتر و ظرفیت نگهداری آب بالاتر، سبب افزایش معنی‌دار کیفیت بصری چمن شده‌اند و در این تیمارها، اثر مثبت بالا رفتن ظرفیت نگهداری آب بر اثر منفی افزایش هدایت الکتریکی خاک، غلبه پیدا کرده است. ضمن آنکه در مقادیر ۷۰، ۸۰ و ۹۰ تن کمپوست در هکتار، وزن مخصوص ظاهری خاک بطور چشمگیری کاهش و نسبت C/N افزایش پیدا کرده و این امر نیز در بهبود تخلخل و تهویه خاک و همچنین جذب بهتر آب و مواد غذایی موثر بوده است (جدول ۲). بطور کلی چنانچه کاربری گراس‌ها استفاده در مراتع و چراگاه‌ها باشد، در این صورت مهم‌ترین صفتی که از نظر اقتصادی حائز اهمیت است، تولید علوفه و وزن خشک اندام هوایی است. اما چنانچه کاربری گراس‌ها استفاده در پوشش‌های فضای سبز باشد، مهم‌ترین ویژگی مورد نظر، کیفیت ظاهری آن‌ها است (۲۳). جیانگ و هوانگ (۱۴) تنش خشکی یکی از دلایل مهم کاهش کیفیت گراس‌های فصل سرد عنوان کرده و بیان نمودند که انجام اقداماتی جهت کاهش اثرات تنش خشکی بر روی گراس‌ها، می‌تواند در حفظ و یا بهبود کیفیت آن‌ها تاثیر گذار باشد.

بر اساس نتایج حاصله از آزمایش اول، به نظر می‌رسد که تیمارهای اختلاط کمپوست با خاک در مقادیر ۷۰، ۸۰ و ۹۰ تن در هکتار به همراه تیمار شاهد بهترین تاثیر را بر روی خصوصیات فیزیکو شیمیایی خاک و همچنین درصد و سرعت سبز شدن چمن داشته‌اند. از این رو، این تیمارها برای استفاده در آزمایش دوم انتخاب شدند.

آزمایش دوم

مجموع طول ریشه

اثر متقابل مقادیر مختلف کمپوست و تنش خشکی بر روی مجموع طول ریشه چمن معنی‌دار شد (جدول ۵). بدین ترتیب که در هر یک از مقادیر مختلف کمپوست، با افزایش شدت تنش خشکی (از عدم تنش به تنش شدید)، مجموع طول ریشه افزایش یافت. با این وجود، در مقادیر مختلف کمپوست، سطوح عدم تنش خشکی، با هم و سطوح تنش خشکی ملایم نیز با یکدیگر، در یک گروه آماری قرار گرفتند. همچنین سطوح تنش خشکی شدید در مقادیر کمپوست ۷۰ و ۸۰ تن در هکتار و عدم تنش، با یکدیگر در یک گروه آماری قرار گرفتند؛ لکن تیمار تنش خشکی شدید در مقدار کمپوست ۹۰ تن در هکتار در مقایسه با سایر مقادیر کمپوست در سطوح مختلف تنش خشکی در رتبه بالاتری قرار گرفت (جدول ۶). این نتایج نشان می‌دهند که با افزایش شدت تنش خشکی، گیاه چمن تلاش کرده است تا با افزایش طول ریشه‌های خود، میزان دسترسی خود به رطوبت را ارتقا دهد. به عبارت دیگر، در شرایط تنش خشکی فرم توزیع ریشه‌ها تغییر نموده و گیاه تلاش کرده است تا با افزایش طول ریشه‌های خود و نفوذ به بخش‌های عمیق‌تر خاک، از رطوبت موجود در بخش‌های زیرین خاک استفاده کند و بواسطهٔ جذب رطوبت بیشتر، امکان اجتناب از خشکی را فراهم سازد (۱۵ و ۱۶).

جدول ۳- میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه چمن تال فسکیو در آزمایش اول.

Table 3- Mean square that obtained by analysis of variance for studied traits of tall fescue grass in first experiment.

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	کیفیت بصری Visual quality	سرعت سبز شدن Rate of emergence	درصد سبز شدن Percentage of emergence
کمپوست Compost	10	0.69**	1.08**	8.36**
خطا Error	33	0.16	0.05	1.61
ضریب تغییرات CV (%)	-	5.09	3.10	1.36

**: معنی‌دار در سطح ۱ درصد
**: significant in 1% level

ns: غیر معنی‌دار
ns: non-significant

جدول ٤- مقایسات میانگین اثر کمپوست بر درصد و سرعت سبز شدن و کیفیت بصری چمن تال فسکیو.

Table 4- Mean comparisons of effect of compost on percentage of emergence, rate of emergence and visual quality of tall fescue grass.

تیمارهای آزمایش Treatments	کیفیت بصری Visual quality	درصد سبز شدن Percentage of emergence	سرعت سبز شدن Rate of emergence (seed/day)
شاهد (خاک بدون اختلاط با کمپوست) Control (without compost)	8.42 ab	95.75 a	8.27 a
اختلاط خاک با ۱۰ تن کمپوست در هکتار Soil with 10 ton ha^{-1} compost	7.85 b-e	93.50 b-e	7.27 cd
اختلاط خاک با ۲۰ تن کمپوست در هکتار Soil with 20 ton ha^{-1} compost	7.97 b-d	93.00 c-e	7.05 de
اختلاط خاک با ۳۰ تن کمپوست در هکتار Soil with 30 ton ha^{-1} compost	7.50 de	93.00 c-e	6.97 d-f
اختلاط خاک با ۴۰ تن کمپوست در هکتار Soil with 40 ton ha^{-1} compost	7.55 c-e	92.25 ef	6.80 e-g
اختلاط خاک با ۵۰ تن کمپوست در هکتار Soil with 50 ton ha^{-1} compost	7.32 e	92.00 ef	6.66 fg
اختلاط خاک با ۶۰ تن کمپوست در هکتار Soil with 60 ton ha^{-1} compost	7.92 b-d	91.00 f	6.54 g
اختلاط خاک با ۷۰ تن کمپوست در هکتار Soil with 70 ton ha^{-1} compost	8.10 a-c	94.75 a-c	7.59 bc
اختلاط خاک با ۸۰ تن کمپوست در هکتار Soil with 80 ton ha^{-1} compost	8.22 ab	95.00 ab	7.68 b
اختلاط خاک با ۹۰ تن کمپوست در هکتار Soil with 90 ton ha^{-1} compost	8.65 a	94.50 a-d	7.51 bc
اختلاط خاک با ۱۰۰ تن کمپوست در هکتار Soil with 100 ton ha^{-1} compost	7.55 c-d	92.75 d-f	6.89 ef

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون LSD با یکدیگر ندارند.

Means that have a common letter, have not significantly different together at 5% based on LSD test.

سلاح‌ورزی و همکاران (۲۳) در بررسی خصوصیات ریشه سه گونه گراس فستوکای تجاری، لولیوم و تال فسکیو در شرایط تنش خشکی بیان نمودند که توده بومی تال فسکیو، از طریق افزایش طول ریشه‌های خود و فراهمی رطوبت قابل دسترس، در استفاده از مکانیسم اجتناب از خشکی جهت مقابله با آن موفق‌تر بوده است. این محققین همچنین اظهار داشتند که توده بومی تال فسکیو، در شرایط آبیاری کامل و بدون تنش، کمترین میزان مجموع طول ریشه‌ها را دارا بوده است. اما طی اعمال یک دوره تنش خشکی ۱۵ روزه، با ۷۰/۱ درصد افزایش نسبت به شاهد، بالاترین مجموع طول ریشه را از خود نشان داد. علاوه بر این، در مقدار ۹۰ تن کمپوست در هکتار و در شرایط تنش‌های خشکی ملایم و شدید، نسبت به سایر مقادیر کمپوست و در سطوح مشابه تنش، گیاه کمتر به طول ریشه‌های خود افزوده بود. این موضوع نشان می‌دهد که در تیمار ۹۰ تن کمپوست در هکتار، بواسطهٔ افزایش ظرفیت نگهدای آب خاک، گیاه کمتر سطح تنش را درک کرده و لذا بخش کمتری از ماده خشک تولید شده را به توسعه طول ریشه‌ها اختصاص داده است. از این رو، به نظر می‌رسد که این مقدار از کمپوست می‌تواند در شرایط تنش خشکی، باعث بهبود مقاومت گیاه چمن تال فسکیو گردد.

متوسط ضخامت ریشه

اثر متقابل مقادیر مختلف کمپوست و تنش خشکی بر روی متوسط ضخامت ریشه چمن معنی‌دار شد (جدول ۵). بدین صورت که در مقادیر مختلف کمپوست، بیشترین متوسط ضخامت ریشه در تیمار عدم تنش وجود داشت و در این تیمارها متوسط ضخامت ریشه، بیش از ۱/۷۰ میلیمتر بود. بطور کلی در هر یک از مقادیر مختلف کمپوست، با افزایش شدت تنش خشکی (از عدم تنش به تنش شدید)، متوسط ضخامت ریشه کاهش معنی‌داری از خود نشان داد. به گونه‌ای که در تیمار تنش خشکی شدید، متوسط ضخامت ریشه حتی به یک میلیمتر هم نرسید (جدول ۶). علاوه بر این، در مقادیر مختلف کمپوست، سطوح عدم تنش خشکی، با هم و سطوح تنش خشکی ملایم نیز با یکدیگر، در یک گروه آماری قرار گرفتند. همچنین سطوح تنش خشکی شدید در مقادیر کمپوست ۷۰ و ۸۰ تن در هکتار و عدم تنش،

با یکدیگر در یک گروه آماری قرار گرفتند؛ لکن تیمار تنش خشکی شدید در مقدار کمپوست ۹۰ تن در هکتار در مقایسه با سایر مقادیر کمپوست در سطوح مختلف تنش خشکی در رتبه بالاتری قرار گرفت (جدول ۶).

جدول ۵- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه چمن تال فسکیو در آزمایش دوم.

Table 5- Analysis of variance for studied traits of tall fescue grass in second experiment.

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	سطح ریشه level of root	وزن خشک ریشه drought weight of root	حجم ریشه volume of root	متوسط ضخامت ریشه average thickness of root	مجموع طول ریشه total length of root
کمپوست Compost (C)	3	12286730 **	2.95 **	0.534 **	0.032 *	34286700 **
تنش خشکی Drought stress (D)	2	135151141 **	36.68 **	3.10 **	3.60 **	810931969 **
کمپوست × تنش خشکی C × D	6	4060353 **	0.924 **	0.357 **	0.027 *	26156567 **
خطا Error	36	389336	0.060	0.023	0.009	425215
ضریب تغییرات CV (%)	-	1.81	4.74	5.65	7.37	1.58

**: معنی‌دار در سطح ۱ درصد
**: significant in 1% level

*: معنی‌دار در سطح ۵ درصد
*: significant in 5% level

ns: غیر معنی‌دار
ns: non-significant

جدول ٦- مقایسات میانگین اثر متقابل کمپوست و تنش خشکی بر روی صفات مورد مطالعه چمن تال فسکیو در آزمایش دوم.

Table 6- Mean comparisons of interactions of compost and drought stress for studied traits of tall fescue grass in second experiment.

کمپوست compost (ton ha^{-1})	تنش خشکی drought stress	سطح ریشه level of root (mm^2)	وزن خشک ریشه drought weight of root (g/pot)	حجم ریشه Volume of root (mm^3)	متوسط ضخامت ریشه average thickness of root (mm)	مجموع طول ریشه total length of root (mm)
شاهد control	عدم تنش Without stress	32275.7 g	6.89 a	2.44 d	1.72 a	34041.8 f
	تنش ملایم Moderate stress	32571.0 e-g	4.18 c	2.52 d	1.35 b	41777.0 d
	تنش شدید Severe stress	36039.7 c	3.58 d	4.01 a	0.64 d	54606.0 a
70	عدم تنش Without stress	32290.0 fg	6.88 a	2.42 d	1.72 a	34480.8 f
	تنش ملایم Moderate stress	33103.3 ef	4.23 c	2.48 d	1.35 b	41650.8 d
	تنش شدید Severe stress	37180.7 b	3.61 d	3.05 b	0.73 d	48063.0 b
80	عدم تنش Without stress	32293.5 fg	6.90 a	2.39 d	1.73 a	34393.5 f
	تنش ملایم Moderate stress	33116.5 e	4.28 c	2.44 d	1.36 b	41630. 0 d
	تنش شدید Severe stress	37231.0 b	3.65 d	2.92 bc	0.77 d	48022.5 b
90	عدم تنش Without stress	32302.8 e-g	6.91 a	2.34 d	1.73 a	34247.8 f
	تنش ملایم Moderate stress	34867.0 d	5.25 b	2.40 d	1.36 b	40332.0 e
	تنش شدید Severe stress	40714.3 a	5.55 b	2.79 c	0.99 c	43425.3 c

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون LSD با یکدیگر ندارند.

Means that have a common letter, have not significantly different together at 5% based on LSD test.

این موضوع به درک کمتر تنش خشکی شدید توسط گیاه در تیمار ۹۰ تن کمپوست در هکتار نسبت داده شد. همچنین با توجه به زیاد شدن مجموع طول ریشه‌ها طی افزایش شدت تنش خشکی، کاهش متوسط ضخامت ریشه تحت افزایش شدت تنش، منطقی به نظر آمده و چنین به نظر می‌رسد که با افزایش شدت تنش خشکی، گیاه تلاش کرده است تا متوسط ضخامت ریشه‌های خود را کاهش و طول ریشه‌های خود را افزایش دهد تا از این طریق، میزان دسترسی خود به رطوبت را ارتقا بخشد. در واقع تولید ریشه‌های نازک‌تر می‌تواند یک استراتژی مناسب در پاسخ به تنش خشکی به منظور جذب آب و مواد غذایی بیشتر باشد (۷ و ۲۳). سلاح ورزی و همکاران (۲۳) نیز در مطالعه خصوصیات ریشه سه گونه گراس فستوکای تجاری، لولیوم و تال فسکیو در شرایط تنش خشکی، کاهش متوسط ضخامت ریشه را طی افزایش شدت تنش گزارش کردند.

حجم ریشه

اثر متقابل مقادیر مختلف کمپوست و تنش خشکی بر روی حجم ریشه چمن معنی‌دار شد (جدول ۵). به گونه‌ای که در هر یک از مقادیر مختلف کمپوست، با افزایش شدت تنش خشکی (از عدم تنش به تنش شدید)، حجم ریشه افزایش یافت. با این وجود، در مقادیر مختلف کمپوست، سطوح عدم تنش خشکی و تنش خشکی ملایم با یکدیگر، در یک گروه آماری قرار گرفتند. همچنین سطوح تنش خشکی شدید در مقادیر کمپوست ۷۰ و ۸۰ تن در هکتار، با یکدیگر در یک گروه آماری قرار داشتند. تیمار تنش خشکی شدید در شرایط عدم مصرف کمپوست در مقایسه با سایر مقادیر کمپوست در سطوح مختلف تنش خشکی در رتبه بالاتری قرار گرفت (جدول ۶). با توجه به افزایش مجموع طول ریشه‌ها طی افزایش شدت تنش خشکی، زیاد شدن حجم ریشه تحت افزایش شدت تنش، منطقی بوده و به نظر می‌رسد که افزایش حجم ریشه چمن طی افزایش شدت تنش خشکی، جهت ارتقای میزان دسترسی به رطوبت بیشتر صورت گرفته است. هر چند حجم ریشه به عنوان یکی از خصوصیات مهم ریشه جهت بررسی نحوه مقابله گیاه با تنش خشکی مطرح است، اما محققین مختلف، عکس العمل‌های متفاوتی را از این خصوصیت در شرایط تنش خشکی گزارش کرده‌اند. رسام و همکاران (۲۰) و دهقان و همکاران (۵) به ترتیب با بررسی پاسخ ریشه گیاهان زوفا و گوجه-فرنگی در شرایط تنش خشکی، کاهش معنی‌دار حجم ریشه را طی افزایش تنش خشکی عنوان کرده و سلاح‌ورزی و همکاران (۲۳) طی مطالعه خصوصیات ریشه سه گونه گراس چمنی در شرایط تنش خشکی، افزایش معنی‌دار حجم ریشه را طی افزایش شدت تنش گزارش کردند. با این حال به نظر می‌رسد که گیاه چمن به دلیل داشتن ریشه‌های کاملاً سطحی و کم عمق، تلاش می‌کند که در شرایط تنش خشکی، تاحدی حجم ریشه‌های خود را افزایش داده تا از این طریق به رطوبت بیشتری دست پیدا کند. هرچند که در مقدار ۹۰ تن کمپوست در هکتار و در شرایط تنش خشکی شدید، نسبت به سایر مقادیر کمپوست، گیاه بواسطهٔ درک کمتر شدت تنش، کمتر به حجم ریشه‌های خود افزوده بود.

وزن خشک ریشه

اثر متقابل مقادیر مختلف کمپوست و تنش خشکی بر روی وزن خشک ریشه چمن معنی‌دار شد (جدول ۵). بدین ترتیب که در مقادیر مختلف کمپوست، بیشترین وزن خشک ریشه در تیمار عدم تنش وجود داشت و در این تیمارها وزن خشک ریشه، بیش از ۶/۸۸ گرم بود. بطور کلی در هر یک از مقادیر مختلف کمپوست، با افزایش شدت تنش خشکی (از عدم تنش به تنش شدید)، وزن خشک ریشه کاهش معنی‌داری از خود نشان داد. به گونه‌ای که در تیمار تنش خشکی شدید و در مقادیر کمپوست ۷۰ و ۸۰ و عدم مصرف کمپوست، وزن خشک ریشه حتی به ۳/۷ گرم هم نرسید (جدول ۶). علاوه بر این، در مقادیر مختلف کمپوست، سطوح عدم تنش خشکی، با هم و سطوح تنش خشکی ملایم (به غیر از تیمار ۹۰ کمپوست تن در هکتار) نیز با یکدیگر، در یک گروه آماری قرار گرفتند. همچنین تیمار تنش خشکی شدید در مقدار کمپوست ۹۰ تن در هکتار در مقایسه با سایر مقادیر کمپوست در سطوح مختلف تنش خشکی در رتبه بالاتری قرار گرفت (جدول ۶). احتمالاً کاربرد ۹۰ تن کمپوست در هکتار می‌تواند در شرایط تنش خشکی بواسطهٔ بهبود تهویه خاک، باعث افزایش معنی‌دار وزن خشک ریشه‌های چمن تال فسکیو گردد. کاهش وزن خشک ریشه در گیاهان با نیاز آبی بالا و حساس به تنش خشکی در منابع مختلف گزارش شده است. هنگ و گائو (۱۲) در بررسی ویژگی‌های ریشه مرتبط با مقاومت به تنش خشکی در گیاه tall fescue کاهش وزن خشک ریشه را طی افزایش شدت تنش خشکی عنوان کردند. در تحقیقی دیگر، رسام و همکاران (۲۰) در مطالعه اثر تنش خشکی بر خصوصیات ریشه گیاه دارویی زوفا، کاهش ۵۶ درصدی وزن خشک ریشه را تحت اعمال شدت تنش خشکی شدید گزارش نمودند. به نظر می‌رسد که با پیشرفت تنش خشکی ظرفیت فتوسنتزی گیاه کاهش پیدا کرده و به دنبال آن، اختصاص مواد فتوسنتزی به ریشه‌ها کاهش یافته (۲) و همین امر سبب کاهش وزن خشک ریشه در شرایط تنش خشکی شده است.

سطح ریشه

اثر متقابل مقادیر مختلف کمپوست و تنش خشکی بر روی سطح ریشه چمن معنی‌دار شد (جدول ۵). بدین صورت که در هر یک از مقادیر مختلف کمپوست، با افزایش شدت تنش خشکی (از عدم تنش

به تنش شدید)، سطح ریشه افزایش یافت. با این وجود، در مقادیر مختلف کمپوست، سطوح عدم تنش خشکی با یکدیگر، در یک گروه آماری قرار گرفتند. همچنین سطوح تنش خشکی ملایم در مقادیر کمپوست ۷۰ و ۸۰ تن در هکتار و عدم تنش، با یکدیگر در یک گروه آماری قرار داشتند؛ بیشترین سطح ریشه نیز در تیمار تنش خشکی شدید در مقدار کمپوست ۹۰ تن در هکتار وجود داشت و این تیمار در مقایسه با سایر مقادیر کمپوست در سطوح مختلف تنش خشکی، به تنهایی در بالاترین رتبه قرار گرفت (جدول ۶). از این رو، به نظر می‌رسد که کاربرد ۹۰ تن کمپوست در هکتار می‌تواند در شرایط تنش خشکی شدید، در افزایش معنی‌دار سطح ریشه‌های چمن تال فسکیو موثر باشد. بطور کلی در زمان وقوع تنش خشکی، محتوی رطوبتی خاک، بطور قابل توجهی کاهش یافته و مولکول‌های ناچیز آب موجود در خاک، بواسطهٔ نیروی مکش زیادی که از طرف ذرات خاک به آنها وارد می‌شود (پتانسیل ماتریک) به ذرات خاک می‌چسبند (۱۰ و ۱۶). از این رو، گیاهان تلاش می‌کنند تا بطور آگاهانه به منظور قابل دسترس ساختن هرچه بیشتر این مقدار آب اندک، سطح تماس ریشه‌های خود با ذرات خاک را گسترش دهند (۲۱). خصوصاً اینکه بر خلاف لایه‌های سطحی خاک که در شرایط تنش خشکی، به سرعت رطوبت خود را از دست می‌دهند، در اعماق پایین‌تر خاک، فراهمی رطوبت قابل دسترس، بیشتر می‌باشد و افزایش طول و سطح ریشه‌ها می‌تواند در دستیابی گیاه به رطوبت موثر واقع شود (۲۱). در این میان، انجام اقدامات کمک کننده به تحقق این هدف (همچون کاربرد ۹۰ تن کمپوست در هکتار برای چمن تال فسکیو در پژوهش حاضر) می‌تواند گام موثری در بهبود مقاومت گیاه به تنش خشکی تلقی گردد.

نتیجه‌گیری کلی

در این پژوهش، با افزایش شدت تنش خشکی، خصوصیات مجموع طول، حجم و سطح ریشه افزایش و صفات وزن خشک و متوسط ضخامت ریشه کاهش پیدا کردند. این نتایج، بازگوننده این مطلب هستند که گیاه چمن تال فسکیو بطور هوشمندانه‌ای تلاش کرده است تا در راستای افزایش فراهمی رطوبت قابل دسترس برای خود، با تنش خشکی مقابله کند. همچنین بر اساس یافته‌های پژوهش حاضر، کاربرد ۹۰ تن کمپوست در هکتار بواسطهٔ اثرات مثبتی همچون افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت خاک، افزایش حاصلخیزی خاک و افزایش تخلخل و تهویهٔ خاک، بطور معنی‌داری در بهبود خصوصیات ریشه مطالعه شده برای چمن تال فسکیو در شرایط تنش خشکی تاثیرگذار بود. بطوری که در کمپوست ۹۰ و سطح تنش شدید، نسبت به کمپوست ۸۰ و سطح تنش مشابه، خصوصیات سطح، وزن خشک و متوسط ضخامت ریشه، بطور معنی‌داری و به ترتیب به میزان ۹/۳۶، ۵/۲۰ و ۲۸/۵۷ درصد افزایش پیدا کردند. از این رو، بکارگیری این مقدار کمپوست برای چمن تال فسکیو در شرایط کم آبی و وقوع تنش‌های رطوبتی توصیه می‌گردد.

منابع

1- Arshadi, J., and Asgharipour, M.R. 2011. The Effects of Seed Size on Germination and Early Seedling Growth of Pelleted Seeds of Sugar Beet. Journal of Applied Sciences Research, 7(8):1257-1260.
2- Arshadi, M.J. 2016. Investigation of the effect of seeds inoculation of chickpea (*Cicer arietinium* L.) with arbuscular mycorrhiza and pseudo-endomycorrhiza in response to drought stress. Ph.D. thesis. Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian with English abstract)
3- Bahremand, M.R., Afyuni, M., Hajabbassi, M.A., and Rezaeinejad, Y. 2003. Effect of Sewage Sludge on Soil Physical Properties**.** Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, 6(4):1-9. (In Persian with English abstract)
4- Casado-Vela, J., Sellés, S., Navarro, J., Bustamante, M.A., Mataix, J., Guerrero, C., and Gomez, I. 2006. Evaluation of composted sewage sludge as nutritional source for horticultural soils. Waste Management, 26(9):946-952.
5- Dehghan, H., Alizadeh, A., Esmaili, K., and Nemati, H. 2015. Root growth, yield and yield components of tomato in drought stress. Journal of Water Research in Agriculture, 29(2):169-180. (In Persian with English abstract)
6- Duncan, R.R. and Shuman, L.M. 1993. Acid soil stress response of zoysiagrass. International Turfgrass Society Research Journal, 7:805-811.
7- Eissenstat, D.M. 1992. Costs and benefits of constructing roots of small diameter. Journal of Plant Nutrition, 15:763-782.
8- Fallahiyan, A. 2001. Grass, Construction and Maintenance Technology. Jihad Daneshgahi Publications of Mashhad. (In Persian)
9- Foley, B.J., and Cooperband, L.R. 2002. Paper mill residuals and compost effects on soil carbon and physical properties. Journal of Environmental Quality, 31(6):2086-2095.
10- Ganjali, A. 2005. Investigation of Physio-morphological aspects of drought resistance in chickpea genotypes (*Cicer arientinum* L.). Ph.D. thesis. Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian with

English abstract)
11- Gazanchian, A., Sima, K.K., Nayer, A., Malboobi, M.A., and Majidi Heravan, E. 2006. Relationships between emergence and soil water content for perennial cool-season grasses native to Iran. Crop science, 46(2):544-553.
12- Huang, B., and Gao, H. 2000. Root physiological characteristics associated with drought resistance in tall fescue cultivars. Crop Science, 40:196-203.
13- Islamic Republic News Agency (IRNA). 2018. Official news agency of the Islamic Republic of Iran. (In Persian)
14- Jiang, Y., and Huang, B. 2001. Drought and heat stress injury to two cool-season turfgrass in relation to antioxidant metabolism and lipid peroxidation. Crop Science, 42(1):202-207.
15- Kafi, M., Borzuie, A., Salehi, M., Kamandi, M., Masumi, A., and Nabati, J. 2009. Physiology of Environmental Stresses in Plants Jihad Daneshgahi Publications of Mashhad. (In Persian)
16- Khaje Poor, M.R. 2004. Principles of Agronomy. Jihad Daneshgahi Publications of Isfahan. (In Persian)
17- Lee, J.J., Park, R.D., Kim, Y.W., Shim, J.H., Chae, D.H., Rim, Y.S., and Kim, K.Y. 2004. Effect of food waste compost on microbial population, soil enzyme activity and lettuce growth. Bioresource Technology, 93(1):21-28.
18- Movahedi Dehnavi, M., Ranjbar, M., Yadavi, A.R., and Kavoosi, B. 2010. The effect of cyclocel on proline, soluble sugars, protein, oil content and fatty acids of flaxseed oil (*Linum ussitatissimum*) Under drought stress conditions in pot cultivation. Journal of Environmental Stress in Crop Sciences, 3(2):129-138. (In Persian with English abstract)
19- Nazmi, L., Shaban Poor, M., and Hashemi, M. 2011. Effect of type and amount of waste compost on physical properties of two soil types. Journal of Soil Research, 25(2):93-102. (In Persian with English abstract)
20- Rassam, G.A., Khoshnud Yazdi, A., Dadkhah, A.R., and Rostami, M. 2012. Effect of drought stress on root and shoot traits of Hyssop (*Hyssopus officinalis*). National Symposium on Natural Products and Medicinal Plants, 26 and 27 September, 2012. Bojnourd, North Khorasan University of Medical Sciences. (In Persian with English abstract)
21- Qian, Y.L., and Fry, J.D. 1996. Irrigation frequency affects zoysia grass rooting and plant water status. Horticultural Science, 31(2):234-237.
22- Sakr, W.R.A. 2009. Response of paspalum turf grass grown in sandy soil to trinexapac-ethyl and irrigation water salinity. Journal of Horticultural Science and Ornamental Plants, 1:15-26.
23- Selahvarzi, Y., Tehranifar, A., Gazanchian, A., and Arooei, H. 2008. Drought resistance mechanisms of native and commercial turf grasses under drought stress: I. Root responses. Journal of Horticultural Sciences, 22(2):1-11. (In Persian with English abstract)
24- Tehranifar, A., Selahvarzi, Y., Gazanchian, A., and Arooei, H. 2009. Drought resistance mechanisms of native and commercial turf grasses under drought stress: II. Shoot responses. Journal of Horticultural Sciences, 23(1):1-9. (In Persian with English abstract)
25- Zaeri, A., Rezaei Nezhad, Y., Afyooni, M., and Shariat Madari, H. 2005. Cumulative and residual effects of sewage sludge on aggregate stability, permeability and bulk density of soil. Scientific Journal of Agriculture, 28(1):101-110. (In Persian with English abstract)

Journal of Horticultural Science
Vol. 33, No.1, Spring 2019, P. 155-167
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸، ص. ۱۶۷-۱۵۵
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Evaluating the Effect of Mixing Different Amounts of Municipal Solid Waste (MSW) Compost with Soil on Root Properties of Tall Fescue (*Festuca arundinaceae* Schreb.) Under Moisture Stress Conditions

M. Sadat Farizani[1]- H. R. Khazaie[2*]- Gh. A. Gazanchian[3]

Received: 28-07-2018
Accepted: 02-02-2019

Introduction: Significant impact of green space in the beautification of urban space and creating attractive face for cities has caused to per capita of urban green space be introduced as an important factor in urban development, especially in metropolitan areas. Meanwhile, the important role of covert plants, especially lawn grasses, in creating green spaces has caused to add quickly the area of these beautiful plants in the cities. On the other, existence of plants with high water requirements between the lawn grasses, have created limitations in terms of water requirements supply. The grass planted in the country is mainly from imported seed types that are not so compatible with dry and semi-arid conditions in our country. Sometimes from this point of view, they create limitations in terms of water supply. Hence, given the limited water resources in Mashhad city and the grass surface area in this city (which is more than 400ha), attempts at the removal of this limitation are necessary. Thus, this research was done with aim of evaluating the effect of mixing different amounts of MSW compost with soil on some root properties of Tall Fescue native grass, under moisture stress conditions.

Materials and Methods: The present study, was conducted in the form of two experiments, in research greenhouse of Ferdowsi University of Mashhad in 2016. The first experiment was conducted in a completely randomized design with four replications. The experimental treatments consisted of ten different levels of compost mixing with soil (10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 and 100 ton ha^{-1}) and control treatment (agronomic soil without mixing compost). According to the results of the first experiment, three superior compost ingredients were selected and included in the second experiment. In the second experiment, these were considered, three values of 70, 80 and 90 tons of compost per hectare plus control (no compost consumption) as the first factor and three levels of moisture stress of 25, 50 and 100 percent of field capacity as intense stress, mild stress and non-stress, respectively as the second factor. They were compared in factorial pattern by a completely randomized design with four replications. So that, their effects should be investigated on some of the characteristics of the grass root of Tall fescue.

Results and Discussion: The Results of the first experiment showed that the amounts of 70, 80 and 90 tons per hectare increased significantly the percentage and the rate of grass emergence due to increased fertility and higher water holding capacity and in these treatments, the positive effect of rising water holding capacity has been dominated on negative effect of electrical conductivity of the soil and this topic has led to an improvement in the percentage of grass emergence in these treatments. Furthermore, in the amounts of 70, 80 and 90 tons of compost per hectare, the bulk density of soil significantly decreased and the C/N ratio dramatically increased. In the second experiment, the interactions between different amounts of compost and drought stress levels were significant on all studied traits of grass root. So that, with increasing drought stress severity in different amounts of compost, characteristics of total length of root, volume of root and level of root would be increased and traits of drought weight of root and average thickness of root would be decreased. The results showed that in the treatment of 90 tons of compost per hectare, the plant has understood less level of the stress due to increased water holding capacity. Therefore, the lower part of the dry matter allocated to the development of roots.

Conclusion: By increasing severe of drought stress characteristics of total length of root, volume of root and level of root were increased and traits of drought weight of root and average thickness of root were decreased, it seems that tall fescue grass cleverly has tried to deal with for confronting drought stress with target of increase the amount of moisture available for itself. Also, based on the findings of this study, application of 90 tons of compost per hectare significantly improved root studied traits for tall fescue grass in drought stress conditions. Therefore, using this amount of compost for tall fescue grass in low water conditions and occurrence of moisture

1 And 2- Ph.D student of Crop Physiology and Professor, Department of Agronomy, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
(*- Corresponding Author Email: Khazaie41@yahoo.com)
3- Associate Professor in Forests and Rangelands Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran

stresses is recommended.

Keywords: Germination, Root and Grass