اثرات مواد جاذب رطوبت بر تنفس و زیتوده میکروبی خاک تحت تنش خشکی

راضیه رضائی[1] و فایز رئیسی

دانش آموخته کارشناسی ارشد بیولوژی و بیوتکنولوژی خاک دانشگاه شهرکرد؛ mrs.rezaie@ymail.com

استاد خاکشناسی دانشگاه شهرکرد؛ f_raiesi@yahoo.com

دریافت: 94/4/2 و پذیرش: 94/11/28

چکیده

بروز تنش خشکی از مهمترین عوامل تأثیرگذار بر فعالیت‌های میکروبی خاک در اکوسیستم‌های خشک و نیمه خشک محسوب می‌شود که فعالیت‌های میکروبی را از طریق محدود کردن دسترسی عناصر غذایی و یا افزایش مرگ و میر میکروب‌ها کاهش می‌دهد. هدف این مطالعه بررسی اثر تنش خشکی بر برخی فعالیت‌های میکروبیولوژیکی خاک در حضور مواد طبیعی و مصنوعی جاذب رطوبت (هیدروژل) بود. دو نوع ماده طبیعی جاذب رطوبت (کوکوپیت و خاک‌اره) و دو نوع ماده مصنوعی جاذب رطوبت (سوپرجاذب A200 و A300) در رطوبت‌های30% و 70% ظرفیت مزرعه‌ای به خاک اضافه و خصوصیات میکروبیولوژیکی خاک شامل تنفس و زیتوده میکروبی اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد با کاهش رطوبت از 70% به 30% ظرفیت مزرعه‌ای کل تنفس میکروبی در خاک شاهد، کوکوپیت و خاک اره کاهش (49-72%) ولی در دو تیمار سوپرجاذب افزایش (188-221%) و کربن زیتوده میکروبی در تمامی تیمارها کاهش (10-59%) ولیکن در سوپرجاذب A300 افزایش داشت. نتایج این بررسی حاکی است مواد مصنوعی جاذب رطوبت (سوپرجاذب‌ها) اثرات بیشتری بر تنفس و زیتوده میکروبی به خصوص در شرایط تنش خشکی دارند.

واژه‌های کلیدی: زیتوده میکروبی، تنش خشکی، تنفس میکروبی خاک، مواد اصلاحی طبیعی و مصنوعی و مناطق خشک و نیمه خشک.

[1] نویسنده مسئول، آدرس: اصفهان- خمینی شهر- خیابان 89- کوی شهید جعفریان – پلاک 2

مقدمه

تنفس و زیتوده میکروبی از مهمترین ویژگی‌ها و شاخص‌ها در تحول و تکوین خاک و فرآیندهای مهم اکوسیستم نظیر چرخه جهانی کربن، چرخه عناصر غذایی و اصلاح زیستی به‌شمار می‌آیند (آیوستین و همکاران 2004). فعالیت و تنفس میکروبی عامل فراهمی مواد غذایی و انرژی برای میکروب‌ها و گیاه به شمار می‌آیند، و به عوامل محیطی از جمله دما و رطوبت محیط وابسته می‌باشند که هرکدام به طور مستقیم و یا غیرمستقیم بر این فرآیندهای مهم متابولیکی خاک مؤثر می‌باشند و مهمتر این‌که اثرات متقابل آنها بر فرآیندهای مختلف میکروبی بسیار پیچیده است (کیلهام 1994 و ویلیامز، رایس 2007). بنابراین، هر تغییری در دما، رطوبت، تهویه و یا میزان زیست فراهمی عناصر ناشی از تغییرات اقلیمی یا مدیریت‌های متفاوت اراضی می‌تواند اثرات مهمی بر تنفس میکروبی خاک و متعاقب آن انتشار دی‌اکسیدکربن از سطح خاک و چرخه عناصر غذایی داشته باشد (کیت و همکاران 1997). اغلب نتایج تحقیقات آزمایشگاهی و صحرایی نشان می‌دهد، رطوبت محیط از عوامل مهم و مؤثر بر جمعیت و فعالیت‌های میکروبی خاک از جمله تنفس میکروبی می‌باشد که فعالیت‌های میکروبی خاک را در تمام یا بخشی از سال در اکوسیستم‌های خشک و نیمه خشک از طریق محدود کردن میزان دسترسی ریزجانداران به مواد غذایی قابل دسترس و یا از طریق مرگ آنها به علت میزان پائین پتانسیل آب تحت تأثیر قراردهد (کلوت 1982، لین و دوران 1984). از دیگر ویژگی‌های میکروبی که می‌توان آن را به عنوان نشانه‌ای از سلامت اکوسیستم عنوان نمود، زیتوده میکروبی (عامل تغییر حالت مواد آلی در خاک) است (داس و همکاران 2007).

اگرچه میزان زیتوده میکروبی، اغلب در سطح زمین و در ناحیه فعالیت ریشه بیشتر و مهم است و لیکن در برخی از مواقع مثلاً تنش ناشی از کمبود آب در اعماق پائین خاک هم دیده می‌شود (پاول و همکاران 1999). با توجه به تأثیرپذیری بالای فعالیت‌های میکروبی خاک از سایر خصوصیات فیزیکی آن، هر عاملی که باعث تغییر در این خصوصیات شود بر خصوصیات بیوشیمیایی و بیولوژیکی خاک نیز مؤثر می‌باشد. برای مثال، افزودن موادی که باعث تغییر محتوای رطوبتی خاک شوند مانند هیدروژل‌های سوپرجاذب به علت تغییر در ظرفیت نگهداری آب درخاک، درجه نفوذپذیری، چگالی و ساختمان خاک، و کاهش شستشوی مواد غذایی مورد نیاز در خاک باعث افزایش سرعت رشد، جمعیت و فعالیت‌های میکروبی می‌گردند (کای شوماک و همکاران 1998، کوهلس و همکاران 1999). سوپرجاذب‌ها از جمله مواد پلیمری هستند که به دو صورت طبیعی و مصنوعی موجود می‌باشند. از خصوصیات قابل توجه این مواد قابلیت بسیار بالای جذب آب در آنها تا 1000 برابر وزن خود می‌باشد (عبدالرحیم 2006، نی و همکاران 2004). این مواد به دو صورت یونی و غیریونی تولید شده که انواع یونی آن در کشاورزی مصرف می‌شوند (عبدالرحیم 2006). بررسی تأثیرات این مواد بر گیاه نشان دهنده اثرات مثبت آنها بر رشد گیاه بوده است. همچنین این مواد با افزایش رشد گیاهان و درصد جوانه‌زنی باعث آزاد شدن مواد آلی بیشتر در خاک توسط ریشه‌های گیاه شده (سیواپلان 2006، یانگی‌یورو و همکاران 2006) و ازاین‌رو فعالیت‌های میکروبی خاک را تحریک و بهبود می‌بخشند (گیری و همکاران 2005). بااین‌حال اهمیت نسبی این مواد بر فعالیت‌های میکروبی خاک مورد مطالعه دقیق قرار نگرفته است.

نظر به این‌که سطح وسیعی از کشور را مناطق خشک و نیمه خشک و کویری فراگرفته‌است و با توجه به اقلیم خشک و بروز خشک‌سالی‌های اخیر اهمیت آب به عنوان یک نهاده حیاتی بیش از پیش مشخص می‌شود. از این‌رو، بررسی مسائل و مشکل کمبود آب و تنش‌های خشکی و پیامدهای آن برای موجودات زنده خاک در مناطق خشک و نیمه خشک از اهم مسائل مربوط به کشاورزی در این مناطق می‌باشد. در همین راستا تحقیق و پژوهش حاضر به منظور بررسی اثرات مواد نگهدارنده رطوبت مانند مواد طبیعی (کوکوپیت و خاک اره) و مصنوعی (هیدروژل‌ها) بر تنفس و زیتوده میکروبی خاک انجام شد. چنین فرض می‌شود که سوپرجاذب‌ها با افزایش ظرفیت جذب آب در خاک، تنش خشکی را کاهش و فعالیت میکروبی خاک را بهبود می‌بخشند.

مواد و روش‌ها

برای ارزیابی اثر تنش رطوبتی و مواد اصلاحی جاذب رطوبت بر فعالیت و زیتوده میکروبی خاک، آزمایش به صورت فاکتوریل 5×2 در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با 4 تکرار انجام شد. فاکتورها شامل 1) دو نوع ماده طبیعی (کوکوپیت و خاک اره) و دو نوع ماده مصنوعی (سوپرجاذب‌های A200 و A300) به عنوان فاکتور اول و 2) دو سطح رطوبتی 30% ظرفیت مزرعه‌ای (شرایط تنش رطوبتی) و 70% ظرفیت مزرعه‌ای (شرایط بدون تنش رطوبتی) به عنوان فاکتور دوم در چهار تکرار بودند. به منظور اجرای این آزمایش ابتدا یک قطعه زمین زراعی انتخاب و از عمق 30-0 سانتی‌متری سطح خاک نمونه برداری صورت گرفت. پس از کوبیدن خاک با چکش

پلاستیکی، 3 کیلوگرم خاک به منظور انجام آزمایشات شیمیایی از الک دو میلی‌متری عبور داده شد و باقی مانده آن پس از عبور از الک 4 میلی‌متری برای اعمال تیمارهای مورد نظر به گلخانه انتقال داده شد. خصوصیات خاک و مواد اصلاحی مورد آزمایش از جمله بافت خاک (به روش هیدرومتری)، واکنش خاک و مواد اصلاحی (با استفاده از pH متر)، قابلیت هدایت الکتریکی خاک و مواد اصلاحی (رودز 1982)، ماده آلی خاک و مواد اصلاحی به روش واکی بلک (نلسون و سامرز 1982)، فسفر قابل جذب خاک (اولسن و سامرز 1982)، نیتروژن کل خاک به روش کجلدال (غازان شاهی 1376) و کربنات کلسیم معادل خاک به روش تیتراسیون (کلوت 1982) اندازه‌گیری شدند (جدول 1).

جدول 1- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش.

ویژگی	واحد	مقدار
بافت	-	رسی سیلتی
جرم مخصوص ظاهری	g/cm^3	1/20
رطوبت ظرفیت مزرعه‌ای (FC)	%	31/3
pH (عصاره 1:5)	-	7/70
قابلیت هدایت الکتریکی (عصاره اشباع)	ds/m^2	0/49
کربنات کلسیم معادل	%	40
کربن آلی (C_{org})	%	0/605
نیتروژن کل (N_t)	%	0/056
C:N	-	10/8
آمونیوم اولیه (NH_4^+-N)	µg/kg	0/04
نیترات اولیه (NO_3^--N)	µg/kg	66/5
فسفر قابل جذب (اولسن)	µg/kg	7/50
جذب آب	%	-

جدول 2- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مواد اصلاحی (نگهدارنده رطوبت) طبیعی و مصنوعی مورد آزمایش

ویژگی	واحد	مقدار			
		مواد اصلاحی			
		کوکوپیت	خاک‌اره	A200	A300
کربن آلی (C_{org})	%	53/8	48/7	19/3	11/9
نیتروژن کل (N_t)	%	0/55	0/13	9/70	9/60
C:N	-	981/24	1375/98	1/98	1/24
جذب آب	%	126124650	689	20930	24650

مواد اصلاحی خاک اره و کوکوپیت پس از آسیاب کردن از الک 1 میلیمتری عبور و پس از توزین دقیق خاک، به ازای هر یک کیلوگرم خاک 1 گرم مواد اصلاحی به‌صورت خشک (0/1% وزنی) به آنها اضافه گردید. قبل از اعمال تیمارهای رطوبتی مورد نظر، مقدار رطوبت ظرفیت مزرعه‌ای (FC) نمونه‌های تهیه شده با نسبت 0/1% وزنی مواد اصلاحی به خاک در آزمایشگاه تعیین گردید و سطوح رطوبتی 30% و 70% رطوبت ظرفیت مزرعه‌ای به منظور اعمال شرایط تنش محاسبه گردید. سپس به هر خاک بسته به نوع مواد اصلاحی اضافه شده، مقدار مشخص و لازم آب مقطر به منظور رسیدن به سطوح رطوبتی مورد نظر اضافه گردید (جدول 3). سپس میزان درصد خلل و فرج مملو از آب (WFPS%) خاک به علاوه مواد اصلاحی مصنوعی و طبیعی با استفاده از روش زیر محاسبه گردید (پاول 2007):

$$\%WFPS = \frac{\theta w \times \rho b \times 100}{1-(\rho b / 2.65)}$$

که در آن:

θw میزان آب اضافه شده (وزنی) به خاک در دو نقطه 30 و 70% رطوبت ظرفیت مزرعه‌ای به هر یک از تیمارها، ρb جرم مخصوص ظاهری خاک (1/2) بر حسب $g\ cm^{-3}$ می‌باشد. جرم مخصوص حقیقی خاک $g\ cm^{-3}$

2/65 می‌باشد در نظر گرفته شد (پاول 2007). مقدار درصد خلل و فرج مملو از آب علاوه بر میزان تهویه، قابلیت دسترسی به آب را نیز نشان می‌دهد (پاول 2007).

جدول 3- میزان رطوبت ظرفیت مزرعه خاک (FC)، آب اضافه شده به تیمارهای مختلف و WFPS% در سطوح 70FC % و 30FC%.

ماده اصلاحی	درصدرطوبت			آب اضافه شده به 3 کیلوگرم خاک (ml)			%WFPS	
	FC	%30FC	%70FC	%30FC	%70FC	%70FC:%30FC	%30FC	%70FC
خاک شاهد	31/3	9/40	21/9	281	657	2/32	21	48
کوکوپیت	40/5	12/1	28/3	363	849	2/33	27	63
خاک اره	37/8	11/3	26/5	339	795	2/34	25	59
سوپرجاذبA200	45/0	13/5	31/5	405	945	2/33	30	70
سوپرجاذبA300	46/8	14/0	32/8	420	984	2/34	31	72

اندازه‌گیری تنفس میکروبی خاک به روش اندرسون (1982) و الف و نانی‌پیری (1995) طی 15 هفته و کربن زیتوده میکروبی از روش تدخین با کلروفرم و انکوباسیون (جنکینسون و لاد 1981 و رئیسی 2004) به مدت سه ماه و به فاصله هر ماه یک‌بار صورت پذیرفت. سپس داده‌های بدست آمده به روش‌های زیر مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. محاسبات و رسم نمودارها توسط نرم‌افزار Excel، تجزیه و تحلیل داده‌ها شامل تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها توسط نرم‌افزار SAS 9.0 و SigmaStat 3.5 به طور هم‌زمان به روش LSD فیشر در سطح احتمال 0/05، و LSD مشترک با استفاده از نرم افزارSigmaStat 3.5 برازش داده‌ها توسط نرم‌افزار SigmaPlot 8.02، تست نرمال به روش Anderson Darling و همگنی واریانس داده‌ها به روش Bartlett و با استفاده از نرم‌افزار Minitab 14.0 صورت گرفت.

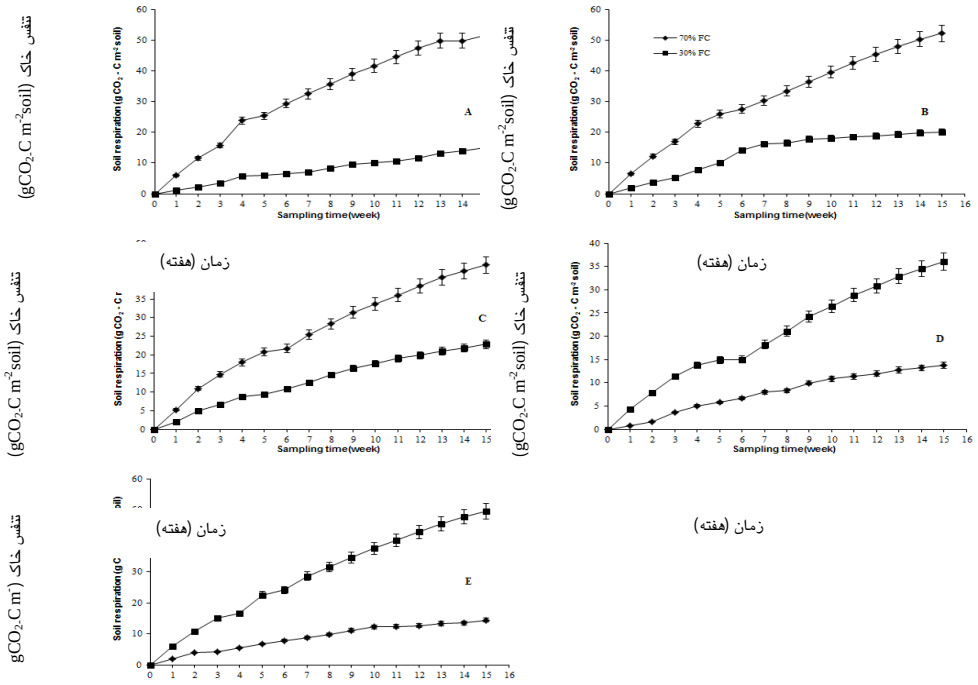
نتایج و بحث

اثر تنش خشکی بر تنفس میکروبی در خاک‌های تیمار شده با مواد اصلاحی

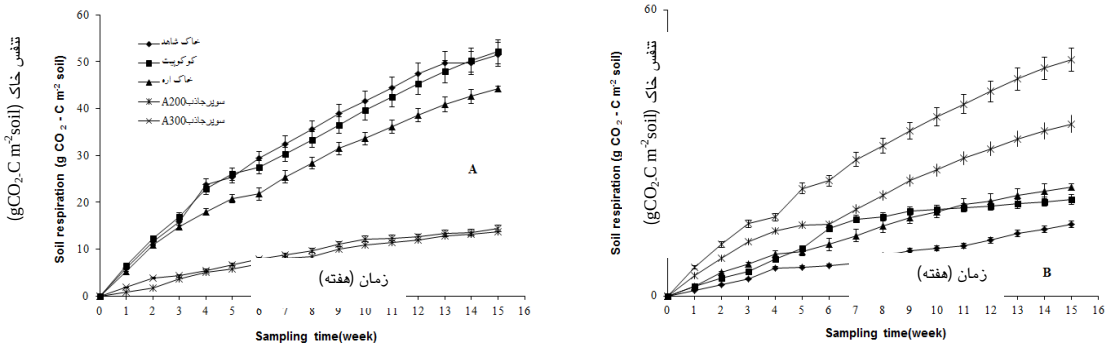
بررسی روند تنفس میکروبی طی مدت آزمایش نشان می‌دهد که با کاهش رطوبت ظرفیت مزرعه‌ای در خاک شاهد (A 1) و همچنین در تیمارهای کوکوپیت (B 1) و خاک اره (C 1) تنفس میکروبی کاهش محسوس یافته است (شکل 1). تفاوت کمتر میان میزان تنفس میکروبی در رطوبت‌های 30% و 70% ظرفیت مزرعه‌ای هر ماده اصلاحی نشان دهنده کارآمدتر بودن ماده اصلاحی اضافه شده به خاک و تعدیل هرچه بهتر شرایط تنش در خاک می‌باشد.

در تیمارهای سوپرجاذب A200 (D) و A300 (E) روند تنفس میکروبی در دو شرایط بدون تنش رطوبتی و تنش رطوبتی کاملاً متفاوت از سایر تیمارها بود (شکل 1) و این مقدار در شرایط تنش رطوبتی بیش از شرایط بدون تنش بدست آمد. شکل 2 روند تنفس تجمعی میکروبی در تیمارهای مختلف مواد اصلاحی را در مقایسه با خاک شاهد در شرایط بدون تنش رطوبتی (A 2) و تنش رطوبتی (B 2) نشان می‌دهد. در شرایط بدون تنش رطوبتی (شکل A) میزان تنفس میکروبی در سه تیمار خاک شاهد، کوکوپیت و خاک اره روند متفاوتی را با دو تیمار سوپرجاذب نشان می‌دهد. در این سه تیمار میزان تنفس در سطوح بالاتری نسبت به سوپرجاذب‌ها قرار گرفته است. خاک‌های تیمار شده با هر دو سوپرجاذب در شرایط بدون تنش تنفس میکروبی یکسان داشتند. اما در شرایط تنش رطوبتی (شکل B 2) روند تنفس میکروبی تیمارها با شرایط بدون تنش کاملاً متفاوت بود. در این شرایط، ابتدا بیشترین تنفس میکروبی مربوط به تیمار سوپرجاذب A300 و سپس A200 بود و میزان تنفس میکروبی در سوپرجاذب‌ها نسبت به خاک شاهد و مواد اصلاحی طبیعی در سطح بالاتری قرار گرفته است. روند افزایش تنفس میکروبی در خاک شاهد تا پایان دوره هموار و در پائین‌ترین جایگاه نسبت به سایرین بوده است. با کاهش میزان رطوبت در خاک سرعت تنفس میکروبی در خاک شاهد و دو تیمار کوکوپیت و خاک اره کاهش یافته است. به‌طوری‌که این کاهش در خاک شاهد، کوکوپیت و خاک اره در ماه نخست به ترتیب 71، 65 و 48%، در ماه دوم 74، 32 و 49%، در ماه سوم 73، 81 و 46% و به طور متوسط 61، 72 و 48% بوده است. ولیکن در سوپرجاذب‌ها با کاهش رطوبت سرعت تنفس میکروبی در A200 و سپس A300 به ترتیب در ماه نخست 205 و 193%، ماه دوم 171 و 289%، ماه سوم 157 و 174% و به طور متوسط 179 و 214% افزایش یافت (جدول 4). مقایسه میان مقدار کل تنفس میکروبی

در خاک شاهد در شرایط بدون تنش و تنش رطوبتی نشان می‌دهد با کاهش رطوبت، مقدار کل تنفس میکروبی در خاک شاهد 72%، در تیمار کوکوپیت 61% و در تیمار خاک اره 47% کاهش ولیکن در سوپرجاذب A200 171% و در سوپرجاذب A300 259% افزایش یافته است (جدول 4). بنابراین کاهش رطوبت خاک و به‌دنبال آن تنش خشکی در خاک شاهد و خاک‌های تیمار شده با مواد اصلاحی طبیعی و همچنین افزایش میزان رطوبت خاک به مقدار بالا در خاک‌های تیمار شده با مواد اصلاحی مصنوعی سبب کاهش سرعت و میزان تنفس میکروبی خاک گردید که میزان کاهش به نوع ماده اصلاحی بستگی داشت (جدول 4).



شکل 1- روند تنفس تجمعی میکروبی خاک طی 15 هفته آزمایش در شرایط تنش رطوبتی (■ = 30%) و بدون تنش رطوبتی (♦ =70%) درتیمارهای: A) خاک شاهد، B) کوکوپیت، C) خاک‌اره، D) سوپرجاذبA200 و E) زمان (هفته)
اعداد میانگین (n=4) به همراه SD هستند.



شکل 2- روند تنفس تجمعی میکروبی خاک طی 15 هفته آزمایش در شرایط بدون تنش رطوبتی (A) و تنش رطوبتی (B) در تیمارهای مختلف: خاک شاهد (♦)، کوکوپیت (■)، خاک اره (▲)، سوپرجاذب A200 (o) و سوپرجاذب A300 (×). اعداد میانگین (n=4) به همراه SD هستند

اثر مواد اصلاحی بر تنفس میکروبی در شرایط تنش و بدون تنش رطوبتی

بررسی روند سرعت تنفس میکروبی (جدول 4) نشان می‌دهد بیشترین سرعت تنفس میکروبی در شرایط بدون تنش رطوبتی دوره 30، 60، 90 و متوسط 90 روز در تیمارهای خاک شاهد و کوکوپیت و کمترین آن در دو تیمار سوپرجاذب A300 و A200 مشاهده شد که این تیمارها دارای بیشترین و کمترین میزان کل تنفس میکروبی نیز در خاک بودند. در ماه نخست سرعت تنفس میکروبی در تیمار کوکوپیت نسبت به خاک شاهد، خاک اره و سوپرجاذب‌های A200 و A300 به ترتیب 6، 21، 80 و 75% افزایش، در ماه دوم سرعت تنفس در خاک شاهد نسبت به تیمارهای کوکوپیت، خاک اره A200 و A300 به ترتیب 5، 11، 75 و 66% افزایش، در ماه سوم سرعت تنفس در خاک شاهد و کوکوپیت نسبت به خاک اره و سوپرجاذب A200 و A300 به ترتیب 13، 67 و 65% افزایش و به طور متوسط به ترتیب 14، 75 و 70% افزایش داشته است.

همچنین به‌طور متوسط سرعت تنفس میکروبی در تیمارهای خاک اره و سوپرجاذب‌های A200 و A300 نسبت به خاک شاهد به ترتیب 15، 75 و 69% کاهش داشته است ولیکن این افزایش سرعت در تیمار کوکوپیت معنی‌دار نشد. در شرایط تنش رطوبتی بیشترین سرعت تنفس در سوپرجاذب A300 و سپس A200 و کمترین آن در تیمار کوکوپیت دیده شد که دارای بیشترین و کمترین مقدار کل تنفس میکروبی طی 105 روز آزمایش نیز بودند. سرعت تنفس میکروبی در سوپرجاذب A300 نسبت به خاک شاهد، تیمارهای کوکوپیت، خاک اره و سوپرجاذب A200 به ترتیب در ماه نخست 62، 44 و 17% افزایش، ماه دوم 81، 52، 66 و 48% افزایش، ماه سوم 72، 80، 51 و 14% افزایش و در نهایت به‌طور متوسط 59، 71، 54 و 27% افزایش داشته است. مقایسه میانگین تیمارهای مواد اصلاحی (جدول 4) در شرایط بدون تنش رطوبتی حاکی است که بیشترین مقدار کل تنفس میکروبی در خاک شاهد و کوکوپیت مشاهده شد. میزان کل تنفس میکروبی در این سطح رطوبتی خاک بین بیشترین مقدار در تیمار کوکوپیت و خاک شاهد تا کمترین مقدار در تیمارهای سوپرجاذب‌ها متغیر بوده است. در این شرایط رطوبتی میزان کل تنفس خاک شاهد و تیمار کوکوپیت نسبت به خاک اره، سوپرجاذب A300 و سوپرجاذب A200 به ترتیب 17، 74 و 73% افزایش داشته است. همچنین میزان کل تنفس میکروبی در تیمارهای خاک اره و سوپرجاذب‌های A200 و A300 نسبت به خاک شاهد به ترتیب 16، 74 و 73% کاهش داشته است و این مقدار در خاک شاهد و تیمار کوکوپیت معنی‌دار نبود. در شرایط تنش رطوبتی اثرات مواد اصلاحی کاملاً متفاوت از شرایط بدون تنش بود، به‌طوری‌که بیشترین مقدار کل تنفس میکروبی خاک در تیمار سوپرجاذب A300 و پس از آن در تیمار سوپرجاذب A200 بدست آمد. میزان کل تنفس میکروبی در شرایط تنش بین بیشترین مقدار در تیمار سوپرجاذب A300 و کمترین آن در خاک شاهد متغیر بود. مقدار کل تنفس در تیمار سوپرجاذب A300 نسبت به خاک شاهد، تیمارهای کوکوپیت، خاک اره و سوپرجاذب A200 به ترتیب 71، 59، 54 و 27% افزایش داشته است. همچنین میزان کل تنفس میکروبی در تیمارهای کوکوپیت، خاک اره و سوپرجاذب‌های A200 و A300 نسبت به خاک شاهد به ترتیب 42، 61، 154 و 249% افزایش یافت.

افزایش میزان کل تنفس در کوکوپیت نسبت به خاک اره در شرایط بدون تنش رطوبتی می‌تواند ناشی از پائین بودن نسبت C:N کوکوپیت نسبت به خاک اره باشد (جدول 2). اجوا و طباطبایی (1994) بیان داشتند که افزودن مواد گیاهی با نسبت کربن به نیتروژن بالا باعث کاهش مقدار تنفس میکروبی در خاک می‌شود. این نشان می‌دهد که کربن موجود در کوکوپیت در مقایسه با خاک اره با سهولت بیشتر در اختیار میکروب‌ها قرار گرفته و باعث تحریک تنفس میکروبی در خاک‌های تیمار شده با این ماده گردیده است. بررسی نتایج (جدول 4) نشان می‌دهد که اضافه کردن خاک اره و سوپرجاذب‌ها در شرایط بدون تنش رطوبتی نه‌تنها باعث تحریک و افزایش فعالیت میکروبی نگردیده‌اند، بلکه فعالیت میکروبی خاک را نیز کاهش داده‌اند که این نشان می‌دهد کربن موجود در این سوبستراها به علت مقاومت در برابر تجزیه میکروبی، برای میکروب‌ها به سهولت قابل استفاده نبوده و میکروب‌ها را با محدودیت کربن روبه‌رو می‌سازند. کوکوپیت نیز تحریک فعالیت میکروبی را به همراه نداشت ولی کربن آن به اندازه کربن خاک شاهد برای میکروب‌های خاک قابل جذب بود. در یک مطالعه تانگ‌جو و همکاران (2005) در بررسی مقدار تجزیه مواد آلی مختلف از جمله کوکوپیت بیان کردند از بین مواد اضافه شده به خاک (تفاله نیشکر، کاه برنج و کوکوپیت) سرعت تجزیه و کاهش وزن کوکوپیت کمتر از سایر مواد افزودنی بود و این‌که سرعت کاهش وزن به دمای آزمایش و رطوبت خاک بستگی داشت.

جدول 4- مقایسه میانگین ها (n=4±SD) کل تنفس، سرعت تنفس میکروبی و کربن زیتوده میکروبی در شرایط بدون تنش رطوبتی و تنش رطوبتی بین مواد اصلاحی مختلف

تیمار تنش	ماده اصلاحی	سرعت تنفس میکروبی ($mg\ CO_2\text{-}C\ m^{-2}\ soil\ d^{-1}$)				کل تنفس ($g\ CO_2\text{-}C\ m^{-2}$ soil)	MBC ($mg\ CO_2\text{-}C\ kg^{-1}$ soil)			
		30روز	60 روز	90 روز	متوسط		30	60	90	متوسط
بدون تنش	So	766 ± 8 b	404 ± 3 a	420 ± 7 a	538 ± 11a	51/5 ± 1/2a	316 ± 18b	163 ± 16b	156 ± 9 a	212 ± 6 b
	CO	813 ± 17a	385 ± 6 b	416 ± 14a	530 ± 4 a	52/0 ± 1/6a	653 ± 67a	378 ± 34a	127 ± 11c	386 ± 16a
	SD	641 ± 20c	358 ± 11c	365 ± 12b	454 ± 10b	43/3 ± 0/7b	267 ± 20c	175 ± 19b	141 ± 7 b	194 ± 9 c
	A200	160 ± 41e	103 ± 6 e	136 ± 13c	133 ± 14d	13/3 ± 0/3c	208 ± 14d	76 ± 4 c	42 ± 4 d	109 ± 7 e
	A300	201 ± 18d	138 ± 3d	148 ± 8 c	162 ± 6 c	13/8 ± 0/5c	221 ± 17d	161 ± 13b	139 ± 5 b	174 ± 4 d
	Mean	278 ± 3	516 ± 9	297 ± 3	364 ± 3	34/8 ± 0/7	333 ± 16	191 ± 9	121 ± 4	215 ± 4
وجود تنش	So	222 ± 6 e	104 ± 2e	115 ±13d	208 ± 8 d	14/2 ± 0/3e	115 ± 4 c	71 ± 7 c	71 ± 2 d	86 ± 3 d
	CO	285 ± 11d	260 ± 13c	79 ± 3 e	147 ± 6 e	20/2 ± 2/0d	368 ± 10a	364 ± 35a	111 ± 4 b	281 ± 15a
	SD	331 ± 23c	183 ± 7d	197 ± 2 c	237 ± 10c	22/9 ± 0/9c	389 ± 40a	164 ± 14b	87 ± 4 c	213 ± 11b
	A200	488 ± 31b	279 ± 7b	349 ± 14b	372 ± 12b	36/0 ± 1/7b	88 ± 9 c	32 ± 3 d	25 ± 2 e	48 ± 2 e
	A300	588 ± 18a	537 ± 6a	405 ± 8 a	510 ± 3 a	49/5 ± 0/8a	296 ± 18b	138 ± 11b	136 ± 5 a	190 ± 5 c
	Mean	272 ± 3	383 ± 6	229 ± 2	295 ± 2	28/5 ± 1/0	251 ± 4	154 ± 9	86 ± 2	164 ± 2
$LSD_{0.05}$	(S)	14	5	7	6	0/7	18	12	4	6
	(A)	22	8	11	8	1/2	29	20	6	9
	S×A	32	11	15	14	1/7	41	28	9	13

برای هر تیمار تنش، حروف مختلف در هر ستون نشان دهندهٔ اختل اف معنی‌دار ($P\leq0/05$) بین مواد اصلاحی گوناگون بر اساس آزمون LSD فیشر می‌باشد. کل تنفس، میزان CO_2 تولید شده طی 15 هفته آزمایش و حروف So (خاک شاهد)، CO (کوکوپیت)، SD (خاک اره)، A200 (سوپرجاذب A200)، A300 (سوپرجاذب A300)، S (شرایط تنش رطوبتی) و A (نوع ماده اصلاحی) می‌باشند.

آنها همچنین بیان کردند میان سرعت تجزیه مواد و میزان نیتروژن کل مواد افزودنی رابطه مستقیم وجود دارد. به‌طوری‌که با افزایش میزان نیتروژن مواد و کاهش مقدار کربن بر سرعت تجزیه این مواد افزوده می‌شود. از بین مواد افزودنی کوکوپیت با دارا بودن بالاترین مقدار کربن، نسبت C:N (572) و پائین‌ترین میزان نیتروژن کمترین مقدار تجزیه و کاهش وزن را در طول زمان نشان داد. همچنین به علت مقاومت بالای این ماده در خاک در مقابل تجزیه میکروبی میزان دی‌اکسیدکربن آزاد شده از خاک‌های تیمار شده با این ماده نسبت به سایر تیمارها قابل توجه نبود. در یک بررسی دیگر ساموئل و همکاران (2010) در بررسی اثرات سوبستراهای مختلف بر جمعیت میکروبی خاک نشان دادند که در سوبسترای مورد آزمایش کوکوپیت و خاک اره جمعیت میکروبی خاک شامل باکتری‌های *Bacillus* spp، *Pseudomonas spp* و *Proteus* spp و قارچ‌های *Aspergillus niger* و *Aspergillus fumigatus* در تیمار کوکوپیت بیش از خاک اره بود.

سوپرجاذب‌ها به دلیل میزان آب اضافه شده بیشتر نسبت به خاک شاهد و احتمالاً کاهش تهویه خاک دارای کمترین میزان کل تنفس میکروبی بودند. بررسی مقادیر WFPS% سوپرجاذب‌ها با خاک شاهد در شرایط بدون تنش رطوبتی نشان‌دهنده افزایش WFPS% در خاک‌های تیمار شده با این مواد می‌باشد (جدول 3). به‌طوری‌که میزان WFPS% در خاک شاهد برابر با 56% و در سوپرجاذب‌های A200 و A300 به ترتیب برابر 70 و 72% می‌باشد. این افزایش 20 و 23% در سوپرجاذب‌های A200 و A300 نسبت به خاک شاهد نشان‌دهنده کاهش میزان تهویه خاک می‌باشد (جدول3). بنابراین افزایش میزان کل تنفس میکروبی در شرایط تنش رطوبتی در تیمارهای سوپرجاذب صرفاً به علت حفظ رطوبت بهتر در خاک می‌باشد نه به‌خاطر کربنی که بر اثر افزودن آنها به خاک اضافه می‌شود. به‌طوری‌که میزان WFPS% در A200 و A300 به ترتیب برابر با 30 و 31% بدست آمد که نسبت به خاک شاهد افزایش به ترتیب 20 و 23% داشتند. همین عامل باعث بهبود محتوای رطوبتی خاک، تعدیل بیشتر شرایط تنش و افزایش تنفس میکروبی در خاک‌های تیمار شده با این مواد شده است. رجایی (1386) در بررسی اثرات افزودن سوپرجاذب A200 به دو خاک با بافت متفاوت شنی و رسی بیان کرد با افزودن این سوپرجاذب میزان تنفس در هر دو نوع خاک افزایش می‌یابد. ولیکن افزودن سوپرجاذب‌ها در مقادیر زیاد (سطح 0/5%) به دلیل کاهش میزان اکسیژن خاک و ایجاد ریزمکان‌های بی‌هوازی باعث کاهش میزان تنفس در خاک گردید. با افزودن سوپرجاذب‌ها به خاک از تعداد خلل و فرج درشت نسبت به خلل و فرج ریز کاسته می‌شود. ال-هادی و ابوسدرا (2006) در بررسی‌های خود اعلام کردند افزودن سوپرجاذب‌ها باعث کاهش خلل و فرج درشت و افزایش خلل و فرج ریز و افزایش نسبت خلل و فرج ریز به خلل و فرج درشت در مقایسه با خاک شاهد می‌گردد. سراپاتکا و همکاران (2003) بیان داشتند که با افزودن سوپرجاذب‌ها به خاک میزان تنفس به‌طور قابل ملاحظه‌ای در مقایسه با خاک شاهد افزایش می‌یابد به‌طوری‌که میزان تنفس در خاک‌های حاوی سوپرجاذب 1/6 برابر بیشتر از خاک شاهد بدست آمد.

اثرات تنش خشکی و مواد اصلاحی بر زیتوده میکروبی

بررسی نتایج (جدول 4) نشان می‌دهد که در ماه نخست با کاهش رطوبت مقدار کربن بیوماس میکروبی در تمامی تیمارها به جز سوپرجاذب A300 کاهش یافته است. به‌طوری‌که این میزان در خاک شاهد 64%، در تیمارهای کوکوپیت 44%، خاک اره 64% و سوپرجاذب A200 58% کاهش ولیکن در سوپرجاذب A300 34% افزایش داشت. در ماه دوم و سوم با کاهش رطوبت، کربن زیتوده میکروبی در تمامی تیمارها کاهش نشان داد ولی میزان کاهش به نوع ماده اصلاحی بستگی داشت. به-طوری‌که در ماه دوم میزان کاهش MBC در خاک شاهد، کوکوپیت، خاک اره و سوپرجاذب‌های A200 و A300 به ترتیب 56، 4، 6، 58 و 14% و در ماه سوم 54، 13، 46، 40 و 2% بود. به‌طور متوسط تأثیرات کاهش رطوبت بر خاک شاهد و سه تیمار کوکوپیت، خاک اره و سوپرجاذب A200 یکسان بوده و با کاهش رطوبت میزان کربن بیوماس میکروبی نیز در آنها به ترتیب 59، 10، 15 و 56% کاهش ولیکن در سوپرجاذب A300 روند متفاوت و با کاهش رطوبت میزان کربن بیوماس میکروبی در شرایط بدون تنش نسبت به شرایط تنش رطوبتی 9% افزایش یافته است. کاهش MBC در خاک شاهد بیش از خاک-های تیمار شده با مواد اصلاحی طبیعی و مصنوعی بود.

بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که کاهش رطوبت و وجود تنش در خاک بر کربن بیوماس میکروبی تأثیرگذار می‌باشد. مواد اصلاحی با افزایش قابلیت نگهداری آب در خاک باعث تعدیل شرایط تنش رطوبتی در خاک شده و میزان کربن بیوماس میکروبی در شرایط تنش را افزایش داده‌اند. از بین مواد اصلاحی ابتدا خاک اره با کمترین افزایش بین شرایط تنش و بدون تنش رطوبتی و سپس کوکوپیت بیشترین تأثیر را بر میزان کربن

بیوماس میکروبی و تعدیل شرایط تنش رطوبتی در خاک داشته‌اند.

نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول 4) نشان می‌دهد در شرایط بدون تنش رطوبتی در ماه اول بیشترین مقدار MBC در کوکوپیت و کمترین آن در سوپرجاذب‌های A300 و A200 مشاهده گردید. در ماه دوم بیشترین مقدار همواره در کوکوپیت و کمترین آن تنها در A200 مشاهده شد. با وجود این، در ماه سوم بیشترین مقدار در خاک شاهد و کمترین آن در A200 اندازه‌گیری گردید. به‌طور متوسط MBC در کوکوپیت حداکثر و در سوپرجاذب A200 حداقل بود. مقدار MBC در کوکوپیت، خاک اره، A200 و A300 نسبت به خاک شاهد به ترتیب 82% افزایش، 8%، 49% و 18% کاهش نشان داد. در شرایط تنش در ماه اول بیشترین مقدار MBC در خاک اره و کوکوپیت و کمترین آن در خاک شاهد و سپس سوپرجاذب A200 بوده است. در ماه دوم بیشترین مقدار در کوکوپیت و کمترین مقدار در A200 بود. در دوره سه ماهه بیشترین مقدار در A300 و کمترین مقدار در A200 مشاهده شد. با توجه به نتایج میانگین سه دوره به‌طور متوسط بیشترین مقدار MBC در کوکوپیت و کمترین مقدار در A200 بدست آمد. مقدار MBC در تیمارهای مواد اصلاحی طبیعی و مصنوعی نسبت به خاک شاهد در کوکوپیت 227%، خاک اره 148%، سوپرجاذب A300 121% افزایش و تنها در سوپرجاذب A200 44% کاهش نشان داد.

بیشترین مقدار MBC در کوکوپیت در شرایط بدون تنش رطوبتی حاکی از این است که بخشی از کربن کوکوپیت سهل الوصول بوده و ریزجانداران خاک به راحتی قادر به استفاده و جذب آن می‌باشند که بر اساس پائین بودن نسبت کربن به نیتروژن این ماده در مقایسه با خاک اره این نتیجه دور از انتظار نیست. اثر مواد اصلاحی بر MBC خاک در شرایط تنش رطوبتی به زمان بستگی دارد که می‌تواند ناشی از تغییرات عمومی در کیفیت مواد اصلاحی طی فرآیند تجزیه میکروبی آنها باشد. کمترین مقدار زیتوده میکروبی در شرایط بدون تنش مربوط به سوپرجاذب‌ها بوده است. دلیل این می‌تواند میزان پائین کربن و نیتروژن و همچنین پایداری بالای این مواد در مقابل تجزیه میکروبی در خاک و محدود کردن فعالیت ریزجانداران خاک در دسترسی آنها به کربن نسبت به مواد اصلاحی طبیعی باشد.

همچنین افزودن سوپرجاذب‌ها به خاک علاوه بر اثرات مثبت آنان در افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک باعث تشکیل خاکدانه‌های پایدار می‌گردد. با افزایش پایداری خاکدانه‌ها، حفاظت از مواد آلی موجود در خاک از طریق محبوس شدن این مواد در سطوح داخلی خاکدانه‌ها، باعث کاهش اثرات تجزیه میکروبی و آنزیم‌ها بر آنان می‌شود. با کاهش تجزیه مواد آلی از فعالیت و تشکیل بیوماس میکروبی نیز کاسته می‌شود (بیدیشا و همکاران 2010). همچنین در شرایط بدون تنش افزودن مقادیر بالاتر آب به خاک‌های تیمار شده با این مواد نسبت به خاک شاهد باعث به وجود آمدن شرایط تقریباً بی-هوازی در خاک شده است. این باعث به‌وجود آمدن شرایط بی‌هوازی در خاک و کاهش تنفس میکروبی و همچنین بیوماس میکروبی در این تیمارها شده است. با افزایش میزان رطوبت و کاهش اکسیژن در خاک از فعالیت باکتری‌های هوازی کاسته شده و همزمان بر فعالیت باکتری‌های بی‌هوازی افزوده می‌شود که این باعث کاهش فعالیت باکتری‌های هوازی در خاک و کاهش بیوماس می‌گردد (سویاما و همکاران 2001). در شرایط تنش در ماه نخست بالاترین مقدار MBC مربوط به دو کوکوپیت و خاک اره بوده است که دلیل آن مورد استفاده قرار گرفتن کربن سهل الوصول موجود در آنها توسط ریزجانداران خاک می‌باشد. ولیکن در ماه دوم رتبه نخست تنها به کوکوپیت اختصاص داشت زیرا نسبت C:N=98 در تیمار کوکوپیت نسبت به همین نسبت در خاک اره C:N=375 بسیار پائین‌تر است و این نشان دهنده وجود ترکیبات پیچیده کربن در خاک اره می-باشد که برای تجزیه به مدت زمان زیادتری نیاز دارند و همین باعث کاهش مقدار MBC در خاک‌های تیمار شده با این مواد می‌شود.

در شرایط تنش رطوبتی به علت بالاتر بودن میزان آب اضافه شده به تیمارهای کوکوپیت، خاک اره و سوپرجاذب A300 مقدار رطوبت موجود در خاک نسبت به خاک شاهد افزایش یافته و همین بهبود شرایط رطوبتی باعث تعدیل شرایط تنش خشکی در خاک شده و میزان MBC در آنها نسبت به خاک شاهد بالاتر شد. در ماه سوم برخلاف انتظار میزان MBC در تیمار سوپرجاذب A300 نسبت به سایر تیمارها حتی کوکوپیت افزایش بیشتری داشت که می‌توان این افزایش را ناشی از اتمام کربن سهل الوصول در کوکوپیت و همچنین بالاتر بودن میزان رطوبت در تیمار سوپرجاذب نسبت به تیمار کوکوپیت دانست. در نهایت و در پایان دوره 90 روز، بالاترین مقدار MBC مربوط به کوکوپیت به دلیل کربن قابل استفاده بالا نسبت به سایر تیمارها و میزان رطوبت بیشتر نسبت به خاک شاهد در آن بوده است. در تمام طول آزمایش به جز ماه اول کمترین میزان MBC مربوط به سوپرجاذب A200 بوده است که در ماه نخست با خاک شاهد تفاوت معنی-

داری نداشت. دلیل کاهش میزان MBC در این تیمار میزان بسیار پائین کربن قابل استفاده در این مواد (زمان ماندگاری این مواد در خاک بالا بوده و به سهولت توسط ریزجانداران تجزیه نمی‌شوند) و همچنین میزان رطوبت کمتر نسبت به سوپرجاذب A300 می‌باشد.

آروناچالام و آروناچالام (2000) در بررسی‌های خود دریافتند با افزایش رطوبت در خاک میزان بیوماس میکروبی افزایش می‌یابد. بیشترین مقدار MBC در آزمایش آنها در نمونه‌های خاک با بالاترین مقدار رطوبت بدست آمد. سوجکا و همکاران (2006) در آزمایشی اثرات افزودن مقادیر بالای سوپرجاذب پلی‌اکریل‌آمید بر فعالیت‌های میکروبی خاک را بررسی و اعلام کردند که افزودن این مواد در مقادیر بالا باعث کاهش بیوماس قارچی، باکتریایی و کل بیوماس میکروبی خاک شده است. به‌طوری‌که میزان بیوماس باکتریایی در خاک شاهد 30-20%، بیوماس قارچی 50-30% و کل بیوماس میکروبی 48-27% بیش از خاک‌های تیمار شده با سوپرجاذب بوده است.

نتیجه‌گیری نهایی

با توجه به نتایج بدست آمده از این پژوهش می‌توان گفت، استفاده از مواد نگهدارنده رطوبت در خاک اثرات ناشی از تنش‌های رطوبتی بر میکروب‌های خاک را کاهش می‌دهد. استفاده از این مواد در سطوح رطوبتی بالا (70% رطوبت ظرفیت مزرعه‌ای) به علت وجود آب زیاد و به وجود آوردن شرایط نسبتاً بی‌هوازی در خاک باعث کاهش میزان تنفس میکروب‌های خاک می‌گردد. به‌طوری‌که در تنفس خاک بیان شد تنفس میکروبی در دو تیمار سوپرجاذب که دارای بیشترین مقدار جذب آب بودند در شرایط بدون تنش باعث کاهش میزان تنفس میکروبی نسبت به خاک شاهد شد، درصورتی‌که در شرایط تنش میزان تنفس در دو تیمارسوپرجاذب بیش از سایرین بوده و حتی در A300 با وجود تنش رطوبتی با توجه با قدرت جذب آب بالای این ماده میزان تنفس تقریباً نزدیک به میزان تنفس در شرایط بدون تنش خاک شاهد شد.

سپاسگذاری

از دانشگاه شهرکرد به خاطر حمایت‌های مالی این تحقیق قدردانی و تشکر می‌شود.

فهرست منابع:

1. رجایی ف، 1386. نقش سوپر جاذب طراوت در کاهش تنش‌های رطوبتی و اثر آن بر فعالیت‌های میکروبی خاک‌های شنی و رسی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد.
2. غازان شاهی ج، 1376. آنالیز خاک و گیاه. انتشارات مترجم.
3. Abd El-Rehim H.A, 2006. Characterization and possible agricultural application of polyacrylamide/sodium alginate crosslinked hydrogels prepared by ionizing radiation. J Appl Polym Sci 101:3572-3580.
4. Ajwa H.A and Tabatabai M.A, 1994. Decomposition of different organic materials in soil Bio Ferti Soil 18:175-182.
5. Alef K and Nannipieri P, 1995 Methods in applied soil microbiology and biochemistry. Academic Press, London, UK.
6. Anderson J.P.E, 1982. Soil respiration.P p. 831- 871. In: Miller R.H and Keeney D.R (eds). Methods of soil analysis part 2. Chemical and microbiological properties. The American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin,
7. Arunachalam A and Arunachalam K, 2000. Influence of gap size and soil properties on microbial biomass in a subtropical humid forest of north-east India. Plan Soil 223:185-193.
8. Austin A.T, ahdjian L.Y, Stark J.M, Belnap J, Porporato A, Norton U, Ravetta D.A and Schaeffer S.M, 2004. Water pulses and biogeochemical cycles in arid and semiarid ecosystems. Oecol 141:221-235.
9. Bidisa M, Joerg R and Yakov K, 2010. Effects of aggregation processes on distribution of aggregate size fractions and organic C content of a long-term fertilized soil. Eur J Soil Biol 46:365-370.

10. Das P, Pal R and Chowdhury A, 2007. Effect of novaluron on microbial biomass, respiration, and fluorescein diacetate-hydrolyzing activity in tropical soils. Biol Ferti Soils 44:387–391.
11. El-Hady O.A and Abo-Sedera S.A, 2006. Conditioning effect of composts and acrylamide hydrogels on a sandy calcareous soil. II-physico-bio-chemical properties of the soil. Int J Agri Biol 8:876-884.
12. Giri B, Huong-Giang P, Kumari R, Prasad R and Varma A, 2005. Microbial diversity in soils. Pp. 19-48. In: Buscot F and Varma A (eds). Microorganisms in soil: Roles in genesis and functions. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, Germany.
13. Jenkinson D.S and Ladd J.N, 1981. Microbial biomass in soil:Measurment and turnover.P p.415-471. In: Paul E.A and Ladd J.N (eds). Soil Biochemistry, New York, USA.
14. Kay-Shoemake J.L, Watwood M.E, Lentz R.D and Sojka R.E, 1998. Polyacrylamide as an organic nitrogen source for soil microorganisms with potential effects on inorganic soil nitrogen in agricultural soil. Soil Biol Bioche 30:1045-1052.
15. Keith H, Jacobsen K.L and Raison R.J, 1997. Effects of soil phosphorus availability, temperature and moisture on soil respiration in Eucalyptus pauciflora forest. Plan Soil 190:127-141.
16. Killham K, 1994. Soil ecology. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
17. Klute A, 1982. Soil pH and lime requirement.P p. 199-224. In: Mclean E.O (eds). Methods of soil analysis part 2. Chemical and microbiological properties. The American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin.
18. Kohls S.J, Baker D.D, Kremner D.A and Dawson J.O, 1999. Water retentive polymers increase nodulation of actinorhizal plants inculated with Frankia. Plan Soil 214: 105-115.
19. Linn D.M and Doran J.W, 1984. Effect of water-filled pore space on carbon dioxide and nitrous oxide production in tilled and nontilled soils. Soil Sci Socie Ame J 48:1267-1272.
20. Nelson B.W and Sommers L.E, 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. Pp. 539-577. In: Page A.L, Miller R.H and Keeney D.R (eds). Methods of soil analysis part 2. Chemical and microbiological properties. The American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin.
21. Nie H, Liu M, Zhan F and Guo M, 2004. Factors on the preparation of carboxymethylcellulose hydrogel and its degradation behavior in soil. Carbohy. Polm 58:185-189.
22. Olsen S.R and Sammers L.E, 1982. Phosphrous.P p. 403-427. In: Page A.L, Miller R.H and Keeney D.R (eds). Methods of soil analysis part 2. Chemical and microbiological properties. The American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin.
23. Paul E.A, Harris D.J, Klug M and Ruess W.R, 1999. The determination of microbial biomass. Pp. 291-292. In: Robertson G.P, Coleman D.C, Bledsoe C.S and Sollins P (eds). Standard soil methods for long term ecological research. Oxford University Press, London. UK.
24. Paul E.A, 2007. Soil microbiology, ecology and biochemistry: (3rd ed.). Academic Press, London, UK.
25. Raiesi F, 2004. Soil properties and N application effects on microbial activities in two winter wheat cropping systems. Biol Ferti Soils 40:88-92.
26. Rhoades J.D, 1982. Soluble salts. Pp. 167-178. In: Page A.L, Miller R.H and Keeney D.R (eds). Methods of soil analysis part 2. Chemical and microbiological properties. The American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin.
27. Sarapatca B, Rak L and Bubenikova I, 2003. Effects of hydroabsorbent used on extremely sandy soils on soil biological and biochemical characteristics. www.bodenkunde2.uni-freiburg.

28. Samuel S, Muthukkaruppan S.M, Gayathri Shanbhag N and Senthil Kumar P.K, 2010. Cellulase production by Bacillus spp and Aspergillus niger using coir waste and saw dust and partial purification. Int J Curr Res 10:031-034.
29. Sivapalan, S. 2006. Some benefits of treating a sandy soil with a cross-linked type polyacrylamide. Aust J Exp Agric 45:1-25.
30. Sojka R.E, Entry J.A and Fuhrmann J.J, 2006. The influence of high application rates of polyacrylamide on microbial metabolic potential in an agricultural soil. Appl Soil Ecol 32:243–252.
31. Suyama K, Okamoto Y, Itoh K, Itamochi M, Kagwa Y, Fujii K, Kumagai S, Koga N, Kajihara S, Ikushima T, Miyamoto H, AokiKojima M.A and Yamamoto H, 2001. Natural fluctuation of microbial biomass and population in rice paddy siols as a basis for assessing the side-effect of pesticides on soil ecosystem. J Pest Sci 26:127-135.
32. Tongjoo C, Miyagawa S and Kawakubo N, 2005. Effects of soil moisture and temperature on decomposition rates of some waste materials from agriculture and agro-industry. Plant Prod Sci 8:475-481.
33. Williams M.A and Rice C.W, 2007. Seven years of enhanced water availability influences the physiological, structural, and functional attributes of a soil microbial community. Appl Soil Ecol 35:535–545.
34. Yangyuoru M, Boateng E, Adiku S.G.K, Acquah D, Adjadeh T.A and Mawunya F, 2006. Effects of natural and synthetic soil conditioners on soil moisture retention and maize yield. West Africa J Appl Ecol 9:1-8.