

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

راضیه رضائی<sup>1</sup> 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 رطوبت‌های 30% 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 خاک‌اره کاهش (72-49%) ولی در دو تیمار سوپرجاذب افزایش (188-221%) و کربن زیتوده میکروبی در تمامی تیمارها کاهش (59-10%) 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.

<sup>1</sup> نویسنده مسئول، آدرس: اصفهان - خمینی شهر - خیابان 89 - کوی شهید جعفریان - پلاک 2

## مقدمه

کوهلس و همکاران (1999). سوپر جاذب‌ها 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 غیر یونی 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 (سیوایلان 2006، یانگی یورو و همکاران 2006) و از این-رو فعالیت‌های میکروبی خاک را تحریک و بهبود می‌بخشند (گیری و همکاران 2005). با این حال اهمیت نسبی این مواد بر فعالیت‌های میکروبی خاک مورد مطالعه دقیق قرار نگرفته است.

نظر به این که سطح وسیعی از کشور را مناطق خشک و نیمه خشک و کویری فراگرفته است و با توجه به اقلیم خشک و بروز خشک‌سالی‌های اخیر اهمیت آب به عنوان یک نهاد 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 سوپر جاذب‌ها 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 2×5 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 (سوپر جاذب‌های A200 و A300) به عنوان فاکتور اول و 2) دو سطح رطوبتی 30% ظرفیت مزرع‌ای (شرایط تنش رطوبتی) و 70% ظرفیت مزرع‌ای (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 0-30 سانتی‌متری سطح خاک نمونه برداری صورت گرفت. پس از کوبیدن خاک با چکش

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 به‌شمار می‌آیند، و به عوامل محیطی از جمله دما و رطوبت محیط وابسته می‌باشند که هر کدام به طور مستقیم و یا غیرمستقیم بر این فرآیندهای مهم متابولیسی خاک مؤثر می‌باشند و مهمتر این که 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 دی‌اکسید کربن 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 قرارداد (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 سوپر جاذب به علت تغییر در ظرفیت نگهداری آب در خاک، 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).

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 کج‌دال (غازان شاهی 1376) و کربنات کلسیم معادل خاک به روش تیتراسیون (کلوت 1982) اندازه‌گیری شدند (جدول 1).

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

جدول 1- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش.

ویژگی	واحد	مقدار
بافت	-	رسی سیلتی
جرم مخصوص ظاهری	g/cm <sup>3</sup>	1/20
رطوبت ظرفیت مزرعه‌ای (FC)	%	31/3
pH (عصاره 1:5)	-	7/70
قابلیت هدایت الکتریکی (عصاره اشباع)	ds/m <sup>2</sup>	0/49
کربنات کلسیم معادل	%	40
کربن آلی (C <sub>org</sub> )	%	0/605
نیتروژن کل (N <sub>i</sub> )	%	0/056
C:N	-	10/8
آمونیم اولیه (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N)	μg/kg	0/04
نترات اولیه (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -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		
		خاک‌اره	A200	A300
کربن آلی (C <sub>org</sub> )	%	53/8	19/3	11/9
نیتروژن کل (N <sub>i</sub> )	%	0/55	9/70	9/60
C:N	-	981/24	1/98	1/24
جذب آب	%	126124650	20930	24650

رسیدن به سطوح رطوبتی مورد نظر اضافه گردید (جدول 3). سپس میزان درصد خلخل و فرج مملو از آب (%WFPS) خاک به علاوه مواد اصلاحی مصنوعی و طبیعی با استفاده از روش زیر محاسبه گردید (پاول 2007):

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

که در آن:

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

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 به صورت 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

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	درصد رطوبت		آب اضافه شده به 3 کیلوگرم خاک (ml)		WFPS%		FC	
	%70FC	%30FC	%70FC	%30FC	%70FC	%30FC		
خاک شاهد	21/9	9/40	2/32	281	48	21	31/3	
کوکوپیت	28/3	12/1	2/33	363	63	27	40/5	
خاک اره	26/5	11/3	2/34	339	59	25	37/8	
سوپرجاذب A200	31/5	13/5	2/33	405	70	30	45/0	
سوپرجاذب A300	32/8	14/0	2/34	420	72	31	46/8	

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. به طوری که 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

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 نرم‌افزار SigmaStat 3.5 برآزش 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

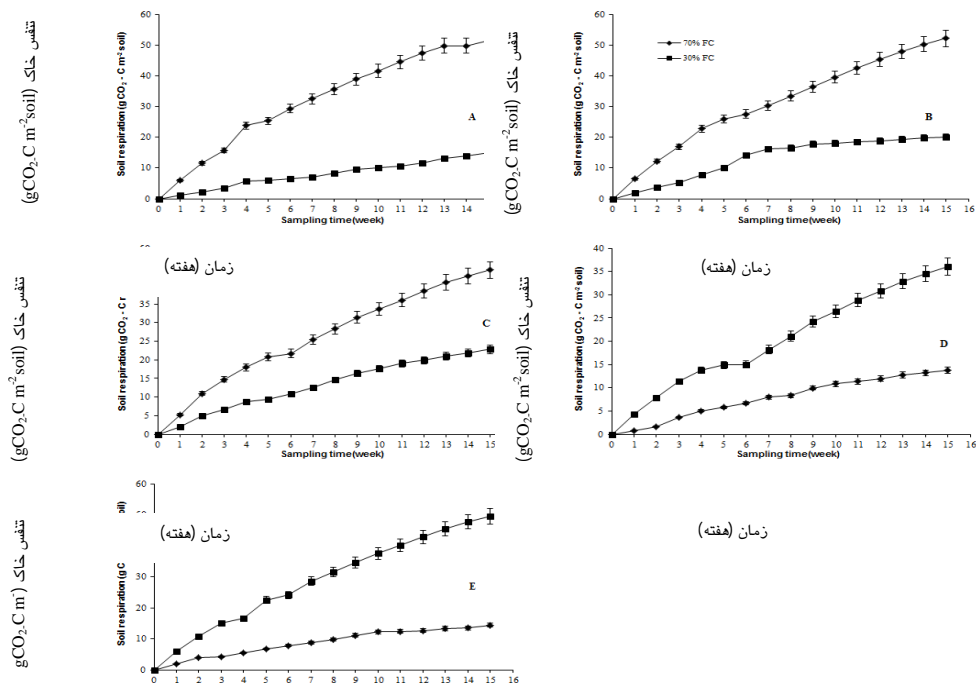
#### اثر تنش خشکی بر تنفس میکروبی در خاک‌های تیمار شده با مواد اصلاحی

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.

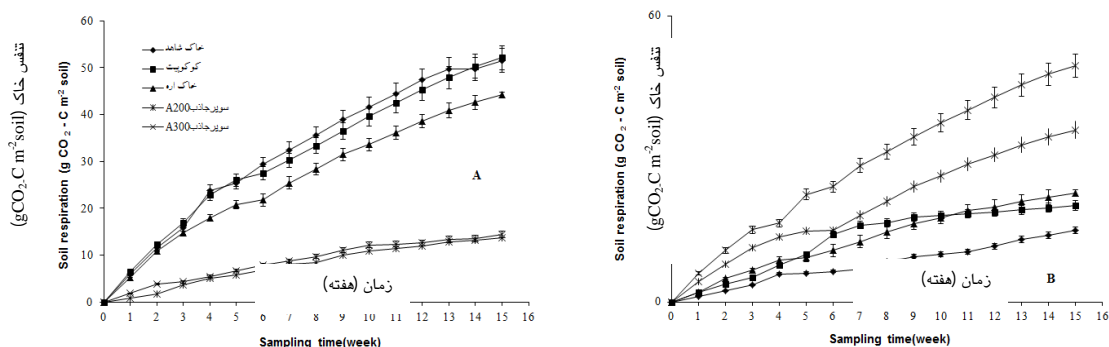
در تیمارهای سوپرجاذب A200 (D) و A300 (E) روند تنفس میکروبی در دو شرایط بدون تنش رطوبتی و تنش رطوبتی کاملاً متفاوت از سایر تیمارها بود (شکل 1)

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).

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 کوکویت 61% و در تیمار خاک اره 47% کاهش ولیکن در سوپرچاذب A200 171% و در سوپرچاذب A300 259% افزایش یافته است (جدول 4). بنابراین کاهش رطوبت خاک و به دنبال آن تنش خشکی در خاک شاهد و خاک‌های تیمار شده با مواد



شکل 1- روند تنفس تجمعی میکروبی خاک طی 15 هفته آزمایش در شرایط تنش رطوبتی (30% = ■) و بدون تنش رطوبتی (70% = ♦) در تیمارهای: (A) خاک شاهد، (B) کوکویت، (C) خاک اره، (D) سوپرچاذب A200 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 (♦)، کوکویت (■)، خاک اره (▲)، سوپرچاذب A200 (○) و سوپرچاذب A300 (x). 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 کوکویت و کمترین آن در دو تیمار سوپر جاذب 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 کوکویت نسبت به خاک شاهد، خاک اره و سوپر جاذب‌های A200 و A300 به ترتیب 6، 21، 80 و 75٪ افزایش، در ماه دوم سرعت تنفس در خاک شاهد نسبت به تیمارهای کوکویت، خاک اره A200 و A300 به ترتیب 5، 11، 75 و 66٪ افزایش، در ماه سوم سرعت تنفس در خاک شاهد و کوکویت نسبت به خاک اره و سوپر جاذب A200 و A300 به ترتیب 13، 67 و 65٪ افزایش و به طور متوسط به ترتیب 14، 75 و 70٪ افزایش داشته است.

همچنین به طور متوسط سرعت تنفس میکروبی در تیمارهای خاک اره و سوپر جاذب‌های A200 و A300 نسبت به خاک شاهد به ترتیب 15، 75 و 69٪ کاهش داشته است ولیکن این افزایش سرعت در تیمار کوکویت معنی‌دار نشد. در شرایط تنش رطوبتی بیشترین سرعت تنفس در سوپر جاذب A300 و سپس A200 و کمترین آن در تیمار کوکویت دیده شد که دارای بیشترین و کمترین مقدار کل تنفس میکروبی طی 105 روز آزمایش نیز بودند. سرعت تنفس میکروبی در سوپر جاذب A300 نسبت به خاک شاهد، تیمارهای کوکویت، خاک اره و سوپر جاذب A200 به ترتیب در ماه نخست 62، 44 و 17٪ افزایش، ماه دوم 81، 52، 66 و 48٪ افزایش، ماه سوم 80، 72، 51 و 14٪ افزایش و در نهایت به طور 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 کوکویت مشاهده شد. میزان کل تنفس میکروبی در این سطح رطوبتی خاک بین بیشترین مقدار در تیمار کوکویت و خاک شاهد تا کمترین مقدار در تیمار سوپر جاذب‌ها متغیر بوده است. در این شرایط رطوبتی میزان کل تنفس خاک شاهد و تیمار کوکویت نسبت به خاک اره، سوپر جاذب A300 و سوپر جاذب A200 به ترتیب 17، 74 و 73٪ افزایش داشته است. همچنین میزان کل تنفس میکروبی در تیمارهای خاک اره و سوپر جاذب‌های A200 و A300 نسبت به خاک شاهد به ترتیب 16،

74 و 73٪ کاهش داشته است و این مقدار در خاک شاهد و تیمار کوکویت معنی‌دار نبود. در شرایط تنش رطوبتی اثرات مواد اصلاحی کاملاً متفاوت از شرایط بدون تنش بود، به طوری که بیشترین مقدار کل تنفس میکروبی خاک در تیمار سوپر جاذب A300 و پس از آن در تیمار سوپر جاذب A200 بدست آمد. میزان کل تنفس میکروبی در شرایط تنش بین بیشترین مقدار در تیمار سوپر جاذب A300 و کمترین آن در خاک شاهد متغیر بود. مقدار کل تنفس در تیمار سوپر جاذب A300 نسبت به خاک شاهد، تیمارهای کوکویت، خاک اره و سوپر جاذب A200 به ترتیب 71، 59، 54 و 27٪ افزایش داشته است. همچنین میزان کل تنفس میکروبی در تیمارهای کوکویت، خاک اره و سوپر جاذب‌های A200 و A300 نسبت به خاک شاهد به ترتیب 42، 61، 154 و 249٪ افزایش یافت.

افزایش میزان کل تنفس در کوکویت نسبت به خاک اره در شرایط بدون تنش رطوبتی می‌تواند ناشی از پائین بودن نسبت C:N کوکویت 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 کوکویت 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 سوپر جاذب‌ها در شرایط بدون تنش رطوبتی نه تنها 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. کوکویت 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 کوکویت بیان کردند از بین مواد اضافه شده به خاک (تفاله نیشکر، کاه برنج و کوکویت) سرعت تجزیه و کاهش وزن کوکویت کمتر از سایر مواد افزودنی بود و این که سرعت کاهش وزن به دمای آزمایش و رطوبت خاک بستگی داشت.

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

برای هر تیمار تنش، حروف مختلف در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی‌دار (P≤0/05) بین مواد اصلاحی گوناگون بر اساس آزمون LSD فیشر می‌باشد. کل تنفس، میزان CO<sub>2</sub> 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.

ریزمکان‌های بی‌هوایی باعث کاهش میزان تنفس در خاک گردید. با افزودن سوپر جاذب‌ها 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 سوپر جاذب‌ها 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 سوپر جاذب‌ها به خاک میزان تنفس به‌طور قابل ملاحظه‌ای در مقایسه با خاک شاهد افزایش می‌یابد به‌طوری‌که میزان تنفس در خاک‌های حاوی سوپر جاذب 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 سوپر جاذب A300 کاهش یافته است. به‌طوری‌که این میزان در خاک شاهد 64%، در تیمارهای کوکوپیت 44%، خاک اره 64% و سوپر جاذب A200 58% کاهش ولیکن در سوپر جاذب 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. به‌طوری‌که در ماه دوم میزان کاهش MBC در خاک شاهد، کوکوپیت، خاک اره و سوپر جاذب‌های 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 سوپر جاذب A200 یکسان بوده و با کاهش رطوبت میزان کربن بیوماس میکروبی نیز در آنها به ترتیب 59، 10، 15 و 56% کاهش ولیکن در سوپر جاذب 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 خاک‌های 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

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 دی‌اکسید کربن آزاد شده از خاک‌های تیمار شده با این ماده نسبت به سایر تیمارها قابل توجه نبود. در یک بررسی دیگر سامونل 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 *Pseudomonas*، *Bacillus* spp و *Aspergillus niger* spp و قارچ‌های *Proteus* spp و *Aspergillus fumigatus* در تیمار کوکوپیت بیش از خاک اره بود.

سوپر جاذب‌ها 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% سوپر جاذب‌ها 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 سوپر جاذب‌های A200 و A300 به ترتیب برابر 70 و 72% می‌باشد. این افزایش 20 و 23% در سوپر جاذب‌های A200 و A300 نسبت به خاک شاهد نشان‌دهنده کاهش میزان تهویه خاک می‌باشد (جدول 3). بنابراین افزایش میزان کل تنفس میکروبی در شرایط تنش رطوبتی در تیمارهای سوپر جاذب 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 سوپر جاذب A200 به دو خاک با بافت متفاوت شنی ورسی بیان کرد با افزودن این سوپر جاذب میزان تنفس در هر دو نوع خاک افزایش می‌یابد. ولیکن افزودن سوپر جاذب‌ها در مقادیر زیاد (سطح 5/0%) به دلیل کاهش میزان اکسیژن خاک و ایجاد



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 سوپرچاذب‌های A200 و A300 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 سوپرچاذب A200 حداقل بود. مقدار MBC در کوکوپیت، خاک اره، A200 و A300 نسبت به خاک شاهد به ترتیب 82%، 49%، 8% 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 سوپرچاذب 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%، سوپرچاذب A300 121% افزایش و تنها در سوپرچاذب 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 سوپرچاذب‌ها 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 سوپرچاذب‌ها 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 می‌باشد 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 سوپرچاذب 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 سوپرچاذب 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 سوپرچاذب 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 سوپرچاذب A200 بوده است که در ماه نخست با خاک شاهد تفاوت معنی-

### نتیجه گیری نهایی

با توجه به نتایج بدست آمده از این پژوهش می توان گفت، استفاده از مواد نگهدارنده رطوبت در خاک اثرات ناشی از تنش های رطوبتی بر میکروبی های خاک را کاهش می دهد. استفاده از این مواد در سطوح رطوبتی بالا (70% رطوبت ظرفیت مزرعه ای) به علت وجود آب زیاد و به وجود آوردن شرایط نسبتاً بی هوایی در خاک باعث کاهش میزان تنفس میکروبی های خاک می گردد. به طوری - که در تنفس خاک بیان شد تنفس میکروبی در دو تیمار سوپر جاذب که دارای بیشترین مقدار جذب آب بودند در شرایط بدون تنش باعث کاهش میزان تنفس میکروبی نسبت به خاک شاهد شد، در صورتی که در شرایط تنش میزان تنفس در دو تیمار سوپر جاذب 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 حمایت های مالی این تحقیق قدردانی و تشکر می شود.

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 نمی شوند) و همچنین میزان رطوبت کمتر نسبت به سوپر جاذب A300 می باشد.

آروناچالام و آروناچالام (2000) در بررسی های خود دریافتند با افزایش رطوبت در خاک میزان بیوماس میکروبی افزایش می یابد. بیشترین مقدار MBC در آزمایش آنها در نمونه های خاک با بالاترین مقدار رطوبت بدست آمد. سوچکا و همکاران (2006) در آزمایشی اثرات افزودن مقادیر بالای سوپر جاذب پلی اکریل آمید بر فعالیت های 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. به طوری که میزان بیوماس باکتریایی در خاک شاهد 20-30% بیوماس قارچی 30-50% و کل بیوماس میکروبی 27-48% بیش از خاک های تیمار شده با سوپر جاذب بوده است.

### فهرست منابع:

1. رجایی ف، 1386. نقش سوپر جاذب طراوت در کاهش تنش های رطوبتی و اثر آن بر فعالیت های میکروبی خاک های شنی و رسی. پایان نامه 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: Measurement 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 inoculated 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. Phosphorous. 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](http://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 soils 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.