علـوم محـیـطی سال پنجم، شماره سوم، بـهار ۱۳۸۷
ENVIRONMENTAL SCIENCES Vol.5, No.3 , Spring 2008
۵۳-٦٤

بررسی اثر فعالیت‌های کشاورزی بر جمعیت نماتدها و باکتری‌های خاکزی مزارع گندم استان خراسان

علیرضاخداشناس*، علیرضا کوچکی، پرویز رضوانی مقدم، امیر لکزیان

گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی ، دانشگاه فردوسی مشهد

چکیده

نماتدها و باکتری‌های خاکزی نقش مهمی در کارکرد خاک ایفا می‌کنند و به همین جهت اهمیت ویژه‌ای در کشاورزی دارند. برای ارزیابی اثر فعالیت‌های کشاورزی در بوم نظام اصلی کشاورزی استان خراسان بر نماتدها و باکتری‌های خاکزی، مطالعه‌ای در سه منطقه شیروان، مشهد و گناباد انجام شد. مزارع گندم کم نهاده و پرنهاده به‌عنوان سیستم‌های کشاورزی همراه با سیستم طبیعی هر منطقه جهت انجام مطالعه مد نظر قرار گرفتند. مصرف نهاده‌های کشاورزی ملاک انتخاب مزارع بود، به‌طوریکه مزارع گندم کم نهاده و پر نهاده در هر منطقه، به ترتیب بر اساس کمترین و بیشترین مقدار مصرف نهاده‌ها انتخاب شدند. نمونه برداری خاک در هر یک از مزارع پرنهاده، کم نهاده و نیز سیستم طبیعی انجام گرفت و درصد مواد آلی، تعداد نماتد و تعداد باکتری قابل کشت خاک تعیین گردید. درصد مواد آلی خاک در همه مناطق و سیستم‌های مورد مطالعه پائین بود ولی تحت اثر فعالیت‌های کشاورزی افزایش نشان داد. تعداد نماتدها تحت تأثیر مواد آلی و رطوبت خاک و نیز میانگین حرارتی سالیانه بوده و در سیستم‌های کشاورزی برتری قابل توجهی نسبت به سیستم طبیعی در هر منطقه داشت. میانگین تعداد نماتدها در ۱۰۰ گرم خاک خشک در سیستم‌های طبیعی شیروان، مشهد و گناباد به ترتیب ۱۶۶، ۱۸۴ و ۱۳۲، در سیستم‌های کم نهاده شیروان، مشهد و گناباد به ترتیب ۵۵۰، ۴۵۹ و ۱۰۶۷ و در سیستم های پرنهاده شیروان، مشهد و گناباد به ترتیب ۳۴۸، ۱۰۸۴ و ۴۸۵ بود. فعالیت‌های کشاورزی در مزارع گندم بر باکتری‌های خاکزی تأثیر منفی نداشته و در بعضی از مناطق تعداد باکتری‌های قابل کشت خاکزی در سیستم‌های کشاورزی نسبت به سیستم طبیعی برتری معنی داری داشت. نتایج حاصله نشان داد که در حال حاضر فعالیت‌های کشاورزی در مناطق مورد مطالعه، باعث بهبود شرایط برای نماتدها و باکتری‌های خاکزی شده و تعداد نماتدها و باکتری‌های خاکزی را نسبت به سیستم‌های طبیعی این مناطق افزایش داده است.

کلیدواژه‌ها : نماتدها، باکتری‌های خاکزی، مواد آلی خاک، گندم.

Effect of Agricultural Practices on Soil Nematodes and Bacteria in the Winter Wheat Fields of Khorasan Province, Iran

Alireza Khodashenas*, Alireza Koocheki, Parviz Rezvani Moghadam, Amir Lakzian

Department of Agronomy and Plant Breeding , Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

Abstract

Soil nematodes and bacteria play an important role in soil function. In order to evaluate the effects of agricultural practices on these organisms, a study was conducted in winter wheat fields of Shirvan, Mashhad and Gonabad, three regions of Khorasan Province. In each region, high and low input fields of winter wheat were selected, along with a natural system for comparison. Use of agricultural inputs was the criterion for the selection of low and high input fields in each region. Soil sampling was undertaken on fields and natural systems. Organic matter and the number of nematodes and culturable bacteria in soil samples were measured. The percentage of soil organic matter in all systems was low but, in agro-ecosystems, it was greater than in natural systems. Results showed that organic matter, soil moisture and mean annual temperature has an affect on soil nematodes. The number of nematodes in agro-ecosystems was reater than in natural systems in all three regions. The mean number of soil nematodes in 100g dry weight of soil in the natural systems of Shirvan, Mashhad and Gonabad was 166, 184 and 132, respectively; in the low input systems of Shirvan, Mashhad and Gonabad it was 550, 459 and 1067, respectively and in the high input systems of Shirvan, Mashhad and Gonabad it was 348, 1084 and 485, respectively. Agricultural practices had no negative effects on soil bacterial numbers and the number of soil bacteria increased in some agro-ecosystems. Results showed that agro-ecosystems improved the conditions for nematodes and bacteria and increased the number of these organisms in soil.

Keywords: nematode, soil bacteria, soil organic matter, wheat.

* Corresponding author. *E-mail Address*: Khodashenas48@yahoo.com

مقدمه

نماتدها به‌عنوان فراوان‌ترین بی‌مهرگان از گروه مزوفون خاک، در منافذ پرآب خاک و نیز لایه‌های نازک آب اطراف ذرات خاک فعال بوده و در واکنش‌های خاک از جمله چرخه کربن و مواد غذائی نقش مهمی دارند(Bongers and Bongers,1998;Yeates,1996). تعدادی از گونه‌های نماتد خاک از باکتری‌ها یا قارچ‌ها تغذیه می‌کنند، در حالی‌که بقیه همه چیزخوار، شکارچی یا انگل گیاهی هستند. نماتدهای شکارچی از میکروارگانیسم‌های خاک از جمله نماتدهای انگل گیاهی تغذیه می‌کنند و به علت اینکه نماتدهای شکارچی و نماتدهای انگل گیاهی در محیط ریشه همراهی مستمری دارند، باعث کاهش جمعیت نماتدهای انگل گیاهی می‌شوند. نماتدهای شکارچی همچنین باعث آزادسازی مواد غذائی به فرم‌های مورد نیاز گیاه می‌شوند که باعث رشد بهتر گیاه در مقابله با نماتدهای انگل گیاهی می‌شود (Khan & Ho Kim, Treonis & Wall, 2005;2007). نماتدها و سایر موجودات زنده خاک، نقش مهمی در آزاد سازی مواد غذائی از بیومس باکتریائی برای جذب توسط ریشه ایفا می‌کنند(Bongers & Bongers,1998; Murray, *et al.*, 2006). مطالعه لی و همکاران(۲۰۰۶) نشان داد که نماتدهای خاک در زنجیره ریزه خواری نقش مهمی دارند، بویژه نماتدهای باکتری خوار و قارچ خوار بر چرخه میکروبی خاک و قابلیت دسترسی مواد غذایی گیاهی، تأثیر زیادی دارند. بونگرز و بونگرز(۱۹۹۸) معتقدند که تحت شرایط طبیعی متغیر در نواحی معتدل، با کاهش تنوع زیستی نماتدها، نشت مواد غذائی افزایش می‌یابد. ساراچاندرا و همکاران (۲۰۰۱) اظهار داشتند که بین افزایش تولید در علفزار و فراوانی کل نماتدها در خاک ارتباط مثبت وجود دارد. بر اساس نتایج یک بررسی تعداد کل نماتدهای موجود در ۱۰۰ گرم خاک شنی تحت کشت آلی و پرنهاده، به ترتیب ۲۱۳۱ و ۲۱۴۲ عدد بود، در حالی‌که با همین شرایط در خاک رسی کل نماتدهای خاک در کشت آلی و پرنهاده به ترتیب ۸۹۴ و ۸۲۹ عدد بوده است که نشاندهنده اثر قابل توجه بافت خاک بر جمعیت نماتدها است(Diepeningen *et al.*, 2005). یتس (۱۹۹۶) نشان داد که تعداد نماتدها در عمق ۱۰-۰ سانتی‌متری سطح خاک به مراتب بیشتر از عمق ۲۰-۱۰ سانتی‌متری خاک است. این بی‌مهرگان خاکزی پتانسیل ایجاد نگرش به واکنش‌های خاکی و شرایط خاک را دارا بوده و بررسی ساختار جمعیت آنها پیشنهاد کارآیی برای ارزیابی بیولوژیکی از کیفیت و کارکرد خاک‌ها است (Neher *et al.*, 2005; Potts *et al.*, 2006).

یکی از متنوع‌ترین اشکال حیات در زمین متعلق به باکتری‌ها است. باکتری‌ها حدود یک میکرومتر قطر داشته و علاوه بر تعداد گونه، فراوانی آنها نیز در خاک زیاد است(De Fede and Sexstone, 2001). میکروارگانیسم‌های خاک به‌ویژه باکتری‌ها، زمینه‌ساز واکنش‌های زیادی هستند که برای تولید محصولات کشاورزی ضروری است. چرخه مواد غذائی، حفظ ساختمان خاک، تجزیه مواد آلی و آزاد سازی مواد غذائی، تجزیه مواد شیمیائی کشاورزی ، تجزیه سایر آلوده کننده‌ها، ساخت هوموس و کنترل گیاهان و جانوران آفت از آن جمله هستند (Calbrix and Barray, 2005; Lupwayi *et al*, 1998). باکتری‌های خاکزی منابع و مخازن پویائی از مواد غذائی در همه اکوسیستم‌ها بوده و در بهبود سلامت گیاه بطورمستقیم یا غیر مستقیم اهمیت دارند(Kirk, *et al.*, 2004; Kennedy, 1999). علاوه بر تثبیت نیتروژن، تجزیه مواد آلی و چرخه عناصر غذایی، باکتری‌ها کارکردهای مثبت دیگری نیز دارند، از جمله اینکه به تشکیل ساختمان خاک کمک می‌کنند. مواد هوموسی ناشی از فعالیت باکتری‌ها باعث تشکیل کمپلکس‌های رس- مواد آلی می‌شود که به دانه بندی خاک کمک می‌کند. همه چرخه‌های عناصر غذائی نیز از طریق باکتری‌ها به سطوح تغذیه‌ای بالاتر متصل می‌شوند. بنابراین به علت تنوع

واکنش‌هائی‌که باکتریها عامل آن هستند، کارکرد و احتمالا تنوع باکتری‌ها نقش مهمی در تعیین کارکرد یک اکوسیستم خواهد داشت(Kennedy, 1999). مواد آلی خاک بر تعداد باکتری‌های خاکزی تأثیر دارد. در مطالعه‌ای روی باکتری‌های خاکزی، بالاترین تعداد باکتری‌ها ($۶/۳\times۱۰^{۹}$ عدد در هر گرم خاک خشک) در خاک لوم شنی با حداکثر مقدار کربن آلی دیده شد(Uhlirova and Santruckova, 2003). کندی(۱۹۹۹) تعداد باکتری‌های خاکزی را $۱۰^{۹}$-$۱۰^{۴}$ عدد در هر گرم خاک خشک گزارش کرده است. با توجه به نقش و اهمیت تنوع زیستی موجودات خاکزی در کارکرد اکوسیستم‌ها، به‌ویژه سیستم‌های کشاورزی، مطالعه‌ای جهت شناخت ساختار تنوع زیستی در مناطق خشک انجام شد. ارزیابی نماتدها و باکتری‌های خاکزی قسمتی از این مطالعه بود که با هدف ارزیابی این موجودات، به عنوان بخشی از تنوع زیستی، در سیستم‌های کشاورزی و طبیعی مناطق خشک صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

این مطالعه به‌منظور بررسی اثر فعالیت‌های کشاورزی بر جمعیت نماتدها و باکتری‌های خاکزی مزارع گندم در مناطق خشک، در سال ۱۳۸۳ به اجرا درآمد. با توجه به شرایط اقلیمی، سه منطقه از استان خراسان در شهرستان‌های شیروان، مشهد و گناباد انتخاب گردید. میانگین درجه حرارت سالانه در مناطق شیروان، مشهد و گناباد به ترتیب ۱۲/۱، ۱۴/۵ و ۱۷/۱ درجه سلسیوس و میانگین بارندگی سالیانه نیز در مناطق شیروان، مشهد و گناباد به ترتیب۲۶۷/۴، ۲۶۰/۶ و ۱۴۸ میلی‌متر است(مهندسین مشاور تام-ویسان،۱۳۸۰).

جهت اجرای مطالعه در هر یک از مناطق انتخاب شده، دو سیستم کم نهاده و پرنهاده تولید گندم، به‌عنوان بوم نظام زراعی اصلی و سیستم طبیعی به‌عنوان شاخصی برای ارزیابی فعالیت‌های کشاورزی بر وضعیت نماتدها و باکتری‌های خاکزی مدنظر قرار گرفتند. نمونه‌ها در سیستم‌های کشاورزی پرنهاده و کم نهاده مزارعی بودند که به‌صورت پرنهاده یا کم نهاده اداره می‌شدند. مزارع در سیستم کم نهاده براساس حداقل مصرف کودهای شیمیائی، حداقل مصرف سموم علف‌کش، قارچ‌کش و آفت کش، حداقل انجام عملیات خاکورزی و استفاده از کودهای دامی و رعایت آیش یا تناوب در تولید محصول گندم انتخاب گردیدند. ملاک انتخاب سیستم‌های پرنهاده نیز حداکثر مصرف کودهای شیمیائی، حداکثر مصرف سموم علف‌کش، قارچ‌کش و آفت‌کش، حداکثر عملیات خاک ورزی و کشت همه ساله محصول گندم بوده است. میانگین میزان نهاده‌های استفاده شده در سیستم‌های کم نهاده و پرنهاده مناطق مورد مطالعه در جدول شماره ۱ آمده است. سیستم‌های طبیعی از نظر اقلیمی و محیطی شبیه سیستم‌های کشاورزی بودند.

در سیستم‌های طبیعی نیز واحدهای انتخابی از مناطق طبیعی به‌عنوان نمونه‌های این سیستم مورد ارزیابی قرار گرفتند. برای بررسی هریک از سیستم‌ها در مناطق مختلف، ۱۰ نمونه به‌عنوان تکرارهای مورد مطالعه از هر سیستم انتخاب گردید. در مرحله پرشدن دانه تا رسیدگی کامل گندم، نمونه برداری از خاک صورت گرفت. بدین منظور از هر مزرعه یا واحد طبیعی پنج نمونه خاک برداشت شده و مخلوط گردید، سپس یک نمونه ترکیبی از پنج نمونه درون ظرف حاوی یخ قرار داده شده و به آزمایشگاه منتقل شد و تا زمان انجام آزمایش در یخچال نگهداری گردید. برای سنجش تعداد نماتدهای خاک، مقدار ۱۰۰ گرم از نمونه خاک انتخاب گردیده و بااستفاده از سری الکها و سانتریفوژ ، نماتدهای خاک جداسازی و شمارش گردیده و بر اساس وزن خشک خاک، تعداد آنها در ۱۰۰گرم خاک خشک محاسبه شد(Neher, *et al.*, 2005). برای اندازه گیری جمعیت باکتری‌های قابل کشت خاکزی از روش کشت در محیط‌های غذائی استفاده شد. محیط کشت مورد استفاده

جدول ۱ – میانگین نهاده‌های استفاده شده در هر هکتار از مزارع سیستم‌های کم نهاده و پرنهاده در مناطق مورد مطالعه

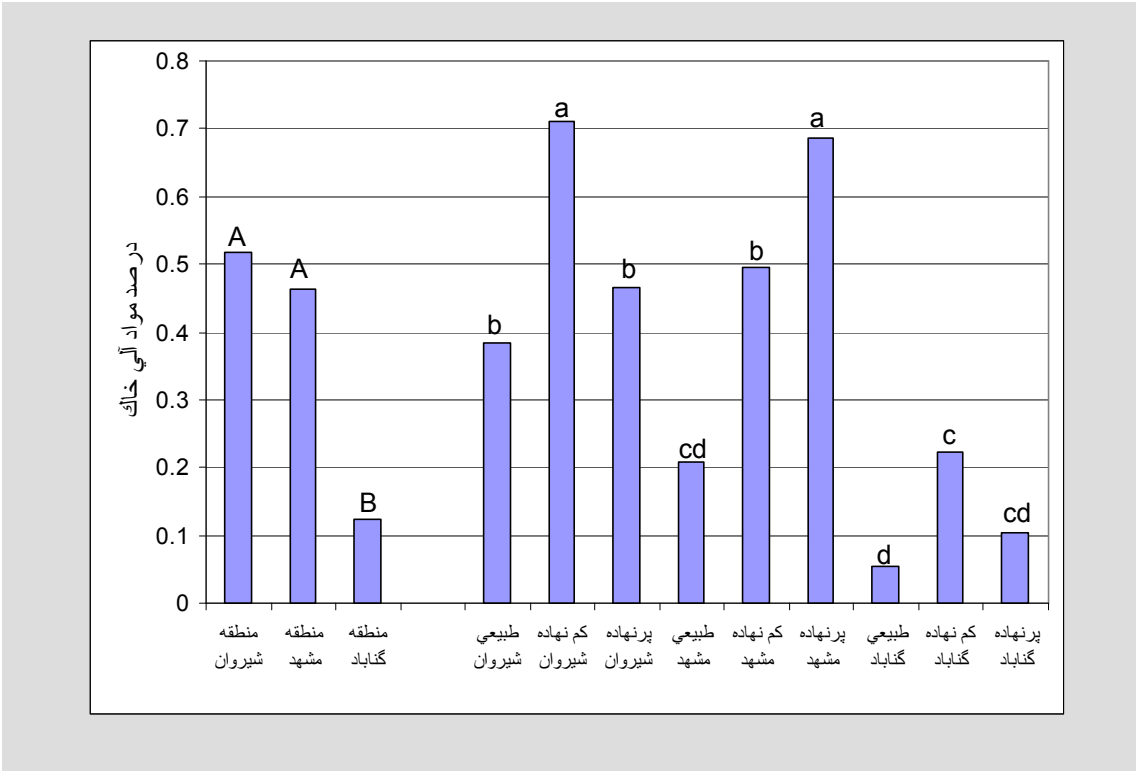
نهاده ها	شیروان		مشهد		گناباد	
	کم نهاده	پر نهاده	کم نهاده	پر نهاده	کم نهاده	پر نهاده
اوره	۱۴۶	۲۶۹کیلوگرم	۲۴۳کیلوگرم	۳۱۰کیلوگرم	کمتر از ۱۰۰کیلوگرم	۲۵۰کیلوگرم
فسفات آمونیوم یا	کیلوگرم	۱۰۰کیلوگرم	۱۹۱کیلوگرم	۳۲۴کیلوگرم	کمتر از ۵۰کیلوگرم	۱۶۰کیلوگرم
سوپر فسفات تریپل	۸۴ کیلوگرم					
سولفات آمونیوم		۳۰کیلوگرم	۵کیلوگرم	۲۵کیلوگرم	۰	۱۰۸کیلوگرم
قارچ کش	۰	۰	۰/۳۱کیلوگرم	۰/۷۵کیلوگرم	۰	۰/۵کیلوگرم
حشره کش	۰	۱/۵لیتر	۰/۲۵لیتر	۲/۱لیتر	۰	۰
علف کش:	۰/۶۸لیتر					
گیاه استار		۲۰گرم	۰	۲۲/۵گرم	۰	۰
توفوردی و سایر	۰	۱/۲۵لیتر	۰/۱۱لیتر	۲لیتر	۰	۰
	۱/۴۲لیتر					

نوترینت آگار (nutrient agar) بود که بر اساس دستورالعمل کشت باکتریائی در محیط آگار تهیه شده و استریل گردید. ۱۰ گرم خاک از هر نمونه انتخاب و با استفاده از سری‌های ترقیق غلظت‌های متفاوتی از محلول خاک تهیه شده و کشت باکتری‌ها روی محیط استریل انجام گردید(Toyota and Kuninaga, 2006; BjØrnlund *et al.*, 2000; Chen *et al.*, 2006). پس از ۷۲ ساعت در حرارت اتاق (شرایط تابستان) تعداد باکتری‌های ۸۹ نمونه خاک با استفاده از کلنی کانتر تعیین گردید. درصد مواد آلی نمونه‌های خاک نیز با استفاده از یک گرم خاک، به روش معمول و با استفاده از تیتراسیون بوسیله فرو سولفات آمونیوم ۵ درصد اندازه‌گیری شد (Mc Gonigle *et al.*, 2005). اطلاعات جمع آوری شده به‌وسیله نرم افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت.

نتایج و بحث

مواد آلی خاک

تفاوت مناطق از نظر مواد آلی خاک معنی‌دار بود. مناطق شیروان و مشهد به‌ترتیب با میانگین ۰/۵۲ و ۰/۴۶ نسبت به گناباد با ۰/۱۲ درصد مواد آلی در خاک، برتری معنی داری نشان دادند(شکل ۱). سیستم‌های مورد مطالعه نیز از نظر مواد آلی خاک تفاوت معنی‌داری داشتند. سیستم‌های کم نهاده شیروان و پرنهاده مشهد به ترتیب با ۰/۷۱ و ۰/۶۹ درصد مواد آلی خاک در بین سیستم‌های مورد مطالعه، بیشترین مقدار را نشان دادند. سیستم‌های طبیعی مشهد، پرنهاده گناباد و طبیعی گناباد بترتیب با ۰/۲۱ و ۰/۱۱ و۰/۰۵ درصد کمترین مقدار مواد آلی را در خاک داشتند(شکل ۱).



شکل ۱- درصد مواد آلی خاک در مناطق و سیستم‌های مورد مطالعه

(میانگین‌هائی که در یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون دانکن در سطح یک درصد اختلاف معنی‌داری ندارند).

طی مطالعه‌ای در دو منطقه مرتعی آذربایجان مشاهده شد که درصد مواد آلی خاک در آن مناطق نیز پائین و حدود ۰/۳۹ درصد است(حاجی بلند و همکاران، ۱۳۸۰). شرایط اقلیمی از جمله درجه حرارت و بارندگی، تأثیر زیادی بر مقدار مواد آلی خاک دارد. به‌طور طبیعی تجمع مواد آلی خاک در شرایط بارندگی بیشتر و درجه حرارت خنک‌تر، بیشتر بوده و در شرایط گرم‌تر و خشک‌تر، تجزیه مواد آلی بیشتر است(Tisdal *et al.*, 1993). گناباد نسبت به سایر مناطق شرایط گرم‌تر و خشک تری دارد. بنابراین کمتر بودن مواد آلی خاک در این منطقه قابل انتظار است، زیرا در این منطقه هم تجزیه بیشتر و هم به دلیل شرایط نا مساعد اقلیمی میزان تولید مواد آلی پائین‌تر است. طبق نظر تیزدال (۱۹۹۳) علاوه بر حرارت و رطوبت، هوادهی خاک، pH خاک و جمعیت میکروبی خاک نیز بر سرعت تجزیه مواد آلی موثر هستند. عملیات شخم باعث افزایش هوادهی خاک و در نتیجه خشک شدن آن و افزایش سرعت تجزیه می‌شود. کود دهی و آبیاری، از طریق تأثیر بر تولید، باعث افزایش بقایای گیاهی شده و مواد آلی خاک را افزایش می‌دهد. آبیاری باعث افزایش رطوبت خاک نیز می‌شود که تجزیه مواد آلی را کندتر می‌کند. مقایسه سیستم‌های مورد بررسی نشان داد که درصد مواد آلی خاک در سیستم طبیعی شیروان بیشتر از مشهد و سیستم طبیعی مشهد بیشتر از گناباد است، این وضعیت با توجه به تفاوت بارندگی و درجه حرارت و اثر آنها قابل انتظار است. سیستم‌های کشاورزی از نظر مواد آلی خاک برتری قابل توجهی نسبت به سیستم‌های طبیعی نشان دادند. آبیاری و مصرف نهاده‌ها در سیستم‌های کشاورزی

باعث افزایش قابل توجه تولیدات گیاهی شده است. گرچه عموماً بخش قابل توجهی از بقایای گیاهی گندم از مزرعه برداشت می‌شود، ولی بقایای بجا مانده و نیز مواد آلی ناشی از ریشه گندم در سیستم‌های زراعی مقدار قابل توجهی بوده و مواد آلی خاک را افزایش داده است. در سیستم‌های کشاورزی خاک مدت زمان بیشتری مرطوب است این وضعیت نیز باعث کاهش سرعت تجزیه مواد آلی می‌شود.

فراوانی نماتدهای خاکزی

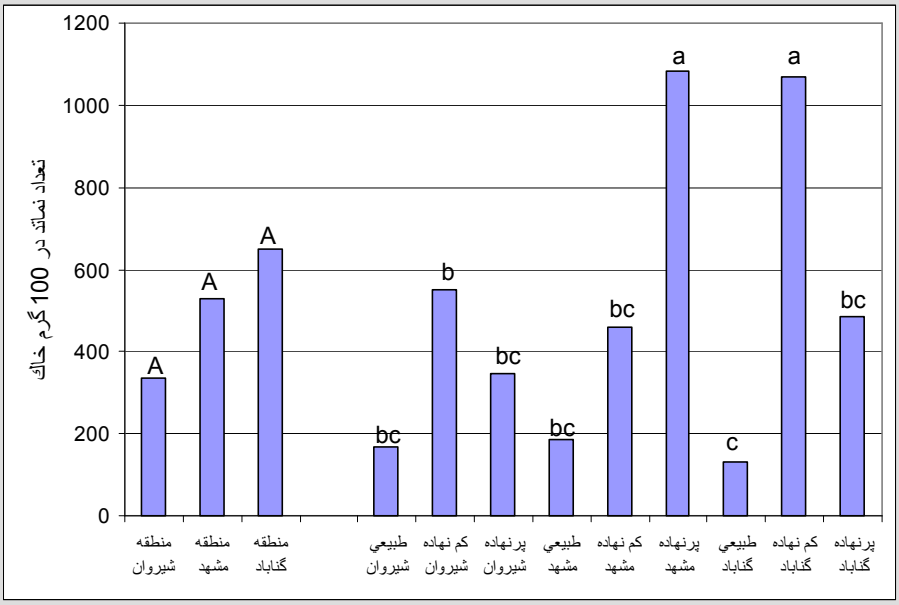
تعداد نماتدها در ۱۰۰ گرم خاک خشک در مناطق مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری نشان نداد، اما گناباد با متوسط ۶۴۷/۵ عدد نماتد در ۱۰۰ گرم خاک بیشترین تراکم نماتد را داشت و مشهد و شیروان به ترتیب با میانگین ۵۲۹/۹ و ۳۳۴/۵ عدد نماتد در ۱۰۰ گرم خاک در مرتبه بعدی قرار داشتند. فراوانی نماتدها در سیستم‌های مورد مطالعه متفاوت بود و این تفاوت معنی‌دار شد. سیستم پرنهاده مشهد و کم نهاده گناباد به ترتیب با متوسط ۱۰۸۴/۸ و ۱۰۶۷ عدد نماتد در ۱۰۰ گرم خاک نسبت به سایر سیستم‌ها برتری معنی‌داری داشتند. سیستم طبیعی گناباد با متوسط ۱۳۲/۹ عدد نماتد در ۱۰۰ گرم خاک حداقل تعداد نماتد را نشان داد و سایر سیستم‌ها علیرغم اختلاف قابل توجه، تفاوت معنی‌داری نداشتند(شکل۲).

وایک تافت و همکاران(۲۰۰۵) طی مطالعه‌ای میانگین فراوانی جمعیت نماتد در هر گرم خاک خشک یک علفزار تا عمق ۱۰ سانتی‌متر را از ۸۱ تا ۴۱۷ عدد گزارش نموده و بیان داشت که تعداد نماتدها تحت تأثیر گونه‌های گیاهی قرار داشته است. نتایج بررسی نهر و همکاران(۲۰۰۵) نشان داد که فراوانی کل نماتدها در ۱۰۰ گرم خاک خشک تحت کشت در معرض تخریب ۸۱۴ عدد و در اراضی تحت کشت که در معرض تخریب نبوده ۱۰۸۴ عدد و در خاک جنگل تخریب نشده ۴۹۴ عدد بود، عمق نمونه برداری در این بررسی ۲۰ سانتی‌متر بوده است. یتس(۱۹۹۶) طی یک تحقیق نشان داد که جمعیت نماتدها در هر متر مربع خاک مرتع، بوته زار و جنگل به ترتیب $۱۰^{۳}\times۴۲۴۴/۶$، $۱۰^{۳}\times۲/۳۳$، $۱۰^{۳}\times۱۰۰۶/۶$ عدد است. نتایج همین تحقیق نشان داد که تعداد نماتد بسته به عمق نمونه برداری تفاوت قابل توجهی دارد، به‌طوریکه تعداد کل نماتدها در عمق ۱۰-۰ سانتی‌متری $۱۰^{۳}\times۲۳۰۰/۹$ عدد در متر مربع ولی در عمق ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متری ، $۱۰^{۳}\times۱۶۰/۶$ عدد در متر مربع بوده است. نمونه‌برداری خاک در این بررسی تا عمق ۳۰ سانتی‌متری انجام گردید، بنابراین با توجه به اثر قابل توجه عمق نمونه‌برداری بر تعداد نماتدها، به‌نظر می رسد چنانچه عمق نمونه‌برداری کاهش یابد، تعداد کل نماتدهای موجود در ۱۰۰ گرم خاک به‌مراتب بیش از نتایج بدست آمده خواهد بود. اما همین نتایج نشان می‌دهد که فراوانی نماتدها در سیستم‌های کشاورزی مناطق مورد مطالعه با گزارش‌های سایر محققین همخوانی دارد اما تعداد نماتدها در سیستم‌های طبیعی کمتر از نتایج ارائه شده در این زمینه است.

رطوبت از عواملی است که تأثیر جدی بر فراوانی نماتدها دارد. بر اساس نتایج یک بررسی فراوانی نماتدها در رطوبت خاک ۱۷ درصد بیشتر از رطوبت خاک ۷ درصد بوده است. شایسته فر نیز همبستگی مثبتی بین فراوانی نماتدها و رطوبت، pH و مواد آلی خاک گزارش کرده است(نقل از Neher, *et al.*, 2005). در سیستم‌های کشاورزی عملیات خاک ورزی، مواد آلی و pH خاک عوامل مهم در شکل دهی جوامع نماتدی خاک به‌شمار می‌آیند و در تغییر جوامع نماتدی این سیستم‌ها، باید pH و مواد آلی خاک مد نظر قرار گیرد. دو ویژگی کلیدی خاک‌های کشاورزی در زمینه تأثیر نماتدها وجود تخریب منظم و عدم پوشش گیاهی دائمی است(Neher *et al.*, 2005; Vike toft *et al.*, 2005).

علیرغم گزارش‌های (Li *et al.*, 2006; Bongers and Bongers 1998; Vike toft *et al.*, 2005) مبنی بر اثر مثبت

رطوبت و مواد آلی خاک بر تعداد نماتدها، چنین اثری در مقایسه مناطق مورد مطالعه دیده نشد. زیرا با وجود اینکه میانگین درصد مواد آلی خاک در گناباد به‌طور معنی‌داری کمتر از مشهد و شیروان است، میانگین تعداد نماتدها در خاک بیشتر از شیروان بوده و از مشهد نیز بیشتر بود، اگرچه این تفاوت معنی دار نشد. به‌علت میانگین بارندگی سالانه بیشتر و میانگین درجه حرارت سالانه کمتر در مشهد و شیروان نسبت به گناباد، انتظار بر این بود که در منطقه گناباد متوسط تعداد نماتدها با توجه به وضعیت رطوبتی کمتر از سایر مناطق باشد. مقایسه میانگین تعداد نماتدها در سیستم‌های مورد مطالعه اثر رطوبت و مواد آلی را بر جمعیت نماتدهای خاکزی نشان می‌دهد. همان‌گونه که در شکل۲ ملاحظه می‌شود سیستم‌های کشاورزی در همه مناطق از نظر تعداد نماتد خاکزی برتری قابل توجهی بر سیستم طبیعی دارند و این برتری در مناطق مشهد و گناباد معنی دار است. همین روند برای درصد مواد آلی خاک مناطق مختلف نیز دیده می‌شود. زیرا در همه مناطق مورد مطالعه درصد مواد آلی خاک در سیستم طبیعی کمتر از سیستم‌های کشاورزی بوده و این اختلاف در همه مناطق نیز معنی دار شده است. مقایسه شکل‌های ۱ و ۲ نشان می‌دهد که به‌طور مشخص در هر منطقه تعداد نماتدهای خاکزی تابع درصد مواد آلی خاک بوده و با افزایش درصد مواد آلی افزایش یافته است. با توجه به انجام آبیاری در سیستم‌های کشاورزی وضعیت رطوبتی خاک در این سیستم ها بهتر از سیستم های طبیعی بوده و همان‌گونه که شکل ۲ نشان می‌دهد در همه مناطق تعداد نماتدها در سیستم‌های کشاورزی برتری قابل توجهی نسبت به سیستم طبیعی داشته است.



شکل ۲- تعداد نماتد در ۱۰۰ گرم خاک مناطق و سیستم‌های مورد مطالعه

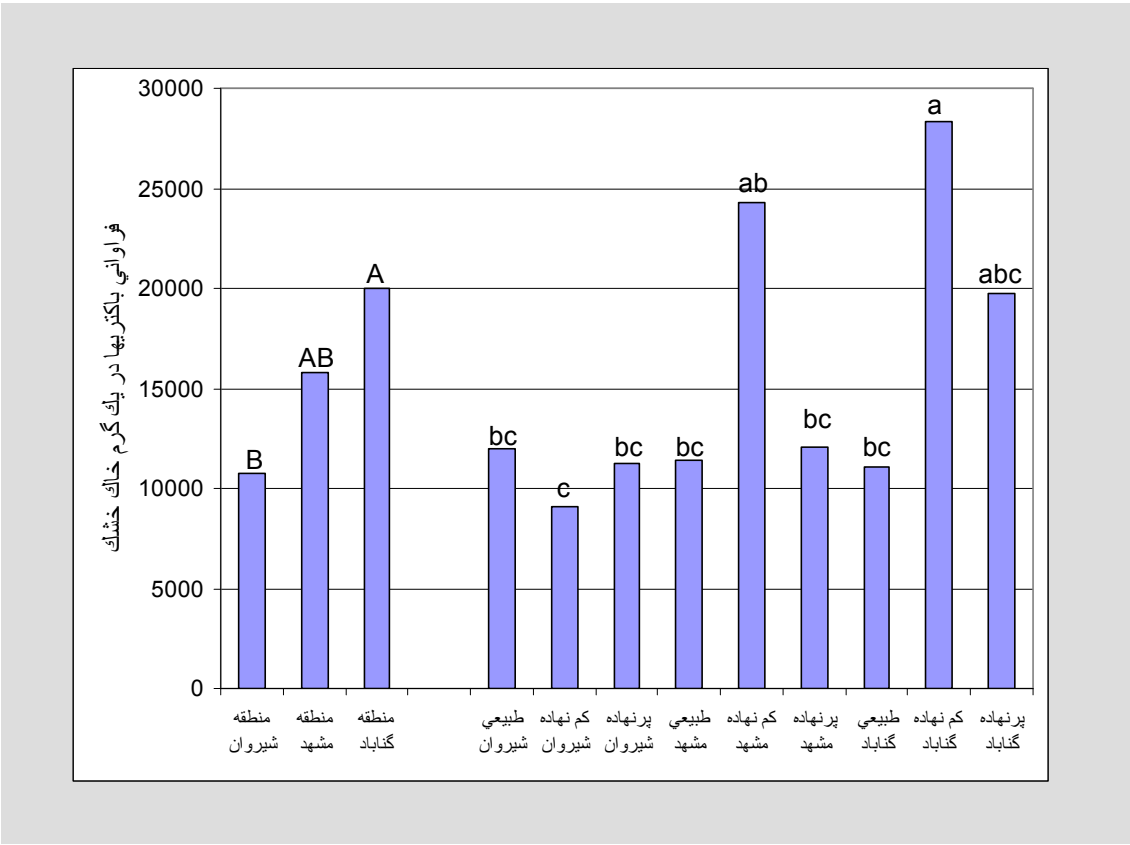
(میانگین‌هائی که در یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون دانکن در سطح یک درصد اختلاف معنی‌داری ندارند).

اما به نظر می‌رسد اثر رطوبت و مواد آلی خاک بر جمعیت نماتدها مطلق نبوده و تحت تأثیر شرایط محیطی تغییر می‌کند. به‌عبارت دیگر علی‌رغم تأثیر مثبت مواد آلی خاک بر جمعیت نماتدها در هرمنطقه، این اثر در مقایسه سیستم‌های مورد مطالعه در مناطق مختلف ملاحظه نمی‌شود. مقایسه شکل‌های ۱و ۲ نشان می‌دهد که درصد مواد آلی خاک در سیستم‌های مورد مطالعه شیروان برتری معنی‌داری بر سیستم‌های مورد مطالعه در گناباد دارد، در حالی‌که تفاوت تعداد نماتدها در سیستم‌های طبیعی شیروان و گناباد قابل توجه و معنی دار نبوده و سیستم‌های کشاورزی منطقه گناباد از این نظر برتری قابل توجهی بر سیستم‌های کشاورزی شیروان داشتند و این تفاوت در سیستم کم نهاده گناباد معنی‌دار شد. میانگین درصد مواد آلی خاک در سیستم طبیعی مشهد از سیستم طبیعی گناباد بیشتر و از سیستم طبیعی شیروان کمتر بود، ولی میانگین تعداد نماتدها در سیستم طبیعی مشهد از دو سیستم دیگر بیشتر بود، گرچه این اختلاف معنی دار نشد. درصد مواد آلی خاک در سیستم پرنهاده مشهد و کم نهاده شیروان حداکثر بوده و از سیستم‌های کشاورزی گناباد به مقدار قابل توجهی بیشتر بود، ولی میانگین تعداد نماتدها در سیستم کم نهاده گناباد و پرنهاده مشهد حداکثر مقدار را نشان داد. بنابراین به‌نظر می‌رسد اثر درصد ماده آلی خاک بر جمعیت نماتدها تابع شرایط محیطی است و در مناطقی که میانگین حرارت سالیانه بالاتری داشته باشند ماده آلی خاک بر جمعیت نماتدها تأثیر بیشتری دارد. احتمالا علت عدم تبعیت تعداد نماتدها از درصد ماده آلی خاک در مناطق مورد مطالعه نیز ناشی از تفاوت اثر ماده آلی خاک با توجه به شرایط حرارتی باشد.

نکته دیگری که به نظر می‌رسد این است که اثر مواد آلی بر جمعیت نماتدها در مقدار رطوبت مناسب در خاک حاصل می‌شود، به‌عبارت دیگر وجود توأم رطوبت و مواد آلی برای افزایش جمعیت نماتدها ضروری است. زیرا درصد ماده آلی خاک در سیستم طبیعی شیروان برتری معنی‌داری بر درصد ماده آلی خاک درسیستم کم نهاده گناباد دارد، ولی تعداد نماتدها درسیستم کم نهاده گناباد برتری معنی داری بر تعداد نماتدهای سیستم طبیعی شیروان نشان می‌دهد و تفاوت این دو ناشی از ورود آب درسیستم کم نهاده گناباد است. شدت مصرف نهاده‌ها اثر قابل توجهی بر تعداد نماتدهای خاکزی در سیستم‌های مورد مطالعه نشان نداد. زیرا علی‌رغم استفاده بیشتر از نهاده‌ها در سیستم‌های پرنهاده مشهد نسبت به سایرسیستم‌ها، این سیستم حداکثر جمعیت نماتدها را نشان داد. بنابراین احتمالاً سیستم‌های کشاورزی از طریق افزایش درصد مواد آلی و آب خاک نسبت به سیستم‌های طبیعی شرایط مناسب‌تری برای نماتدها ایجاد کرده و باعث افزایش جمعیت آنها شده‌اند.

فراوانی باکتری های خاکزی

فراوانی باکتری‌ها در یک گرم خاک خشک در مناطق مورد مطالعه متفاوت بود و این تفاوت معنی‌دار شد. گناباد با میانگین ۲۰۰۴۱ باکتری در رتبه اول قرار داشته و مشهد و شیروان هریک به ترتیب با ۱۵۲۹۲ باکتری و ۱۰۷۲۴ باکتری در هر گرم خاک خشک در رتبه‌های بعدی قرار داشتند و تفاوت بین گناباد و شیروان معنی‌دار بود. تعداد باکتری در هر گرم خاک خشک سیستم‌های مورد مطالعه نیز اختلاف معنی‌داری نشان داد. بیشترین تعداد باکتری در یک گرم خاک خشک، در سیستم‌های کشاورزی کم نهاده گناباد، کم نهاده مشهد و پرنهاده گناباد به ترتیب با ۲۸۳۴۴ ، ۲۳۷۳۷ و ۱۹۷۴۰ مشاهده شد و حداقل تعداد باکتری‌ها(۹۰۵۵) متعلق به سیستم کم نهاده شیروان بود(شکل۳).



شکل ۳- فراوانی باکتری ها در یک گرم خاک خشک در مناطق و سیستم های مورد مطالعه
(میانگین هائی که در یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون دانکن در سطح یک درصد اختلاف معنی داری ندارند).

کندی و همکاران(۱۹۹۹) تعداد باکتری‌ها در هر گرم خاک خشک را 10^4 تا 10^9 عدد گزارش کرده‌اند. دانفیلد و همکاران (۲۰۰۱) نیز باکتری‌های محیط ریشه کلزا را $1/2\times10^7$ تا $6/3\times10^7$ عدد در هر گرم خاک خشک گزارش کردند. نتایج مطالعه اولی روا و سانتروکوف(۲۰۰۳) نشان داد که بالاترین تعداد باکتری‌ها ($6/3\times10^9$ عدد در هر گرم خاک خشک) در خاک جنگل و مرغزار با بافت لوم شنی وجود داشته که همراه با بیشترین مقدار کربن آلی در خاک بوده است. بلک و همکاران(۲۰۰۳) نیز طی مطالعه‌ای حداقل تعداد باکتری‌ها در هر گرم خاک خشک را $1/15\times10^3$ گزارش کرده‌اند. همان‌طور که در شکل ۳ ملاحظه می‌شود اگر چه تعداد باکتری‌ها در هر گرم خاک در مناطق و سیستم‌های مورد مطالعه از حداقل مقدار گزارش شده بیشتر است ولی تفاوت زیادی با حداکثر مقدار گزارش شده دارد، به‌طوری‌که بنظر می رسد در مجموع تعداد باکتری خاک در مناطق خشک کمتر است.

مقایسه شکل‌های ۱ و ۳ نشان می‌دهد که تعداد باکتری‌های خاک در مناطق مورد مطالعه نسبت عکس با درصد ماده آلی در خاک نشان می‌دهد، زیرا گناباد با حداقل درصد ماده آلی در خاک، حداکثر تعداد باکتری‌های خاک را نشان داده است. در سیستم‌های مورد مطالعه نیز روند تغییر تعداد باکتری‌ها بر روند تغییر درصد ماده آلی خاک منطبق نیست. سیستم‌های پرنهاده و کم نهاده گناباد، علی‌رغم درصد مواد آلی کم در خاک، تعداد باکتری بیشتری داشتند. فعالیت‌های کشاورزی در منطقه گناباد تعداد باکتری‌ها را افزایش داده است ولی در دو منطقه دیگر تفاوت معنی‌داری از نظر تعداد باکتری‌ها

بین سیستم‌های مختلف دیده نشد. به نظر می‌رسد فعالیت‌های کشاورزی اثر منفی بر تعداد باکتری‌های خاک نداشته است. به‌طور کلی فعالیت‌های کشاورزی در بوم نظام زراعی اصلی در خراسان، تعداد نماتدها را به نحو چشمگیری افزایش داده است. تعداد باکتری‌های قابل کشت خاکزی نیز تحت تأثیر فعالیت‌های کشاورزی کاهش نشان نداده و در بعضی مناطق برتری معنی داری داشته است. احتمالاً اثر مثبت فعالیت‌های کشاورزی بر نماتدها و باکتری‌های خاکزی، ناشی از کاهش تنش‌ها در اثر ورودی‌هایی از جمله آب و مواد آلی به خاک سیستم‌های کشاورزی است.

منابع

Bjo rnlund, L., F. Ekelund, S. Christensen, C.S. Jacobsen, P.H. Krogh and K. Johnsen (2000). Interactions between saprotrophic fungi, bacteria and protozoa on decomposing wheat roots in soil influenced by fungicide fenpropimorph (corbel®): a field study. *Soil Biology & Biochemistry*, 32:967-975.

Black, H.I.J., N.R. Parekh, J.S. Chaplow, F. Monson, J. Watkins, R. Creamer, E.D. Potter, J. M. Poskitt, P. Rowland, G. Ainsworth and M. Hornung (2003). Assessing soil biodiversity across Great Britain: national trends in the occurrence of heterotrophic bacteria and invertebrates in soil. *Journal of Environmental Management*, 67:255-266.

Bongers, T. and M. Bongers (1998). Functional diversity of nematodes. *Applied Soil Ecology*, 10:239-251

Calbrix, R.K.L. and S. Barray (2005). Analysis of the potential functional diversity of the bacterial community in soil: a reproducible procedure using sole-carbon-source utilization profiles. *European Journal of Soil Biology*, 41: 11-20.

Chen, M.M., Y.G. Zhu, Y.H. Su, B.D Chen, B.J. Fu and P. Marschner (2006). Effects of soil moisture and plant interactions on the soil microbial community structure. *European Journal of Soil Biology*, 43: 31-38.

De Fede, K.L. and A.J. Sexstone (2001). Differential response of size-fractionated soil bacteria in BIOLOG® microtitre plates. *Soil Biology and Biochemistry*, 33:1547-1554.

Diepeningen, A.D.V., O.J. de Vos, G.W. Korthals and A.H.C.V. Bruggen (2005). Effects of organic versus conventional management on chemical and biological parameters in agricultural soils. *Applied Soil Ecology*, 31:120-135.

Dunfield, K.E. and J.J. Germida (2001). Diversity of bacterial communities in the rhizosphere and root interior of field-grown genetically modified *Brassica napus*. *FEMS Microbiology Ecology*, 38:1-9.

Hajiboland, R., N. Aliasgharzadeh and Z. Mehrfar (2004). Ecological essay of Azotobacter in two ranyland area in Azarbaijan and its inocultation effects wheat growth and natrition. *Agricultural Science and technology*, 2:75-90

Kennedy, A.C. (1999). Bacterial diversity in agroecosystems. Agriculture, *Ecosystems & Environment*, 74:65-76.

Khan, Z. and K. Y. Ho Kim (2007). A review on the role of predatory soil nematodes in the biological control of plant parasitic nematodes. *Applied Soil Ecology*, 35:370-379.

Kirk J.L., L.A. Beaudette, M. Hart, P. Moutoglis, J.N. Klironomos, H. Lee and J.T. Trevors (2004).Methods of studying soil microbial diversity. *Journal of Microbiological Methods*, 58: 169-188.

Li, Q., W. liangy, Y. jiang, Y. shi, J. zhu and D.A.Neher (2006). Effect of elevated co_2 and N fertilization on soil nematode abundance and diversity in a wheat field. *Applied Soil Ecology*, 36: 63-69.

environment of the Antarctic dry valleys. *Integrative and Comparative Biology*, 45:471-750

Uhlirova, E. and H. Santruckova (2003).Growth rate of bacteria is affected by soil texture and extraction procedure. *Soil Biology & Biochemistry*, 35: 217-224.

Vike toft, M., C. Palmborg, B. sohlenius, K. Huss-Danell and J. Bengtsson (2005). Plant species effects on soil nematode communities in experimental grasslands. *Applied Soil Ecology*, 30:90-103

Yeates, G.W. (1996). Diversity of nematode fauna under three vegetation types on a pallic soil in otago, New Zealand. *New Zealand Journal of Zoology*, 23: 401-407.

Lupwayi, N.Z., W.A.Rice and G.W. Clayton (1998). Soil microbial diversity and community structure under wheat as influenced by tillage and crop rotation. *Soil Biology & Biochemistry*, 30:1733-1741.

Mc Gonigle, T. P., M. L. Chambers and G. J. White (2005).Enrichment over time of organic carbon and available phosphorous in semiarid soil. *Soil Sci. Sco. Am. J*, 69:1617-1626.

Murray P.J., R. Cook, A.F. Currie, L.A. Dawson, A.C. Gange, S.J. Grayston and A.M. Treonis (2006). Interactions between fertilizer addition, plants and the soil environment : Implications for soil faunal structure and diversity. *Applied Soil Ecology*, 33:199-207.

Neher, D.A., j. Wu, M.E. Barbercheck and O. Anas (2005). Ecosystem type affects interpretation of soil nematode community measures. *Applied soil Ecology*, 30:47-64.

Potts, S.G., T. Petanidou, S. Roberts, C. O'Toole, A. Hulbert and P. Willmer (2006). Plant-pollinator biodiversity and pollination services in a complex Mediterranean landscape. *Biological conservation*, 129:519-529.

Sarathchandra, S.U., A. Ghana, G.W. Yeates , G. Burch and N.R. Cox (2001). Effect of nitrogen and phosphate fertilizers on microbial and nematode diversity in pasture soils. *Soil Biology & Biochemistry*, 33:953-964.

Tisdal, S.L., W.L. Nelson, J.D. Beaton and J.L. Havlin (1993). Soil fertility and fertilizers.5th edition,Mac Millan.

Toyota, K. and S. Kuninaga (2006). Comparison of soil microbial community between soils amended with or without farmyard manure. *Applied Soil Ecology*. 33:39-48.

Treonis, A.M., and D.H. wall (2005). soil nematodes and desiccation survival in the extreme arid