19th Iranian Soil Science Congress
16-18 September, 2025

نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۱۱ تا ۱۳ آذر ۱۴۰۴

مدیریت جامع‌نگر و هوشمند خاک و آب
Holistic and Smart Soil and Water Management
دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran

۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

تعیین حدود بحرانی و بهینه برای برخی شاخص‌های بیولوژیکی خاک تحت کشت لوبیا

رقیه محرم پور[۱]، محسن برین*[۲]، میرحسن رسولی صدقیانی[۳]، حسین عسگرزاده[۴]

۱- دانش آموخته گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه
۲- دانشیار، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، m.barin@urmia.ac.ir
۳- استاد، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه
۴- دانشیار، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه

چکیده

به منظور تعیین حدود بهینه و بحرانی شاخص‌های بیولوژیکی کیفیت خاک، یک طرح کاملا تصادفی با سطوح مختلف ماده آلی (تیمار (شاهد (بدون افزودن ورمی‌کمپوست)، ۲، ۴، ۸، ۱۲، ۱۶ و ۲۰ گرم در ۱۰۰ گرم خاک) در سه تکرار انجام شد. گلدان‌ها پس از کاشت گیاه لوبیا در شرایط گلخانه قرار گرفتند. نقطه شروع و پایان محدودیت توسط شاخص‌های بیولوژیکی خاک، مقداری برای هر شاخص در نظر گرفته شد که به ترتیب با ۰/۹ و ۰/۸ حداکثر مقدار پیش‌بینی‌شده توسط معادله برازش داده‌های هر ویژگی مطابقت داشت. مقادیر ۰/۹ حد شروع است (مقادیر بیشتر از ۰/۹ نشان دهنده شرایط بیولوژیکی خوب خاک است محدوده ۰/۸ -۰/۹ محدودیت های جزئی و زیر ۰/۸ به شدت محدود است (یعنی شرایط بیولوژیکی خاک نامناسب می‌اشد).
نتایج نشان داد که بر اساس معادله برازش شده، مقادیر ۰/۸ (محدودیت جدی) برای تنفس پایه، تنفس برانگیخته و کربن زیست توده میکروبی به ترتیب ۰/۱۳۴ ($mgCO_2.C\ g^{-1}.day^{-1}$)، ۱/۰۵ ($mgCO_2.C\ g^{-1}.day^{-1}$) و ۸۹۴ (mg/kg) و همچنین مقادیر ۰/۹ (شروع محدودیت) برای تنفس پایه، تنفس برانگیخته و کربن زیست توده میکروبی به ترتیب ۰/۱۴۶ ($mgCO_2.C\ g^{-1}.day^{-1}$) و ۱/۱۸ ($mgCO_2.C\ g^{-1}.day^{-1}$)، ۱۰۴۱ (mg/kg) در خاک اطراف ریشه گیاه لوبیا بدست آمد.

کلمات کلیدی: کربن زیست‌توده میکروبی، شاخص‌های بیولوژیکی، تنفس میکروبی خاک، کیفیت خاک

مقدمه

از مهم‌ترین ابزارهای ارزیابی کیفیت و سلامت خاک بررسی ویژگی‌های بیولوژیکی خاک می‌باشد. در ابتدا کیفیت خاک تنها با تعیین و تفسیر ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک بررسی شد (Margarita et al., 2004) اما در سال‌های اخیر اندازه گیری شاخص‌های بیولوژیکی و بیوشیمیایی خاک نیز توصیه می‌شود و مورد توجه قرار گرفته است (Islam and Weil, 2000.). شاخص‌های بیولوژیکی خاک نیز از جنبه‌های مهم کیفیت خاک به حساب می‌آیند وبه همین علت کیفیت خاک با استفاده از خصوصیات بیولوژیکی مختلف نیز اندازه‌گیری می‌شود (Herrick, 2000). شاخص های بیولوژیکی شامل ویژگی های مربوط به فعالیت بیولوژیکی بر روی ماده آلی مانند کربن زیست‌توده میکروبی و تنفس خاک است. تنفس میکروبی پایه (BR)[1] ، تنفس میکروبی برانگیخته یا تنفس ناشی از سوبسترا (SIR)[2] ، کربن زیست‌توده میکروبی (MBC)[3] قابلیت دسترسی به کربن (CAI)[4]، ضریب متابولیکی یا تنفس ویژه (qCO_2)[5] و جمعیت میکروبی خاک (MPN)[6]، شاخص‌های بیولوژیکی خاک به حساب می‌آیند که در سنجش سلامت و کیفیت خاک مورد استفاده قرار می‌گیرند (Killham, 1994). حساسیت این شاخص ها به مدیریت های مختلف خاک که ساختمان خاک را تحت تاثیر قرار می‌دهند متفاوت می‌باشد، بنابراین برخی از آن‌ها ارتباط قوی‌تری با رشد گیاه، تولید محصول و جذب عناصر غذایی برقرار می‌کنند. زمان‌بر و پر هزینه بودن اندازه‌گیری برخی ازاین شاخص‌ها، کاربرد آن‌ها را با مشکل مواجه می‌کند. ازاین رو بررسی کارایی این شاخص‌ها در حضور گیاه و تعیین مقادیر بحرانی آن‌ها برای رشد وجذب عناصر غذایی کمک شایانی به استفاده فراگیر ازاین کمیت‌های مفید برای مدیریت بهتر خاک برای رشد بهتر گیاه خواهد کرد. تاکنون حدود بحرانی و حدود بهینه‌ای برای شاخص‌های بیولوژیکی مانند کربن زیست‌توده میکروبی و تنفس پایه و غیره گزارش نشده است باتوجه به اهمیت و نقش شاخص‌های بیولوژیکی مانند کربن زیست‌توده میکروبی، تنفس پایه و تنفس برانگیخته در ارزیابی کیفیت و سلامت خاک هدف از این پژوهش تعیین حدود بحرانی و حدود بهینه برای شاخص‌های بیولوژیکی تحت کشت گیاه لوبیا با استفاده از روابط بین این شاخص‌ها با تغییرات صفات رویشی گیاه بررسی شده است.

مواد و روشها

به منظور انجام این مطالعه، نمونه خاک از زمین‌های غیرزراعی محوطه‌ی دانشگاه ارومیه از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر نمونه برداری شد سپس نمونه ها از الک ۸ میلی متر عبور داده شد و در سایه کاملا یکنواخت هوا خشک گردید. برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نظیر pH در عصاره‌های صاف شده گل اشباع ، بافت به روش هیدرومتری، EC با دستگاه هدایت سنج، ماده آلی به روش والکی-بلاک، پتاسیم به روش عصاره‌گیری با استات آمونیوم و با استفاده از دستگاه فلیم‌فتومتر، میزان آهن، روی، مس و منگنز به روش عصاره‌گیری با DTPA و فسفر قابل‌جذب به روش اولسن اندازه گیری شدند (Carter and Gregorich, 2008). ورمی‌کمپوست مورد استفاده در این آزمایش از گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه تامین گردید. این آزمایش بر پایه طرح کاملا تصادفی در ۷ تیمار و ۳ تکرار در گلخانه تحقیقاتی گروه علوم خاک دانشگاه ارومیه اجرا گردید. تیمارها شامل بدون اضافه کردن ورمی‌کمپوست، ۲، ۴، ۸، ۱۲، ۱۶ و ۲۰ (گرم در ۱۰۰ گرم خاک) بود. تعداد ۹ عدد بذر ضدعفونی شده لوبیا در هر گلدان کشت شد. در طول دوره‌ی رشد (۶۵ روز) شرایط نگهداری برای همه گلدان‌ها یکسان بود و هیچ گونه کودی جهت تغذیه گیاه استفاده نشد. پس از برداشت گیاه و هوا خشک کردن نمونه‌های گیاهی جهت تجزیه عناصر اندام هوایی به آزمایشگاه منتقل شد. همچنین برخی از خصوصیات شیمیایی و بیولوژیکی خاک‌گلدان ها نظیر اسیدیته (pH) و هدایت الکتریکی (EC) خاک، ماده آلی خاک (OM)، برای اندازه‌گیری تنفس میکروبی پایه (BR[7]) از روش اندرسون

[1]- *Basal Respiration*
[2]- *Substrate Induced Respiration*
[3]- *Microbial Biomass Carbon*
[4]- *Carbon Availability Index*
[5]- *Metabolic Quotient*
[6]- *Most Probable Numbe*
[7]- Basal Respiration (BR)

Anderson (2003)، برای اندازه‌گیری تنفس برانگیخته یا سوبسترا (SIR[8]) از روش اندرسون و دومسچ Anderson and Domsch (1990), استفاده شد. برای اندازه‌گیری کربن زیست‌تودهٔ میکروبی از روش گازدهی با کلروفرم (تدخین-استخراج) Jenkinson and Powlson (1974) بهره‌گیری شد.

بازه شروع و تکمیل محدودیت توسط شاخص‌های کیفیت بیولوژیکی خاک مقداری از هر شاخص پنداشته شدکه به ترتیب متناظر با ۰/۸ و ۰/۹ مقدار بیشینه‌ی پیش بینی شده با معادله برازش یافته بر روند داده‌های نسبی هر ویژگی مربوط به پاسخ گیاه در برابر شاخص مورد نظر باشد (آقایی و همکاران ۱۳۹۹). بیشترین مقدار شاخص به ترتیب در ۰/۹ و ۰/۸ مقدار ضرب شد و براساس مقادیر به دست آمده از آن‌ها، مقادیر ۰/۹ و ۰/۸ پیش بینی شده با معادله برازش یافته، محدوده بحرانی و بهینه شاخص‌های بیولوژیکی به دست آمد و کیفیت بیولوژیکی خاک سنجیده شد. محدوده بیشتر از ۰/۹ دامنه بهینه بوده و کیفیت بیولوژیکی خاک خوب است نقطه ۰/۹ نقطه شروع محدودیت است و محدوده بین ۰/۹ و ۰/۸ دامنه محدودکننده است که کیفیت بیولوژیکی خاک متوسط است و به ترتیب مقدار ۰/۹ حد پایین شروع محدودیت و ۰/۸ حد بالای شروع محدودیت است و زمانیکه کمتر از ۰/۸ باشد محدوده بحرانی ست و کیفیت بیولوژیکی خاک بد است.

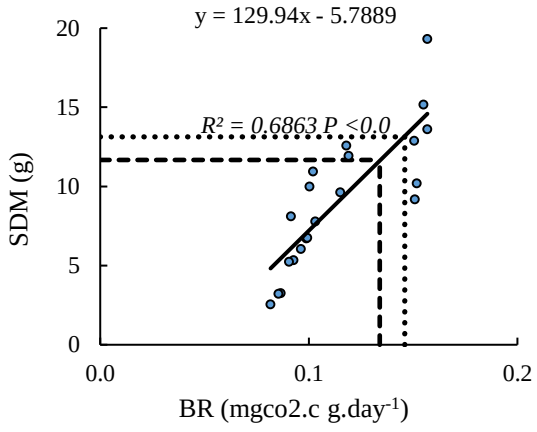
تجزیه و تحلیل و مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از نرم افزار آماری SPSS محاسبه گردید و رسم شکل‌ها توسط نرم‌افزار Microsoft Excel انجام شد.

نتایج و بحث

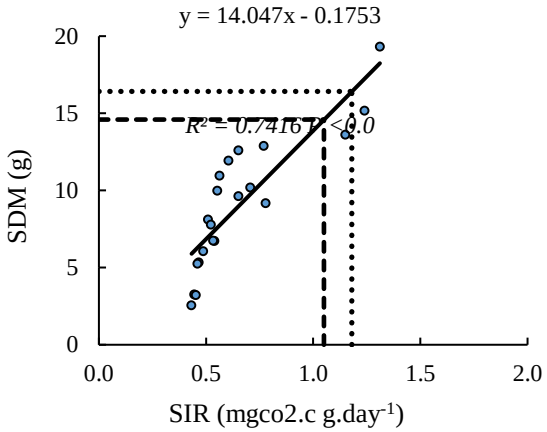
تعیین حدود بحرانی و حدود بهینه برای برخی از شاخص‌های بیولوژیکی خاک (BR، SIR، MBC **و** qCO_2) براساس وزن خشک گیاه لوبیا (SDM) در شکل ۱ نشان داده شد.. براساس رابطه به دست آمده بین SDM با BR (R^2=۰/۶۸ و P <۰/۰۰۰۱)، مقدار این صفت در ده درصد کاهش عملکرد (ماده خشک گیاه) (محدوده بیشتر از ۰/۹) ۰/۱۴۶ ($mgCO_2$-C kg^{-1}soil day^{-}[1]) و در ۲۰ درصد کاهش عملکرد (محدوده بیشتر از ۰/۸) به ۰/۱۳۴ ($mgCO_2$-C kg^{-1}soil day^{-1}) رسید رابطه بین SDM با SIR (R^2=۰/۷۴ و P <۰/۰۰۰۱)، مقدار این صفت در ده درصد کاهش عملکرد (محدوده بیشتر از ۰/۹) ۱/۱۸ ($mgCO_2$-C kg^{-1}soil day^{-1}) و در ۲۰ درصد کاهش عملکرد (محدوده بیشتر از ۰/۸) به ۱/۰۵ ($mgCO_2$-C kg^{-1}soil day^{-1}) رسید همچنین رابطه به دست آمده بین SDM با MBC (R^2=۰/۶۹ و P <۰/۰۰۰۱)، مقدار این صفت در ده درصد کاهش عملکرد (محدوده بیشتر از ۰/۹) ۱۰۴۱ (mg kg^{-1}) و در ۲۰ درصد کاهش عملکرد (محدوده بیشتر از ۰/۸) به ۸۹۴ (mg kg^{-1}) رسید محدوده بیشتر از ۰/۹ دامنه بهینه بوده و کیفیت بیولوژیکی خاک خوب است نقطه ۰/۹ نقطه شروع محدودیت است و محدوده بین ۰/۹ و ۰/۸ دامنه محدودکننده است که کیفیت بیواوژیکی خاک متوسط است و به ترتیب مقدار ۰/۹ حد پایین شروع محدودیت و ۰/۸ حد بالای شروع محدودیت است و زمانیکه کمتر از ۰/۸ باشد محدوده بحرانی ست و کیفیت بیولوژیکی خاک بد است. با افزایش تنفس پایه، کربن زیست‌توده میکروبی افزایش یافته با افزایش زیست‌توده میکروبی مقدار تنفس خاک و تجزیه مواد آلی خاک افزایش می‌یابد و افزایش تنفس میکروبی در زیر تاج درختچه گز به‌دلیل وجود مواد آلی زیاد است (بازگیر و همکاران، ۱۳۹۸). روند تغییرات کربن آلی خاک و مقدار کربن زیست‌توده میکروبی یکسان است و هم‌بستگی مثبتی باهم دارند یعنی با افزایش کربن آلی در خاک میزان زیست‌توده میکروبی نیز افزایش می‌یابد. بر این اساس تخریب مراتع ذخایر ماده آلی خاک را کاهش داده و منجر به کاهش کربن زیست‌توده میکروبی شده است (حیدری و همکاران، ۱۳۹۶).

[8]- Subestrat Induced Respiration (SIR)

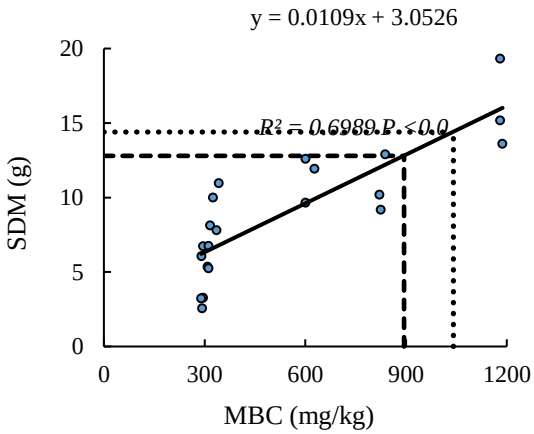
الف)



ب)



ج)



شکل۱- نمودار روابط حدود بهینه و حدود بحرانی برای برخی از شاخص‌های بیولوژیکی خاک در گیاه لوبیا (الف): رابطه وزن خشک گیاه با تنفس پایه خاک (ب): رابطه وزن خشک گیاه با تنفس برانگیخته (ج): رابطه وزن خشک گیاه با کربن زیست توده میکروبی

نتیجه‌گیری

مطابق نتایج، مقادیر ۰/۸ (محدودیت جدی) برای تنفس پایه، تنفس برانگیخته و کربن زیست توده میکروبی به ترتیب ۰/۱۳۴ ($mgCO_2.C\ g^{-1}.day^{-1}$)، ۱/۰۵ ($mgCO_2.C\ g^{-1}.day^{-1}$) و ۸۹۴ (mg/kg) و همچنین مقادیر ۰/۹ (شروع محدودیت) برای تنفس پایه، تنفس برانگیخته و کربن زیست توده میکروبی به ترتیب ۰/۱۴۶ ($mgCO_2.C\ g^{-1}.day^{-1}$) و ۱/۱۸ ($mgCO_2.C\ g^{-1}.day^{-1}$)، ۱۰۴۱ (mg/kg) در خاک اطراف ریشه گیاه لوبیا بدست آمد. چنین مشاهده می‌شود که ورمی‌کمپوست بر رشد گیاه لوبیا تاثیر مثبت داشته و باعث بهبود رشد گیاه شده است و به تبع آن شاخص‌های میکروبی خاک (تنفس پایه، تنفس برانگیخته و کربن زیست توده میکروبی) را بهبود بخشید. البته لازم به ذکر است که این تحقیق در گلخانه صورت گرفته و برای شرایط مزرعه، جنگل و شرایط دیم ممکن است متفاوت باشد و باید بررسی شود.

منابع مورد استفاده

آقایی، س.، نظری، س.، عسگرزاده، ح.، خداوردیلو، ح. (۱۳۹۹). دامنه بهینه چگالی ظاعری به دست آمده از آزمون پروکتور و تنش محوری ۲۰۰ کیلو پاسکال برای رشد آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) . تحقیقات آب و خاک ایران. ۵۱ (۸): ۱۹۳۷-۱۹۴۵.

بازگیر، م.، مقصودی، ز. (۱۳۹۸). ویژگی‌های بیولوژیکی خاک‌های بیابانی تحت تاج پوشش درختچه‌های گز طبیعی. نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک. ۵:۱۸۱-۱۹۵.

حیدری، پ.، حجتی، س.، عنایتی ضمیر، ن.، رعیت پیشه، ا. (۱۳۹۶). تأثیر تغییر کاربری اراضی بر ذخیره کربن آلی و برخی ویژگی‌های بیولوژیکی خاک در بخشی از حوزه آبخیز رکعت در استان خوزستان. فصل‌نامه علمی-پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران. ۱: ۱۹۲-۱۸۱.

Anderson, T.H., (2003). Microbial eco-physiological indicators to asses soil quality. Agriculture, Ecosystems & Environment, 98(1-3), pp.285-293.

Anderson, T.H., Domsch, K.H. (1990). Application of ecophysiological quotients (qCO2 and qD) on microbial biomass from soils of different cropping histories. soil biology and biochemistry. 22: 251–255.

Carter, M.R. and Gregorich, E.G. (2008). Soil Sampling and Methods of Analysis (2nd ed). CRC Press.Boca Raton, FL. P.1204.

Gee ,G.W., Bauder, J.W. 1986. Physical and Mineralogical Methods. In: Clute A (ed). Methods of Soil Analysis, part 1. ASA and SSSA, Medison Wisconsin. 383-409.

Herrick, J.E. (2000). Soil quality: an indicator of sustainable land management. Applied Soil Ecology. 15: 75-83.

Islam, K. and Weil, R.R. (2000). Soil quality indicator properties in mid-Atlantic soils as influenced by conservation management. Journal of soil and water conservation, 55(1), pp.69-78.

Killham, K. 1994. Soil Ecology. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Margarita, C., Fernando, G., and Lillian, F. (2004). Soil microbial indicators sensitive to land use conversion from pastures to commercial Eucalyptus grandis (Hill ex Maiden) plantations in Uruguay. Applied Soil Ecology. 27: 233-125.

Jenkinson D. S. and Powlson D. S. (1976) The etfects of biocidal treatments on metabolism in soil--I. Fumigation with chloroform. soil biology and biochemistry. 12:167-l77.

Determination of optimal range of some soil biological indices

Rogayeh Moharrampour[1], Mohsen Barin[1]*, Mir-Hassan Rasouli-Sadaghiani[1], Hossein Asgarzadeh[1]
[1]Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, 5756151818, Iran;
*Correspondence: m.barin@urmia.ac.ir; +989141472433

Abstract

In order to determine the optimal and critical limits of biological indices of soil quality, a completely randomized design was conducted with different levels of organic matter (OM) treatment (control (without adding OM), 2, 4, 8, 12, 16, and 20 g per 100 g soil) in three replications. The pots were placed in the greenhouse under conditions after sowing of bean (*Phaseolus vulgaris* L.). The start and end points of the limitation by soil biological indices (SBI) were assumed a value of each index that corresponds to 0.9 and 0.8 the maximum value predicted by the equation fitted on data of each feature, respectively. The values 0.9 is the beginning limit (values greater than 0.9 represent good soil biological conditions). The range is 0.8 - 0.9 is slight limitations and below 0.8 is strongly limited (unsuitable soil biological conditions). The results showed that based on the fitted equation, the values of 0.8 (serious limitation) for BR, SIR, and MBC, were 0.134 ($mgCO_2$-C g-1.day-1), 1.05 ($mgCO_2$-C g-1.day-1), and 894 (mg/kg) respectively. Also, based on the fitted equation, the values of 0.9 (start of limitation) for BR, SIR, and MBC, obtained 0.146 ($mgCO_2$-C g-1.day-1), 1.18 ($mgCO_2$-C g-1.day-1), and 1041 (mg/kg) in soil around of bean root, respectively.

Keywords: Critical limit, Sustainable agriculture, Soil biological indices, Soil microbial activity, Soil quality