تحقیقات علوم زراعی در مناطق خشک/ جلد پنجم، شماره سوم، زمستان ۱۴۰۲، ص ۶۳۳-۶۱۹

مقاله پژوهشی

تأثیر کمپوست حاصل از محتویات شکمبه گوسفند و اسید هیومیک بر برخی از ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک و عملکرد گیاه شلغم (*Brassica rapa*)

موسی الرضا طاهری[۱]، علیرضا آستارایی[۱*]، حجت امامی[۱]

۱- گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

* مسئول مکاتبه: astaraei@um.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۶/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱ /۰۸/۰۵ DOI: 10.22034/CSRAR.2024.360317.1272

چکیده

در اراضی کشاورزی ایران به دلیل آهکی بودن و کمبود عناصر قابل جذب برای گیاه و شرایط فیزیکی نامناسب خاک، توجه به کودهای آلی و ریزجانداران خاک اهمیت زیادی پیدا می‌کند. این آزمایش با هدف بررسی تأثیر کمپوست حاصل از محتویات شکمبه گوسفند و اسید هیومیک بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک و عملکرد گیاه شلغم انجام گرفت. برای این منظور از دو سطح کمپوست محتویات شکمبه صفر و ۵ تن بر هکتار و دو سطح اسید هیومیک صفر و ۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم استفاده شد. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با آرایش فاکتوریل در شرایط مزرعه اجرا شد. نتایج نشان داد که تیمارهای آزمایش تأثیر معنی‌داری در بهبود پارامترهای فیزیکی خاک، شامل افزایش میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در حالت الک تر و خشک (۸۳ و ۴۴ درصد)، افزایش درصد پایداری خاکدانه‌ها (۶۲ درصد)، کاهش درصد رس قابل پراکنش خاک (۴۶ درصد) داشتند. اثر متقابل کمپوست شکمبه و اسید هیومیک باعث افزایش کربن و نیتروژن بایومس میکروبی (۴۳ و ۷۷ درصد)، افزایش تنفس میکروبی خاک (۷۵ درصد)، کاهش pH خاک و افزایش فراهمی عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم خاک شد. کاربرد همزمان کمپوست محتویات شکمبه و اسید هیومیک بیشترین تأثیر را در افزایش عملکرد شلغم (۲۲ درصد) نسبت به شاهد داشت. با توجه به نتایج بدست آمده کمپوست شکمبه و اسید هیومیک باعث بهبود خصوصیات فیزیکی و زیستی خاک و به دنبال آن افزایش فراهمی عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم خاک شد و در نهایت باعث افزایش عملکرد گیاه شلغم شد.

واژه‌های کلیدی: پایداری خاکدانه‌ها، تنفس میکروبی، جمعیت میکروبی، عناصر غذایی

مقدمه

امروزه استفاده گسترده از کودهای شیمیایی علاوه بر این که نتوانسته عناصر غذایی مورد نیاز گیاه را به صورت پایدار تأمین کند، بلکه موجب تخریب ساختمان خاک و نامساعد کردن شرایط فیزیکی خاک برای رشد گیاه شده است (Wu *et al.*, 2020). به نظر می‌رسد که برای داشتن کشاورزی پایدار در یک خاک مسئله‌دار باید از کودهایی استفاده کرد که هر سه ویژگی فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک را بهبود بخشد. مواد آلی از ترکیب‌های مهم خاک هستند که اثرات قابل ملاحظه‌ای بر فراهمی عناصر غذایی، بهبود ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک دارند (Liu *et al.*, 2013). در کشاورزی پایدار می‌توان نیاز گیاه به عناصر غذایی را با کودهای آلی حاصل از بقایای گیاهی و جانوری تأمین کرد و از این راه می‌توان شرایط فیزیکی خاک را نیز بهبود بخشید (Ekpe, 2013).

یکی از ترکیب‌های آلی که بعد از فرآوری می‌توان به عنوان یک کود آلی غنی از عناصر غذایی و فاقد مشکل شوری استفاده کرد، ضایعات شکمبه است که از جیره غذایی جویده شده دام با ماهیت سلولوزی و سرشار از الیاف فیبری تشکیل شده است که سبب جذب و نگهداری بیشتر رطوبت خاک توسط آن می‌شود. هم‌چنین این ضایعات حاوی ترشحات سیستم گوارشی دام است که نقش مثبتی در چسبندگی ذرات خاک دارد. یکی از اصلی‌ترین بخش‌های سیستم گوارشی حیوانات گیاهخوار و نشخوار کننده ریزجانداران سیستم گوارشی این حیوانات است که شامل قارچ‌ها، باکتری‌ها و پروتوزوآهایی است که نقش عمده‌ای در هضم مواد غذایی دارند (Lee *et al.*, 2000). در هر میلی‌گرم محتویات شکمبه بین 10^9 تا 10^{11} CFU باکتری و 10^5 تا 10^6 CFU[1] پروتوزوآ و قارچ وجود دارد که معمولاً بی‌هوازی هستند و بین ۱۰ تا ۲۰ درصد جمعیت میکروبی شکمبه را به خود اختصاص می‌دهند (Mateos *et al.*, 2015). وجود جمعیت زیاد ریزجانداران در کمپوست محتویات شکمبه

[1] Colony forming units

به ویژه قارچها با تشکیل میسیلیوم می‌توانند تأثیر مستقیمی در خاکدانه سازی داشته باشند (Bossuyt *et al*., 2001). کاربرد ۱۰ تن بر هکتار محتویات شکمبه‌ای تازه در یک خاک شنی تأثیر مثبت و معنی‌داری بر درصد پایداری خاکدانه‌ها، جرم مخصوص ظاهری خاک، درصد تخلخل خاکدانه‌ها و درصد نگهداری رطوبت خاک داشت (Ekpe, 2013). در بررسی مواد هضمی شکمبه بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در جنوب شرق نیجریه مشخص شد که کاربرد ۱۰۰ گرم بر کیلوگرم محتویات شکمبه تازه تأثیر قابل توجه و معنی‌داری بر افزایش میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (MWD) و درصد پایداری خاکدانه‌ها (AS) داشت (Edeh *et al*., 2015). افزودن محتویات شکمبه به خاک سبب افزایش جمعیت قارچها، باکتری‌ها و به ویژه ازتوباکتر و هم‌چنین افزایش فعالیت آنزیم فسفاتاز شد (Roy *et al*., 2013). وجود منابع سرشار از کربن در کودهای آلی سبب افزایش کربن زیست توده میکروبی خاک می‌شود (Liu *et al*., 2013).

اسید هیومیک یک مولکول پیچیده است که از تجزیه نهایی میکروبی و شیمیایی مواد آلی حاصل می‌شود. این ماده در گسترش ریشه و بهبود شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک مؤثر است (Suman *et al*., 2017). بین ۶۰ تا ۸۰ درصد مواد آلی از مواد هومیکی تشکیل شده که حاصل تجزیه نهایی میکرو شیمیایی مواد آلی است که بخش بزرگی از این مقدار شامل اسید هیومیک است (Pettit, 2004). مواد آلی مثل مواد هومیکی به دلیل دارا بودن کربن زیاد منبع غذایی مناسبی برای ریزجانداران خاک می‌باشند (Li *et al*., 2019). نتایج یک تحقیق نشان داد که استفاده از ۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم اسید هیومیک موجب افزایش تنفس میکروبی خاک به دلیل افزایش منبع غذایی ریزجانداران خاک شد (Raiesi, 2004). در تحقیقی دیگر اشاره شد که اسید هیومیک موجب افزایش فعالیت آنزیم‌های اوره آز و فسفاتاز شده است (Riaz *et al*., 2013). در آزمایشی با عنوان تأثیر اسید هیومیک استخراج شده از معادن زغال سنگ بر رشد گیاه چغندرقند و جمعیت میکروبی خاک به این نتیجه رسیدند که افزودن ۲ گرم بر کیلوگرم اسید هیومیک به خاک موجب افزایش باکتری‌های هوازی خاک، اکتینومیست‌ها، قارچهای رشته‌ای، ریزجانداران سلولیتیک[1] و باکتری‌های اکسید کننده آمونیوم و نیترات می‌شود (Li *et al*., 2019). در تحقیق انجام شده بر روی تأثیر اسید هیومیک بر پارامترهای زیستی خاک مشخص شد که افزودن یک گرم بر کیلوگرم اسید هیومیک به خاک موجب افزایش تنفس میکروبی و زیست توده میکروبی خاک شد (Erol and Coskan, 2016). وجود گروه‌های عاملی فراوان در ترکیب‌های آلی باعث تشکیل کمپلکس های آلی-معدنی می‌شود که نقش عمده‌ای در پایداری خاکدانه‌ها ایفا می‌کند (Adugna, 2016). مواد آلی بعد از تجزیه داخل خاک مواد اسیدی تولید می‌کنند که نقش مؤثری در افزایش حلالیت کانی‌های کلسیم دار دارند، از آنجایی که کلسیم نقش مهمی در چسبندگی ذرات رس دارد افزایش حلالیت آن در خاک باعث کاهش مقدار رس قابل پراکنش خاک می‌شود (Boyle *et al*., 1989). فرض این تحقیق بر این است که کمپوست حاصل از محتویات شکمبه گوسفند با ظرفیت جذب آب زیاد، ریزجانداران و آنزیم‌های مفید، و محتوای عناصر غذایی که دارد می‌تواند به عنوان یک کود مناسب برای بهبود خاک استفاده شود و کاربرد اسید هیومیک همراه با کمپوست شکمبه سبب افزایش کارایی آن شود. بر این اساس این تحقیق با هدف بررسی تأثیر کمپوست حاصل از محتویات شکمبه گوسفند و اسیدهیومیک بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیای و زیستی خاک در شرایط یک خاک شور، آهکی و رسی و تأثیر آن بر عملکرد گیاه شلغم انجام شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در یک خاک با بافت رسی، شور (۹/۱ $dS\ m^{-1}$) و آهکی (۱۵ درصد) از مزارع دشت میان جلگه نیشابور (روستای شهرآباد) با طول جغرافیای ۵۳ درجه و ۴۱ دقیقه و عرض جغرافیای ۳۲ درجه و ۲۵ دقیقه به اجرا درآمد. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با آرایش فاکتوریل و در سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل کمپوست حاصل از محتویات شکمبه گوسفند در دو سطح (S0: صفر و S1: ۵ تن بر هکتار) و اسید هیومیک در دو سطح (H0: صفر و H1: ۵ میلی‌گرم برکیلوگرم) بود. جهت آزمایش اولیه خاک نمونه از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک برداشت شد و بعد از هوا خشک شدن و عبور از الک ۲ میلی‌متری مورد ارزیابی فیزیکی و شیمیایی با روش‌های

[1] Cellulitis microorganisms

استاندارد قرار گرفت (جدول ۱). برای تهیه کمپوست محتویات شکمبه گوسفند، مقدار ۲۰۰ کیلوگرم محتویات شکمبه گوسفند با ۱۰ درصد کاه گندم مخلوط شده و در یک محیط مسقف به مدت یک ماه قرار گرفت، هر هفت روز یک بار توده کمپوست هم زده و آبپاشی شد. جهت آزمایش مقدار کربن آلی موجود در کمپوست شکمبه و اسید هیومیک از روش والکی و بلک استفاده شد. برای اندازه‌گیری میزان فسفر و پتاسیم موجود در کمپوست شکمبه و اسید هیومیک، نمونه‌ها ابتدا به روش هضم خشک در اسید سولفوریک هضم شدند و در نهایت فسفر به روش اولسن و پتاسیم به روش فلیم فتومتری اندازه‌گیری شد (جدول ۲). اسید هیومیک مورد استفاده در این تحقیق از کود اسید هیومیک ساخت کشور ایتالیا با درصد خلوص ۹۵ درصد استفاده شد. آزمایش در شرایط مزرعه داخل کرت‌های یک متر مربعی با فاصله مرزی نیم متر انجام شد. تیمارهای آزمایش به صورت تصادفی به کرت‌های آزمایش اضافه شد و تا عمق ۳۰ سانتی‌متری با خاک کاملاً مخلوط شد. داخل هر کرت تعداد ۱۰ گیاه شلغم رقم سفید کشت شد و به مدت ۳ ماه داخل مزرعه نگهداری شد. آبیاری هرکرت به وسیله سیفون و با مقدار برابر و با دور آبیاری هر ۱۵روز انجام شد. بعد از گذشت ۹۰ روز از زمان کشت، گیاه شلغم برداشت شد و ویژگی‌های عملکردی گیاه اندازه‌گیری شد. از خاک کرت‌های آزمایش عمق صفر تا ۳۰ سانتی متری نمونه دست نخورده و با رطوبت ظرفیت زراعی تهیه شد. نمونه به دو قسمت تقسیم شد، یک قسمت جهت اندازه‌گیری شاخص‌های فیزیکی و شیمیایی هوا خشک شد و قسمت دیگر در داخل کیسه پلاستیکی قرار گرفت و در دمای ۴ درجه سلسیوس برای آنالیز پارامترهای زیستی نگهداری شد.

پارامترهای فیزیکی شامل میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در دو حالت الک تر و الک خشک (MWD[1]wet, MWDdry) ، درصد پایداری خاکدانه‌ها (AS[2])، درصد رس قابل پراکنش (DC[3])، و رطوبت ظرفیت زراعی خاک (FC[4]) بود. مقدار میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در دو حالت الک تر و خشک بر اساس روش کمپر و چپیل اندازه‌گیری شد (Kemper and Chepil, 1965). درصد پایداری خاکدانه‌ها (AS) با استفاده از روش الک‌تر (Kemper and Chepil, 1965) و بعد از تصحیح شن تعیین شد. جهت اندازه‌گیری درصد رس قابل پراکنش (DC) مقدار ۲۰ گرم خاک وزن کرده و به یک استوانه ۲۵۰ میلی‌لیتری انتقال داده و به آن ۲۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر افزوده و کاملاً هم زده شد بعد از گذشت ۱۲ ساعت از عمق ۱۰سانتی‌متری مقدار ۱۰ میلی‌لیتر از سوسپانسیون برداشت شد و بعد از خشک کردن نمونه در آون درصد رس قابل پراکنش با توجه به وزن کل رس موجود در ۲۰ گرم نمونه خاک حساب شد. ظرفیت نگهداری رطوبت زراعی خاک (FC) به وسیله دستگاه صفحه فشاری تحت فشار ۰/۳ اتمسفر و بعد از اشباع کردن نمونه‌ها از کف اندازه‌گیری شد.

از پارامترهای زیستی خاک موارد کربن زیست توده میکروبی خاک (MBC[5])، نیتروژن زیست توده میکروبی (MBN[6]) و تنفس میکروبی خاک (BR[7]) مورد آنالیز قرار گرفت.کربن زیست توده میکروبی خاک به روش تدخین با کلروفرم انکوباسیون و سپس تیتراسیون برگشتی با سود باقی مانده اندازه‌گیری شد (Anderson and Domsch, 1978). لندازه گیری نیتروژن زیست توده میکروبی به روش تدخین با کلروفرم-انکوباسیون و اندازه‌گیری آمونیوم و نیترات به روش رنگ سنجی انجام شد. جهت اندازه‌گیری تنفس میکروبی از روش اندرسون استفاده شد، برای این منظور میزان CO_2 تولید شده از خاک بعد از یک هفته اندازه‌گیری شد (Anderson and Domsch, 1978) .

گیاه شلغم بعد از ۹۰ روز از زمان کاشت برداشت شد. ویژگی‌های وزن تر، وزن خشک، طول غده و قطر غده اندازه‌گیری شد. برای انجام آزمایش‌های شیمیایی غده شلغم به وسیله آون در دمای ۷۵ درجه سلسیوس خشک و آسیاب شد. تمامی تجزیه و تحلیل‌های آماری توسط نرم‌افزار JMP (JMP نسخه ۸) انجام شد. برای تجزیه و تحلیل معنی‌داری بین تیمارها از ANOVA یک طرفه استفاده شد. برای مقایسه میانگین بین داده‌ها از آزمون Tukey HSD در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد. برای رسم نمودارها و همبستگی بین دادها از نرم‌افزار Excel ورژن ۲۰۱۳ استفاده شد.

[1] Mean weight diameter
[2] Soil aggregates stability
[3] Dispersion clay
[4] Farm capacity

[5] Microbial biomass carbon
[6] Microbial biomass nitrogen
[7] Basal Respiration

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک آزمایشی

Table 1- Physical and chemical characteristics of experimental soil

پارامترها Parameters	واحد Unit	مقدار Amount	روش اندازه گیری Method
اسیدیته pHe	–	7.9	pH متر (Jones Jr, 1973)
شوری ECe	(dS m^{-1})	7.2	EC متر (Jones Jr, 1973)
نسبت کربن به نیتروژن C/N	-	9.5	-
کربن آلی Organic carbon	(٪)	0.38	والکلی- بلاک (Walkley and Black, 1934)
شن Sand	(٪)	30	-
رس Clay	(٪)	42	-
سیلت Silt	(٪)	28	-
بافت Texture	-	رسی Clay	هیدرومتری (Bouyoucos, 1962)
آهک $CaCo_3$	(٪)	15	تیتراسیون Titration
نیتروژن کل Total nitrogen	(٪)	0.04	کجلدال (Bremner, 1982)
فسفر قابل دسترس Available phosphorus	(mg kg^{-1})	5.9	اولسن (Olsen, 1954)
پتاسیم قابل جذب Available potassium	(mg kg^{-1})	230	فلیم فتومتری Flame photometric

جدول ۲- برخی از ویژگی های شیمیایی تیمارهای آزمایش

Table 2- Some chemical characteristics of experimental treatments

پارامترها Parameters	واحد Unit	اسید هیومیک Humic acid	کمپوست شکمبه Rumen compost	روش اندازه گیری Method
شوری ۱:۵ EC	(dS m^{-1})	5	13	-
اسیدیته ۱:۵ pH	-	8	6.7	-
کربن آلی Organic carbon	(%)	40	57	والکلی- بلاک (Walkley and Black, 1934)
نیتروژن کل Total nitrogen	(%)	3.2	4	کجلدال (Bremner, 1982)
فسفر قابل دسترس Available phosphorus	(%)	0.46	0.5	اولسن (Olsen, 1954)
پتاسیم قابل دسترس Available potassium	(%)	2	2.9	فلیم فتومتری Flame photometric

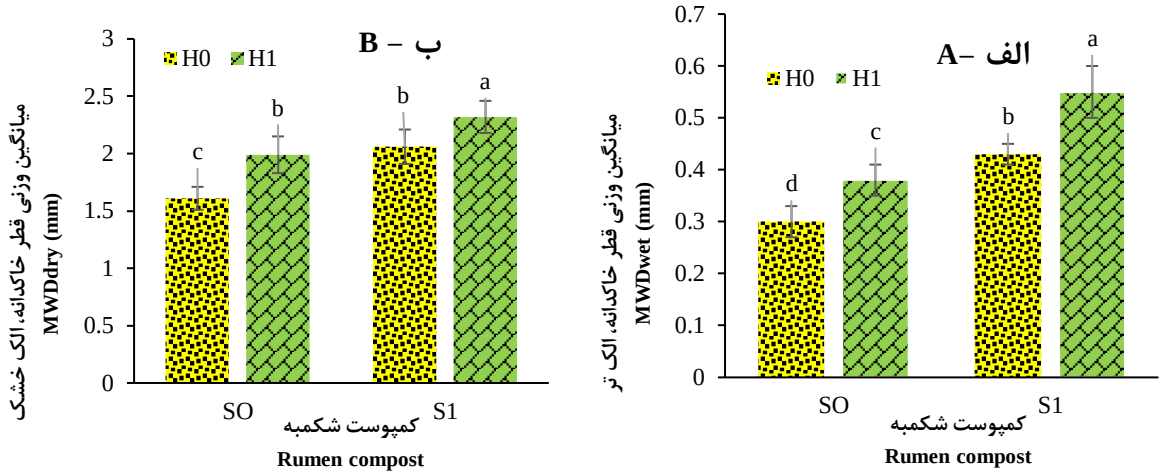
نتایج و بحث

تأثیر تیمارهای آزمایش بر ویژگی‌های فیزیکی خاک

نتایج تجزیه واریانس بین داده‌ها نشـــان داد که تیمارهای اسید هیومیک و کمپوست شکمبه و اثر متقابل آنها تأثیر معنی داری ($p<0.01$) در بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک دارد به جز اســـید هیومیک که تأثیر معنی‌داری بر رطوبت ظرفیت زراعی نداشت (جدول ۳).

میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در دو حالت الک تر (MWDwet) و خشک (MWDdry)

نتایج مقایسه میانگین تأثیر تیمارهای آزمایش بر میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در شکل ۱ نشان داده شده است. کاربرد جداگانه یا همزمان کمپوست شکمبه و اسید هیومیک باعث افزایش میانگین وزنی قطر خاکدلنه‌ها شد. اثر متقابل اسید هیومیک و کمپوست شکمبه (S1, H1) بیشترین تأثیر در افزایش MWDwet و MWDdry (۰/۵۵ و ۲/۳۳ میلی متر) داشت. کمپوست شکمبه (S1) باعث افزایش ۴۳ درصدی MWDwet و افزایش ۲۸ درصدی MWDdry در مقایسه با شاهد (S0, H0) شد. اسید هیومیک باعث افزایش ۲۶ درصدی MWD_{wet} و افزایش ۲۳ درصدی MWDdry در مقایسه با شاهد شد. درحالت الک تر کمپوست شکمبه ۱۳ درصد بیشتر از اسید هیومیک باعث افزایش میانگین قطر خاکدانه‌ها شد. در الک خشک تأثیر معنی‌داری بین کمپوست شکمبه و اسید هیومیک وجود نداشت. با توجه به نتایج ارائه شده کمپوست شکمبه و اسید هیومیک باعث افزایش میانگین وزنی قطر خاکدلنه‌ها شدند. به نظر می‌رسد که وجود گروه‌های عاملی فراوان در ترکیبات آلی مثل شکمبه باعث تشکیل کمپلکس‌های قوی آلی- معدنی بین خاکدانه‌ها می‌شود که نقش عمده‌ای در پایداری خاکدانه‌ها ایفا می‌کند (Kurzemann *et al*., 2021). محققان گزارش دادند که کاربرد اسید هیومیک در خاک موجب افزایش میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها شد که این تأثیر اسید هیومیک را به دلیل وجود گروه‌های آروماتیک و آلیفاتیک در ساختار اسید هیومیک بیان کردند که با ایجاد یک پوشش نفوذ ناپذیر به آب در اطراف خاکدانه مانع از تخریب آن می‌شود (Khalil *et al*., 2011).



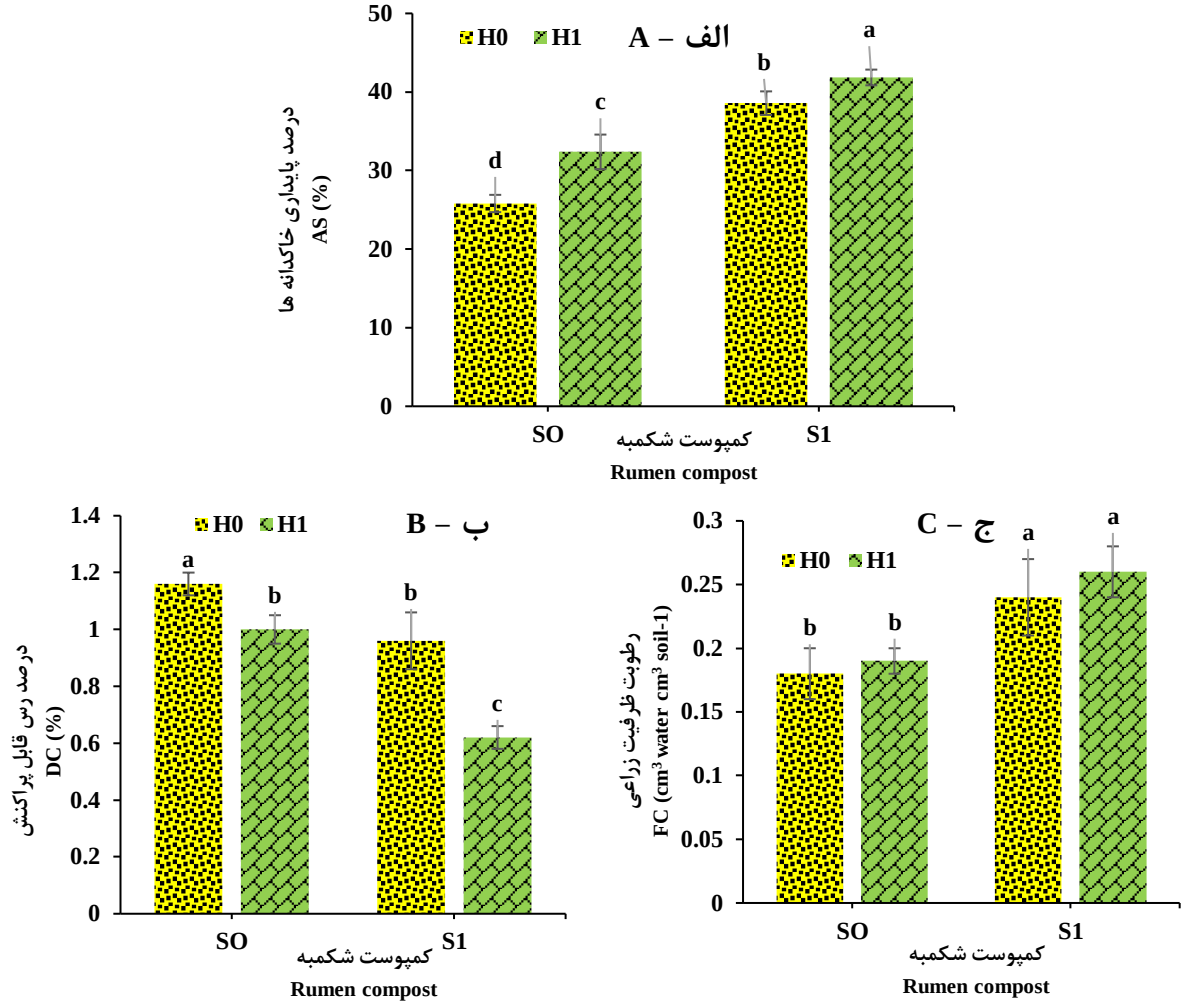
شکل ۱- تأثیر تیمارهای آزمایش بر میانگین وزنی قطر خاکدانه، الک تر (الف) و الک خشک (ب). S0 و S1: کمپوست شکمبه صفر و ۵ تن در هکتار. H0 و H1: اسید هیومیک صفر و ۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم. حروف متفاوت نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح ۵ درصد است.

Figure 1- The effect of treatments on mean weight diameter aggregate wet (A) and mean weight diameter aggregate dry (B). S0 and S1: 0 and 5 t ha^{-1}rumen. H0 and H1: 0 and 5 mg kg^{-1} humic acid. Different letters show significant differences among treatments at p<0.05. Error bars indicate standard deviation (n=3).

درصد پایداری خاکدانه‌ها (AS)

نتایج تأثیر تیمارهای آزمایش بر درصد پایداری خاکدانه‌ها در شکل ۲ نشان داده شده است. اثر متقابل اسید هیومیک و کمپوست شکمبه (S1, H1) بیشترین تأثیر در افزایش AS در مقایسه با تیمار شاهد (S0, H0) داشته است. کمپوست شکمبه (S1) باعث افزایش ۴۹ درصدی AS در مقایسه با شاهد شد. اسید هیومیک باعث افزایش ۲۵ درصدی AS در مقایسه با شاهد شد. وجود جمعیت زیاد ریزجلنداران در کمپوست محتویات شکمبه به ویژه قارچها با تشکیل میسیلیوم می‌توانند تأثیر مستقیمی در خاکدانه سازی داشته باشند (Bossuyt *et al*., 2001). گزارش شده که کاربرد ۱۰ تن در هکتار محتویات شکمبه‌ای تازه در یک خاک رسی تأثیر مثبت و معنی‌داری بر درصد پایداری خاکدانه‌ها داشته است (Ekpe, 2013). بررسی‌ها نشان می‌دهد که کاربرد ۴ درصد اسید هیومیک تأثیر معنی‌دار

و قابل توجه‌ای بر افزایش پایداری خاکدانه‌ها (AS) داشته اشت. مواد آلی به ویژه ترکیب‌های هومیکی با تشـــکیل ســـیمان بین ذرات خـاک موجـب افزایش پـایـداری خـاکـدانـه‌هـا می‌شـــوند (Gümüş and Şeker, 2015).



شکل ۲- تأثیر تیمارهای آزمایش بر درصد پایداری خاکدانه‌ها (الف)، درصد رس قابل پراکنش (ب) و رطوبت ظرفیت زراعی (ج). . S0 و S1: کمپوست شکمبه صفر و ۵ تن در هکتار. H0 و H1: اسید هیومیک صفر و ۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم. حروف متفاوت نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح ۵ درصد است.

Figure 2- The effect of treatments on soil aggregates stability (A), dispersion clay (B), and farm capacity (C). S0 and S1: 0 and 5 t ha^{-1}rumen. H0 and H1: 0 and 5 mg kg^{-1} humic acid. Different letters show significant differences among treatments at p<0.05. Error bars indicate standard deviation (n=3).

درصد رس قابل پراکنش (DC)

با توجه به نتایج (شـکل۲ - ب) اسـید هیومیک و کمپوسـت شـکمبه باعث کاهش درصـد رس قابل پراکنش خاک شـدند. اگر چـه اختلاف معنی‌داری بین کـاربرد اســـیـد هیومیـک (H1) و کمپوست شکمبه (S1) وجود نداشت ولی اسید هیومیک بیشتر DC خاک را کاهش داد. اثر متقابل اسـید هیومیک و کمپوسـت شـکمبه باعث کاهش ۴۶ درصـدی DC خاک نسـبت به شـاهد (S0, H0) شـــد. مواد آلی بعـد از تجزیـه انواع متـابولیـت‌هـا و اسـیدهای آلی تولید می‌کنند که سـبب چسـبندگی بیشـتر ذرات خاک می‌شـود. هم‌چنین با افزایش تجزیه مواد آلی گاز CO_2 در خـاک افزایش می‌یـابد کـه در نتیجـه آن محیط خـاک بـا تولیـد اسـیدکربنیک اسـیدی‌تر می‌شـود و در ادامه این فرآیند موجب افزایش حلالیت کانی‌های کلسـیم دار در خاک می‌شود و باتوجه به نقش کلســـیم به عنوان عامل منعقد کننده ذرات رس، انتظار می‌رود کـه میزان پراکنش رســـهـا کاهش یـابـد (Cercioglu, 2017).

رطوبت ظرفیت زراعی (FC)

اسید هیومیک اگر چه به مقدار کم باعث افزایش FC شد ولی از لحاظ آماری معنی‌دار نشد (شکل ۲). کمپوست شکمبه باعث افزایش ۴۴ درصدی FC نسبت به تیمار شاهد (S0, H0) شد. به نظر می‌رسد وجود الیاف فیبری در کمپوست شکمبه که به وسیله دام کاملاً جویده شده عامل این تأثیر بوده است. خاک‌های تیمار شده با محتویات تازه شکمبه نسبت به خاک‌های بدون محتویات شکمبه درصد ظرفیت نگهداری رطوبت بیشتری دارند (Ekpe, 2013).

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس بین داده‌ها

Table 3- The results of analysis variance between data

SV		کمپوست شکمبه Rumen compost	اسید هیومیک Humic acid	شکمبه * اسید هیومیک Rumen × Humic	خطا Error	ضریب تغییرات CV
درجه آزادی df		1	1	1	18	-
میانگین مربعات Mean squares	درصد پایداری خاکدانه‌ها AS	741**	145**	16.33*	2.52	5.2
	رس قابل پراکنش DC	0.46**	0.40**	0.06**	0.006	8.4
	رطوبت ظرفیت زراعی FC	0.03**	0.00 n.s	0.00 **	0.00	6.88
	میانگین قطر خاکدانه الک تر MWD wet	0.05**	0.13**	0.002*	0.00	5.61
	میانگین قطر خاکدانه الک خشک MWD dry	0.93**	0.61**	0.02*	0.004	3.25
	تنفس میکروبی BR	129**	22**	5.4**	0.25	4.09
	زیست توده میکروبی نیتروژن MBN	495**	187**	16*	2	5.87
	زیست توده میکروبی کربن MBC	4985**	320**	222*	31	11
	نیتروژن کل N	1.25**	0.45**	0.26**	0.02	10
	فسفر قابل دسترس P	0.004**	0.001**	0.00*	0.00	3.6
	پتاسیم قابل دسترس K	0.54**	9.35**	0.21**	0.01	6
	اسیدیته pH	0.4**	0.09**	0.02**	0.00	8
	وزن تر غده Tuber wet weight	40221**	17013**	396**	33.7	12

* معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد، ** معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد، n.s بدون تأثیر معنی‌دار.

* Significance at 5% probability level, ** Significance at 1% probability level, n.s. without significant effect.

تأثیر تیمارهای آزمایش بر ویژگی‌های زیستی خاک

نتایج تجزیه واریانس بین داده‌ها نشان داد که کمپوست شکمبه و اسید هیومیک و اثر متقابل آن تأثیر معنی‌داری ($p<0.01$) در بهبود ویژگی‌های زیستی خاک داشتند (جدول ۳).

کربن زیست توده میکروبی (MBC)

با توجه به نتایج کاربرد کمپوست شکمبه و اسید هیومیک باعث افزایش زیست توده کربن خاک شد (جدول ۴). کمپوست شکمبه و اسید هیومیک به ترتیب باعث افزایش ۴۰ و ۱۸ درصدی MBC در مقایسه با تیمار شاهد (SO, HO) شدند.

بررسی منابع نشان می‌دهد که کربن زیست توده میکروبی ارتباط مستقیمی با مقدار کربن خاک دارد به این صورت که با افزایش مقدار کربن خاک میزان کربن زیست توده خاک نیز افزایش می‌یابد (Chen *et al.*, 2005). اسید هیومیک تأثیر مثبتی بر افزایش میزان کربن زیست توده میکروبی خاک دارد (Yang *et al.*, 2010). اسید هیومیک به دلیل تأثیری که در کمپلکس کنندگی خاک دارد باعث افزایش زیست توده میکروبی خاک می‌شود. مواد آلی به دلیل تأثیری که بر بهبود شرایط رطوبتی و تهویه‌ای خاک دارند باعث افزایش کربن زیست توده خاک می‌شوند .(Erol and Coskan, 2016)

جدول ۴- اثر کمپوست شکمبه و اسید هیومیک بر پارامترهای زیستی خاک

Table 4- The effect of rumen compost and humic acid on soil biological parameters

کمپوست شکمبه Rumen compost	اسید هیومیک Humic acid	تنفس میکروبی BR	زیست توده میکروبی نیتروژن MBN	زیست توده میکروبی کربن MBC
–	–	mg CO_2 kg^{-1} dry soil	mg N kg^{-1} dry soil	mg C kg^{-1} dry soil
S0	H0	8.65[d]	18.93[d]	83.43[c]
	H1	11.51[c]	22.88[c]	96.83[b]
S1	H0	14.25[b]	26.38[b]	118.35[a]
	H1	15.21[a]	33.60[a]	119.56[a]

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون از نظرآماری فاقد اختلاف معنی‌داری می باشند (FLSD α=0.05). S0 و S1: کمپوست شکمبه صفر و ۵ تن در هکتار. H0 و H1: اسید هیومیک صفر و ۵ میلی گرم بر کیلوگرم.

The means with common letters in each column are not statistically significant (FLSD α=0.05). S0 and S1: 0 and 5 t ha-1rumen. H0 and H1: 0 and 5 mg kg-1 humic acid.

نیتروژن زیست توده میکروبی (MBN)

اثر متقابل اسید هیومیک و کمپوست شکمبه بیشترین تأثیر (۷۷ درصد) در افزایش MBN خاک در مقایسه با شاهد داشت (جدول ۴). اثر ساده کمپوست شکمبه (S1, H0) و اسید هیومیک (H1, S0) به ترتیب باعث افزایش ۳۹ و ۲۰ درصدی MBN نسبت به تیمار شاهد (S0, H0) شدند. به نظر می‌رسد که افزودن کودهای کمپوست شکمبه و اسید هیومیک به خاک باعث افزایش نیتروژن کل خاک شده و از این طریق موجب افزایش نیتروژن زیست توده میکروبی خاک شد. خاک‌های غنی از نیتروژن دارای نیتروژن زیست توده میکروبی بیشتری هستند (Yang *et al.*, 2010). استفاده از منابع کودی غنی از عناصر غذایی به ویژه نیتروژن و نسبت C/N کم این مواد باعث شده تا منبع غذایی مناسبی برای ریزجانداران مرتبط با نیتروژن خاک فراهم شود (El-Sharkawi, 2012).

تنفس میکروبی خاک (BR)

کاربرد اسید هیومیک و کمپوست شکمبه چه به صورت جداگانه چه همراه با هم باعث افزایش تنفس میکروبی خاک شد (جدول ۴). اثر متقابل اسید هیومیک و کمپوست شکمبه بیشترین تأثیر (۷۵٪) در افزایش BR داشت. کمپوست شکمبه و اسید هیومیک هر کدام به تنهایی به ترتیب باعث افزایش ۶۴ و ۳۳ درصدی BR در مقایسه با تیمار شاهد (S0, H0) شدند. به نظر می‌رسد که کمپوست شکمبه به دلیل نسبت C/N بیشتر از خاک (۴۰ درصد)، مقدار کربن آلی خاک را افزایش داده که احتمالاً این افزایش کربن آلی و تأثیر مستقیم کمپوست شکمبه بر جمعیت ریزجاندارن خاک باعث شده تا این تیمار بیشترین تأثیر را در بین تیمارهای آزمایشی بر BR خاک داشته باشد. مواد آلی با نسبت C/N زیاد در مقایسه با مواد با نسبت C/N کم در دراز مدت BR خاک را بیشتر افزایش می‌دهند (Yazdanpanah *et al.*, 2016). جود مقدار زیاد کربن در خاک های تیمار شده با کودهای آلی باعث افزایش جمعیت ریزجانداران می‌شود که به دنبال آن BR خاک افزایش می یابد (Mariaselvam *et al.*, 2014). قرارگرفتن کود آلی در اطراف ریزوسفر و یا خارج از ریزوسفر سرعت BR خاک را افزایش می‌دهد (Liang *et al.*, 2005).

تأثیر تیمارهای آزمایش بر برخی از ویژگی‌های شیمیای خاک و عملکرد گیاه شلغم

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که کمپوست شکمبه (S1) و اسید هیومیک (H1) و اثر متقابل آن (S1, H1) تاثیر معنی‌داری ($p<0.01$) بر مقدار عناصر غذایی خاک و عملکرد گیاه شلغم داشتند (جدول ۳). با توجه به نتایج ارائه شده در جدول ۵ کمپوست شکمبه تأثیر معنی‌داری در افزایش عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم خاک (۲۳، ۳۵ و ۱۱ درصد) در مقایسه با تیمار شاهد (S0, H0) داشته است. اسید هیومیک باعث افزایش ۱۲ درصدی نیتروژن، ۳۱ درصدی فسفر و ۲۲ درصدی پتاسیم خاک در مقایسه با شاهد شد. اثر متقابل کمپوست شکمبه و اسید هیومیک بیشترین تأثیر در افزایش عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم خاک داشت. کمپوست شکمبه باعث کاهش pH خاک در مقایسه با شاهد شد. اثر متقابل کمپوست شکمبه و اسید هیومیک (S1, H1) بیشترین تأثیر را بر عملکرد گیاه شلغم داشت و باعث افزایش ۲۲ درصدی وزن تر غده نسبت به شاهد شد. اثر ساده اسید هیومیک و کمپوست شکمبه به ترتیب باعث افزایش ۶ و ۹ درصدی وزن تر گیاه شلغم شدند.

جدول ۵- اثر کمپوست شکمبه و اسید هیومیک بر برخی از پارامترهای شیمیای خاک و عملکرد گیاه شلغم

Table 5- The effect of rumen compost and humic acid on some soil chemistry parameters and turnip yield

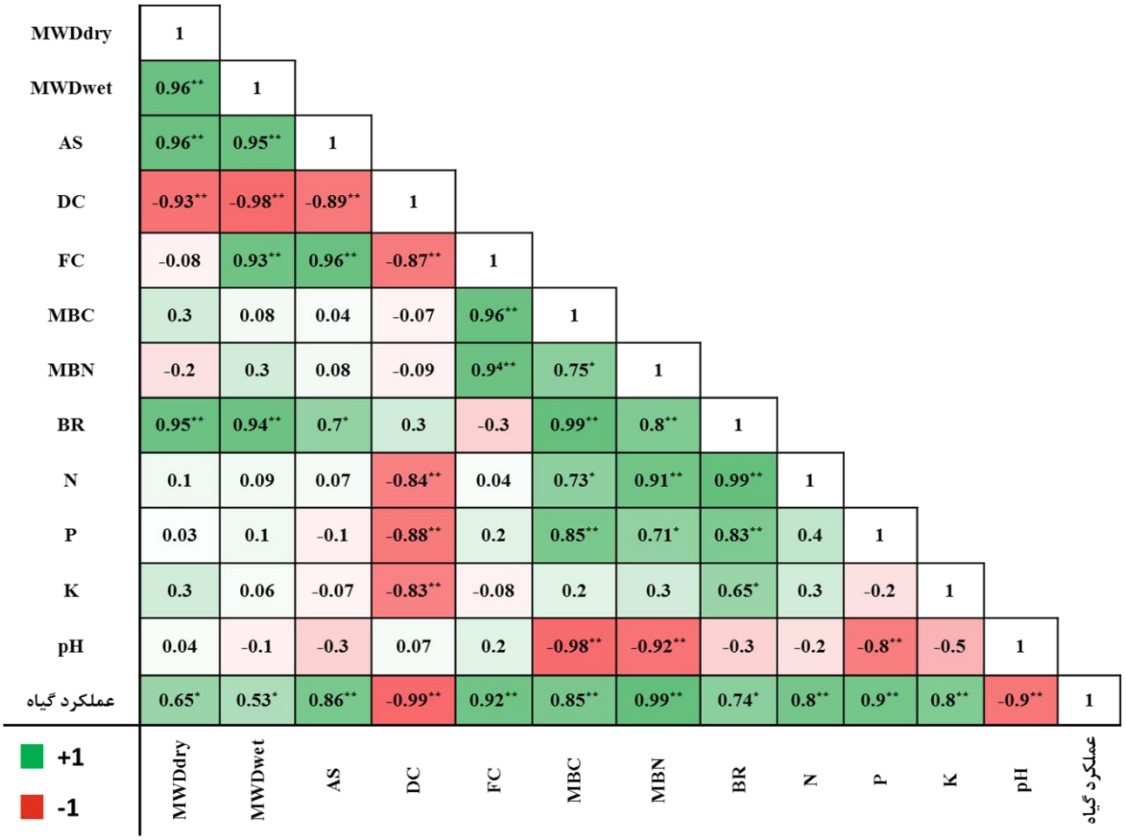
کمپوست شکمبه Rumen compost	اسید هیومیک Humic acid	عملکرد گیاه (وزن تر غده) Plant yield (tuber wet weight)	اسیدیته pH	پتاسیم خاک K	فسفر خاک P	نیتروژن خاک N
-	-	(g m^{-2})	-	(mg kg^{-1})	(mg kg^{-1})	(%)
S0	H0	864.5^{d}	7.76^{a}	255.2^{d}	7.9^{c}	0.065^{d}
	H1	921.4^{c}	7.68^{a}	312.1^{b}	10.5^{b}	0.073^{d}
S1	H0	950.8^{b}	7.45^{c}	285.4^{c}	10.8^{b}	0.08^{b}
	H1	1061.1^{a}	7.38^{c}	324.8^{a}	11.9^{a}	0.082^{a}

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون از نظرآماری فاقد اختلاف معنی‌داری می‌باشند (FLSD α=0.05). S0 و S1: کمپوست شکمبه صفر و ۵ تن در هکتار. H0 و H1: اسید هیومیک صفر و ۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم.

The means with common letters in each column are not statistically significant (FLSD α=0.05). S0 and S1: 0 and 5 t ha-1rumen. H0 and H1: 0 and 5 mg kg-1 humic acid.

همبستگی بین پارامترهای اندازه‌گیری شده

با توجه به نتایج ارائه شده در شکل ۳ همبستگی مثبت و معنی‌داری بین پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک با عملکرد گیاه شلغم وجود دارد. پارامترهای فیزیکی خاک مثل MWDdry، MWDwet و AS همبستگی مثبت و معنی‌داری ($p<0.01$) با BR خاک نشان دادند. DC با تمام پارامترهای فیزیکی خاک، عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم خاک همبستگی منفی و معنی‌داری ($p<0.01$) داشت. همبستگی بین FC با پارامترهای MBC و MBN مثبت و معنی‌دار ($p<0.01$) بود، که به ترتیب دارای ضریب همبستگی ۰/۹۶ و ۰/۹۴بودند. همبستگی مثبت و معنی‌داری ($p<0.01, 0.05$) بین پارامترهای زیستی خاک (MBC، MBN و BR) و عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم خاک وجود داشت. pH خاک همبستگی منفی و معنی‌داری با پارامترهای زیستی (MBC و MBN) و عناصر غذایی (فسفر و پتاسیم) خاک نشان داد (شکل ۳). با توجه به نتایج همبستگی، افزایش جمعیت میکروبی خاک تأثیر مثبتی بر بهبود پارامترهای فیزیکی خاک و افزایش فراهمی عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم خاک داشته است. در یک تحقیق نشان داده شد که افزایش جمعیت میکروبی خاک از طریق افزودن بقایای گیاهی گندم به خاک موجب افزایش پایداری خاکدانه‌ها می‌شود (Bossuyt *et al.*, 2001).



شکل ۳- ماتریس همبستگی پیرسون بین متغییرهای اندازه‌گیری شده. MWDwet: میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در حالت الک تر. MWDdry: میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در حالت الک خشک. AS: درصد پایداری خاکدانه‌ها. DC: درصد رس قابل پراکنش خاک. FC: رطوبت ظرفیت مزرعه خاک. MBC: کربن زیست توده میکروبی. MBN: نیتروژن زیست توده میکروبی. BR: تنفس میکروبی خاک. K, P, N: عناصر نیتروژن کل، فسفر و پتاسیم قابل استفاده.

Figure 3- Pearson correlation matrix between measured variables. MWDwet: average diameter of soil particles in the wet sieve. MWDdry: average diameter of soil particles in the dry sieve. AS: percentage of stability of soil particles. DC: Dispersible clay percentage. FC: field capacity moisture. MBC: microbial biomass carbon. MBN: microbial biomass nitrogen. BR: soil microbial respiration. N, P, K: nitrogen, phosphorus, and potassium elements.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج نشـــان داد که تیمارهای به کار برده شـــده در این تحقیق تأثیر معنی‌داری در بهبود ویژگی‌های فیزیکی، زیسـتی و افزایش فراهمی عنـاصـــر غذایی خاک و افزایش عملکرد گیاه شـلغم داشـتند. به نظر می‌رسـد که کودهای اسـید هیومیک و کمپوسـت شـکمبه به دلیل فراهم کردن عناصـر غذایی به ویژه کربن و بهبود شـرایط محیطی خاک مثل حفظ رطوبت سـبب افزایش فعالیت‌های میکروبی و آنزیمی خاک شده و بدنبال آن با افزایش حلالیت عناصر غذایی، عملکرد گیاه افزایش یافته است.

از طرف دیگر کمپوسـت شـکمبه خود حاوی ریزجانداران مفید و عناصـــر غذایی اســـت که تأثیر مثبتی در عملکرد گیاه دارد. با توجه به نتایج به نظر می‌رسد که اسـتفاده از کمپوسـت شـکمبه در بهبود ویژگی‌های پایداری و ســـاختمان خاک و افزایش فراهمی عناصـر غذایی نسـبت به اسـید هیومیک اقتصـادی‌تر و مؤثرتر باشد. این تحقیق نشان داد که کاربرد کمپوسـت شـکمبه و اسید هیومیک سبب بهبود شرایط فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک و به دنبال آن باعث افزایش رشـــد و عملکرد گیاه شـــلغم شد.

References

Adugna, G., 2016. A review on impact of compost on soil properties, water use and crop productivity. *Academic Research Journal of Agricultural Science and Research, 4*(3), pp.93–104. **doi: 10.14662/arjasr2016.010**

Anderson, J.P.E. and Domsch, K.H., 1978. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils. *Soil Biology and Biochemistry, 10*(3), pp.215–221. **doi: 10.1016/0038-0717(78)90099-8**

Bossuyt, H., Denef, K., Six, J., Frey, S.D., Merckx, R. and Paustian, K., 2001. Influence of microbial populations and residue quality on aggregate stability. *Applied Soil Ecology, 16*(3), pp.195–208. **doi: 10.1016/s0929-1393(00)00116-5**

Bouyoucos, G.J., 1962. Hydrometer Method Improved for Making Particle Size Analyses of Soils 1 . *Agronomy Journal, 54*(4), pp.464–465. **doi: 10.2134/agronj1962.00021962005400050028x**

Boyle, M., Frankenberger Jr, W.T. and Stolzy, L.H., 1989. The influence of organic matter on soil aggregation and water infiltration. *Journal of Production Agriculture, 2*(4), pp.290–299. **doi: 10.2134/jpa1989.0290**

Bremner, J.M., 1982. Total nitrogen. *Methods soil Anal. Am. Soc. Agron. Mongrn, 10*(2), pp.594–624. **doi: 10.4236/oalib.1100971**

Cercioglu, M., 2017. The role of organic soil amendments on soil physical properties and yield of maize (*Zea mays* L.). *Communications in Soil Science and Plant Analysis, 48*(6), pp.683–691. **doi:org/10.1080/00103624.2017.1298787**

Chen, T.-H., Chiu, C.-Y. and Tian, G., 2005. Seasonal dynamics of soil microbial biomass in coastal sand dune forest. *Pedobiologia, 49*(6), pp.645–653. **doi:org/10.1016/j.pedobi.2005.06.005.**

Edeh, I.G., Igwe, C.A. and Ezeaku, P.I., 2015. Effects of rumen digesta on the physico-chemical properties of soils in Nsukka, Southeastern Nigeria Ifeoma. *African Journal of Biotechnology, 14*(22), pp.1873–1879. **doi: 10.5897/AJB2015.14661**

Ekpe, I.I., 2013. Effect of fresh rumen digesta on soil chemical properties and yield of cucumber (*cucumis sativus*) in Abakaliki Southeast Nigeria. *International Journal of Food, Agriculture and Veterinary Sciences, 3*(2), pp.110–117. **doi: 10.9734/IJPSS/2016/27182**

El-Sharkawi, H.M., 2012. Effect of nitrogen sources on microbial biomass nitrogen under different soil types. *International Scholarly Research Notices* 2012. **doi: 10.5402/2012/310727**

Erol, H. and Coskan, A., 2016. Effect of humic+ fulvic acid application at different doses on biological activity of different region soils. *Scientific Papers-Series A, Agronomy* 59, pp.69–74. **doi: 10.17221/174/2019-vetmed**

Gümüş, İ. and Şeker, C., 2015. Influence of humic acid applications on soil physicochemical properties. *Solid Earth*, 7, pp.2481–2500. **doi: 10.5194/sed-7-2481-2015**

Jones Jr, J.B., 1973. Soil testing in the United States. Commun. *Communications in Soil Science and Plant Analysis, 4*(4), pp.307–322. **doi:org/10.1080/00103627309366451**

Kemper, W.D. and Chepil, W.S., 1965. Size distribution of aggregates. Methods soil Anal. *Part 1 physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling*, 9, pp.499–510. **doi: 10.1016/s0933-3630(97)00019-6**

Khalil, H.M., Ali, L.K.M. and Mahmoud, A.A., 2011. Impact of applied humic and fulvic acids on the soil physic-chemical properties and cucumber productivity under protected cultivation conditions. *Journal of Soil Sciences and Agricultural Engineering, 2*(2), pp.183–201. **doi: 10.21608/jssae.2011.55419**

Kurzemann, F., Plieger, U., Probst, M., Spiegel, H., Sandén, T., Ros, M. and Insam, H., 2021. Long-term effect of organic amendments, mineral fertilizers and combinations thereof, on plant yield, soil physic-chemical and microbiological properties, in: *EGU General Assembly Conference Abstracts*. pp. EGU21-8182. **doi: 10.5194/egusphere-egu21-8182**

Lee, S.S., Ha, J.K. and Cheng, K.-J., 2000. Relative contributions of bacteria, protozoa, and fungi to in vitro degradation of orchard grass cell walls and their interactions. *Applied and Environmental Microbiology, 66*(9), pp.3807–3813. **doi: 10.1128/aem.66.9.3807-3813.2000**

Li, Y., Fang, F., Wei, J., Wu, X., Cui, R., Li, G., Zheng, F. and Tan, D., 2019. Humic acid fertilizer improved soil properties and soil microbial diversity of continuous cropping peanut: a three-year experiment. *Scientific Reports, 9*(1), pp.1–9. **doi: 10.1038/s41598-019-48620-4**

Liang, Y., Si, J., Nikolic, M., Peng, Y., Chen, W. and Jiang, Y., 2005. Organic manure stimulates biological activity and barley growth in soil subject to secondary salinization. *Soil Biology and Biochemistry, 37*(6), pp.1185–1195. **doi: 10.1016/j.soilbio.2004.11.017**

Liu, E., Yan, C., Mei, X., Zhang, Y. and Fan, T., 2013. Long-term effect of manure and fertilizer on soil organic carbon pools in dryland farming in northwest China. *Plos One, 8*(2), pp.45-53. **doi: 10.1371/journal.pone.0056536.**

Mariaselvam, A.A., Dandeniya, W.S., Indraratne, S.P. and Dharmkeerthi, R.S., 2014. High C/N materials mixed with cattle manure as organic amendments to improve soil productivity and nutrient availability. *Postgraduate Institute of Agriculture, University of Peradeniya: Peradeniya. Epub ahead of print 2014.* **doi: 10.4038/tar.v25i2.8142.**

Mateos, I., Ranilla, M.J., Saro, C. and Carro, M.D., 2015. Comparison of fermentation characteristics and bacterial diversity in the rumen of sheep and in batch cultures of rumen microorganisms. *The Journal of Agricultural Science, 153*(6), pp.1097–1106. **doi: org/10.1017/S0021859615000167.**

Olsen, S.R., 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. US Department of Agriculture. **doi: 10.4236/fns.2018.911094.**

Pettit, R.E., 2004. Organic matter, humus, humate, humic acid, fulvic acid and humin: their importance in soil fertility and plant health. *CTI Research*, 10, pp.1–7. **doi: 10.1515/johr-2017-0022**

Raiesi, F., 2004. Soil properties and N application effects on microbial activities in two winter wheat cropping systems. *Biology and Fertility of Soils, 40*(2), pp.88–92. **doi: 10.1007/s00374-004-0741-7**

Riaz, A.K., Haroon, K. and Dost, M., 2013. Mechanism (s) of humic acid induced beneficial effects in salt-affected soils. *Scientific Research and Essays, 8*(21), pp.932–939. **doi: 10.5897/sre12.737**

Roy, M., Karmakar, S., Debsarcar, A., Sen, P.K. and Mukherjee, J., 2013. Application of rural slaughterhouse waste as an organic fertilizer for pot cultivation of solanaceous vegetables in India. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture, 2*(1), pp.1–11. **doi: 10.1186/2251-7715-2-6**

Suman, S., Spehia, R.S. and Sharma, V., 2017. Humic acid improved efficiency of fertigation and productivity of tomato. *Journal of Plant Nutrition, 40*(3), pp.439–446. **doi: 10.1080/01904167.2016.1245325**

Walkley, A. and Black, I.A., 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science, 37*(1), pp.29–38. **doi: 10.1097/00010694-193401000-00003**

Wu, L., Jiang, Y., Zhao, F., He, X., Liu, H. and Yu, K., 2020. Increased organic fertilizer application and reduced chemical fertilizer application affect the soil properties and bacterial communities of grape rhizosphere soil. *Scientific Reports, 10*(1), pp.1–10. **doi: 10.1038/s41598-020-66648-9**

Yang, K., Zhu, J., Zhang, M., Yan, Q. and Sun, O.J., 2010. Soil microbial biomass carbon and nitrogen in forest ecosystems of Northeast China: a comparison between natural secondary forest and larch plantation. *Journal of Plant Ecology, 3*(3), pp.175–182. **doi: 10.1093/jpe/rtq022**

Yazdanpanah, N., Mahmoodabadi, M. and Cerdà, A., 2016. The impact of organic amendments on soil hydrology, structure and microbial respiration in semiarid lands. *Geoderma*, 266, pp.58–65. **doi: 10.1016/j.geoderma.2015.11.032**

Journal of Crop Science Research in Arid Regions/ Volume 5, Issue 3, Winter 2023, P. 619-633

The effect of compost obtained from the contents of sheep rumen and humic acid on some physical, chemical, and biological properties of soil and yield of turnip plant (*Brassica rapa*)

Musa al-Reza Taheri[1], Ali Reza Astaraei[1*], Hojat Emami[1]

[1] Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
[*]Corresponding Author: astaraei@um.ac.ir

Received: 10 September 2022 Accepted: 27 October 2022 **DOI: 10.22034/CSRAR.2024.360317.1272**

Abstract

Introduction: In the arid and semi-arid lands of Iran, due to calcareousness, lack of nutrients that can be absorbed by plants, unsuitable physical conditions of the soil, and the salinity of the soil, it is very important to pay attention to organic fertilizers and soil microorganisms to improve these lands. This experiment was conducted with the aim of investigating the effect of compost obtained from the contents of sheep rumen and humic acid on the physical, chemical, and biological properties of the soil and the performance of the turnip plant in saline, sodic, and calcareous soil with a clay texture.
Materials and Methods: This study was conducted in clay-textured soil from the Meianjolgae of the Neyshabur plain (Shahrabad village), with a saline soil (ECe: 9.1 dS m^{-1}) and 15% lime. In this study, two levels of compost with rumen contents of zero and 5 tons per hectare (S0: 0 ton/ha and S1: 5 ton/ha) and two levels of humic acid of zero and 5 mg/kg (H0: 0 mg/kg and H1: 5 mg/kg) were used. To prepare rumen compost, 200 kg of fresh rumen contents were mixed with 10% wheat straw and processed according to standard composting methods. The experiment was conducted in the form of a completely randomized design with a factorial arrangement. The experiment was conducted in field conditions in one-square-meter plots with a border distance of half a meter. The experimental treatments were randomly added to the experimental plots and were completely mixed with the soil to a depth of 30 cm. 10 white turnip plants were planted in each plot and kept in the field for 3 months.Irrigation was done every 15 days and the plant was kept in the field for 4 months.
Results and Discussion: The results showed that the experimental treatments (rumen compost and humic acid) had a significant effect on improving the physical parameters of the soil, including increasing the weighted average diameter of the soil grains in wet (MWDwet) and dry (MWDdry) conditions, respectively (83 and 44 percent). 62% increase in the stability of soil grains (AS). They had a 46% reduction in soil dispersible clay (DC). The simple effect of humic acid did not have a significant effect on soil moisture retention capacity, but the simple effect of rumen compost increased the soil moisture retention capacity by 33% in the case of field crop capacity (FC). The effect of experimental treatments on rumen compost and humic acid improved soil biological parameters. The interaction effect of rumen compost and humic acid increased microbial biomass carbon (MBC) and microbial biomass nitrogen (MBN) respectively (43% and 77%) and increased soil microbial respiration (BR) by 75%. Rumen compost and humic acid had a positive and significant effect on improving soil chemical parameters. Rumen compost and humic acid decreased the pH of the soil and increased the availability of nitrogen, phosphorus, and potassium nutrients in the soil. The use of rumen compost and humic acid increased the yield of turnip plants. The simultaneous application of rumen contents compost and humic acid had the greatest effect on increasing turnip yield (22%) compared to the control.
Conclusion: According to the obtained results, rumen compost and humic acid improved the physical and biological properties of the soil, followed by an increase in the availability of nitrogen, phosphorus, and potassium nutrients in the soil, and finally increased the yield of the turnip plant. Due to the nature of rumen compost, because it has a relatively acidic pH, the presence of beneficial microorganisms that increase the availability of soil nutrients, and fibrous fibers that maintain soil moisture, improve adverse soil conditions, and increase plant performance. It became a turnip. Humic

acid is an aromatic compound that plays a good role in chelating soil nutrients. It seems that combining humic acid with rumen compost increases the effectiveness of rumen compost in improving soil conditions. And rumen compost preserves humic acid from leaching.

Keywords: Aggregate stability, Microbial respiration, Microbial population, Nutrient elements