



وزارت جهاد کشاورزی

سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

مؤسسه تحقیقات خاک و آب

# مدیریت ماده آلی خاک

نویسندگان

کامران میرزاشاهی

کامبیز بازرگان

اعضای هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی صفی آباد

و مؤسسه تحقیقات خاک و آب

نشریه فنی شماره 535

سال انتشار: 1394

---

مشخصات نشریه

---

عنوان: مدیریت ماده آلی خاک

نویسندگان: کامران میرزاشاهی و کامبیز بازرگان

ناشر: مؤسسه تحقیقات خاک و آب

سال انتشار: 1394

نوبت چاپ: اول

تیراژ: 1000 نسخه

لیتوگرافی، چاپ و صحافی: دفتر فنی توحید

صفحه آرایی و حروفچینی: شیرین اسدزاده

طراح جلد: سید هرمز سجادی

قیمت: 5000 تومان

حق چاپ برای ناشر محفوظ است.

---

نقل مطالب با ذکر منبع بلامانع است.

### پیشگفتار

پژوهش از پایه‌های اصلی پیشرفت و اولین قدم در توسعه علمی، اقتصادی و اجتماعی هر کشوری محسوب می‌شود. یکی از اهداف سند چشم‌انداز 20 ساله، رساندن ایران به قدرت برتر علمی منطقه در افق سال 1404 می‌باشد. دستیابی به این هدف مهم نیازمند فراهم شدن زمینه‌ها و شرایط مختلف به ویژه توسعه پژوهش است که مبنا و پایه هرگونه پیشرفتی محسوب می‌گردد. برنامه‌ریزی در حوزه پژوهش و مطالعات بنیادی و کاربردی از الزامات و نیازهای جدی هر نظام تحقیقاتی است. از آنجا که خاک یکی از اجزای مهم منابع پایه و بستر اصلی کشت گیاه می‌باشد و با توجه به اینکه یکی از اهداف اساسی و مهم مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور، شناخت توان تولیدی منابع خاک و آب و بهره‌برداری و مدیریت مناسب از این منابع در راستای تولید پایدار، امنیت غذایی و سلامت جامعه می‌باشد و با عنایت به اینکه انتقال دانش و تجربیات بدست آمده به بهره‌برداران اعم از کشاورزان، باغداران، گلخانه‌داران، پژوهشگران، دانشجویان و سایر علاقه‌مندان از اهمیت خاصی برخوردار است، لذا تهیه و تدوین نشریات و کتب علمی و فنی، آموزشی، تحقیقی و ترویجی به عنوان وسیله‌ای مناسب برای بیان و ارائه راهکارهای علمی و عملی در جهت افزایش آگاهی و دانش مخاطبان بشمار می‌آید. امید است نشریه حاضر و سایر انتشارات از این دست گامی مؤثر در راستای این هدف مهم باشد.

کامبیز بازرگان

رئیس مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور

## ماده آلی خاک چیست؟

خاک از چهار قسمت تشکیل شده است. 1- ماده معدنی 2- ماده آلی 3- آب و 4- هوا. ماده آلی خاک شامل بقایای گیاهی و جانوری، سلول و بافت‌های جانداران خاک و مواد حاصل از ریشه و میکروبهایی خاک است. در بیش‌تر خاک‌ها ماده آلی خاک بین 0/1 درصد (در صحراها) تا بیش از 50 درصد وزنی در خاک‌های آلی (هیستوسول‌ها) می‌باشد (Barber, 1984).

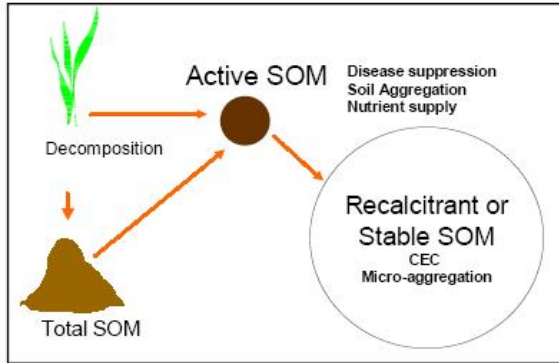
ترکیب شیمیایی ماده آلی تقریباً 50 درصد کربن، 5 درصد نیتروژن، 0/5 درصد فسفر، 0/5 درصد گوگرد، 39 درصد اکسیژن و 5 درصد هیدروژن است، البته مقدار این عناصر از خاکی به خاک دیگر می‌تواند در نوسان باشد. بنابراین بیشتر ماده آلی از کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها، سلولز، همی سلولز و لیگنین تشکیل شده‌اند. سه ترکیب اولی به سرعت تجزیه می‌شوند. از این رو در تأمین غذای جانداران خاک و نیز دانه‌بندی خاک اهمیت بیش‌تری دارند. اما، دو ترکیب بعدی مقاوم‌تر هستند (barber, 1984). ماده آلی خاک با توجه به مراحل مختلف تجزیه قابل تقسیم به سه گروه است (نمودار 1):

1- جزء فعال ماده آلی که 10 تا 20 درصد ماده آلی خاک است. سرعت تجزیه در آن سریع می‌باشد (فرآیند آن طی یک تا دو سال می‌باشد). این جزء در تأمین عناصر غذایی برای گیاه و ریزجانداران خاک (به طور اخص) و نیز کاهش بیماری‌ها و خاکدانه سازی نقش دارد. ترکیبات موجود در این قسمت قندهای ساده و اسیدهای آمینه می‌باشند.

2- جزء حد واسط ماده آلی که به آهستگی تجزیه می‌شود (فرآیند آن طی 2 تا 5 سال می‌باشد)، 10 تا 20 درصد ماده آلی خاک است که شامل پلی ساکاریدها، پروتئین‌ها و چربی‌ها هستند.

3- ماده آلی به خوبی تجزیه شده که بسیار پایدار و به شدت مقاوم در برابر تجزیه میکروبی. این جزء 60 تا 80 درصد ماده آلی خاک را تشکیل می‌دهد. فرآیند آن بیش از 10 سال است. این جزء به طور عمده در ظرفیت تبادل کاتیونی و رنگ خاک دخالت دارد. این بخش از ماده آلی به نام هوموس نیز شناخته می‌شود که شامل هومین‌ها، اسیدهای هیومیک و فلویک هستند.

هوموس عبارت است ماده آلی تیره رنگ، متخلخل و اسفنجی که بسیار به کندی تجزیه می‌شود، و به دلیل همین خصلت از نظر حاصلخیزی خاک اهمیت آن از جزء فعال ماده آلی کمتر است. در مجموع ماده آلی خاک ترکیب حاصل از لیگنین و پروتئین بوده که ساختمان مولکولی ثابتی ندارد و نسبت کربن به نیتروژن آن در حدود 10 تا 12 است.

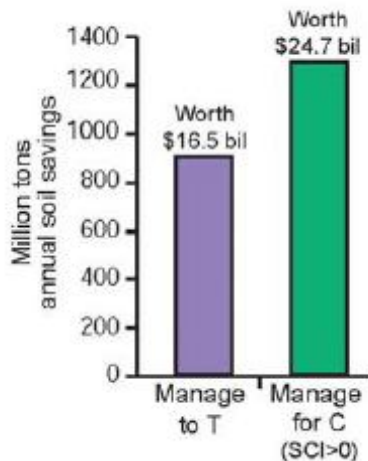


نمودار 1. اجزاء مختلف ماده آلی (کل ماده آلی خاک (Total SOM)، ماده آلی فعال خاک (Active SOM)، ماده آلی پایدار خاک (Stable SOM). منبع (Cooperband, 2002).

### هدف از مدیریت ماده آلی چیست؟

ماده آلی خاک، قلب کشاورزی پایدار است. در کشاورزی پایدار تمرکز بر سیستمی است که در آن تولید پایدار و اقتصادی باشد. از این منظر خاک بایستی از قابلیت لازم برای بروز کارکردهای خوب خود برخوردار باشد. خاک به عنوان بستر تولید، زمینه‌ی رسیدن به چنین رویکردی را فراهم می‌کند. در این بین ماده آلی به این کارکردها کمک معنی‌داری می‌کند. به عبارتی ماده آلی یک از شاخص‌های مهم کیفیت خاک می‌باشد (Stevenson, 1994 و Anon, 1982). بنابراین مدیریت آن به ویژه در خاک‌های تحت کشت کشور که ماده آلی (کربن آلی) زیر یک درصد است، از اهمیت خاصی برخوردار است. تأکید بر این نکته لازم به نظر می‌رسد، که از دهه ی 1920 میلادی تا تقریباً اوایل دهه ی 90، مقوله کنترل فرسایش در اولویت کاری برخی کشورها قرار داشت. هدف از این کار، کنترل سالیانه فرسایش خاک به حدی که باروری بلند مدت خاک حفظ شود، بود. اصطلاح T فاکتور

(تلفات قابل تحمل خاک، که این امر در شرایطی محقق می‌شود که در بلند مدت کشاورزی پایدار در دستور کار باشد) نیز دلیلی بر این مدعا است. اما از دهه ی 90 به بعد، با انجام تحقیقات جامع به این نتیجه رسیدند که حفظ خاک در مکان خود اولین قدم در حفاظت خاک است. و خاک بایستی کارکردهای خوب دیگری نیز داشته باشد که ماده آلی به این کارکردها کمک می‌کند. به دیگر سخن نتایج تحقیقات نشان داد که چنانچه مدیریت ماده آلی مورد توجه قرار گیرد، نه تنها میزان فرسایش کاهش می‌یابد، بلکه علاوه بر کارکردهای چشمگیری که متعاقباً به آنها اشاره می‌شود، متوسط فرسایش سالیانه کمتر از زمانی است که فقط مدیریت حفاظت خاک اعمال گردد. ضمن اینکه کیفیت آب و هوا نیز افزایش می‌یابد (USDA, 2003).



نمودار 2. مدیریت ماده آلی خاک (Manage for C) نسبت به مدیریت حفاظت خاک (Manage for T) قادر به حفظ خاک بیشتری است منبع (USDA, 2003).

### کارکرد های ماده آلی در خاک

ماده آلی یک جزء ضروری خاک است، زیرا:

- 1- منبع تأمین کربن و انرژی ریز جانداران خاک است.
- 2- نگهدارنده و ثبات دهنده ذرات خاک به یکدیگر، که از این طریق اثرات زیانبار فرسایش کاهش می‌یابد.

- 3- به رشد محصول به واسطه ی بهبود توانایی خاک در ذخیره و انتقال آب و هوا کمک می کند.
- 4- ذخیره کننده و تأمین کننده عناصر غذایی مورد نیاز گیاه و جانداران خاک نظیر نیتروژن، فسفر و گوگرد است.
- 5- در نگه داری مواد غذایی خاک از طریق افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی و آنیونی خاک موثر است.
- 6- مانع از تراکم (فشردگی) خاک است.
- 7- کاهش دهنده چسبندگی خاک و سهولت کار روی آن می باشد.
- 8- ذخیره ی کربنی خاک افزایش می یابد (یا به عبارتی موجب ترسیب کربن در خاک می شود).
- 9- اثرات محیطی مخرب آفت کش ها، فلزات سنگین و بسیاری از آلاینده های دیگر را کاهش می دهد.
- 10- مقاومت گیاه را به بیماری های ریشه و برگ زیاد می کند. تحقیقات نشان داده است که مصرف 5 تا 10 تن در هکتار اصلاح کننده های آلی خام و یا کمپوست شده قادر است مانع از بروز و یا کاهش شدت بیماری پوسیدگی ریشه می شود.
- 11- کاهش دهنده سله و روان آب، نفوذ پذیری خاک را زیاد می کند و شرایط را برای نفوذ ریشه فراهم می کند.
- 12- وجود ماده آلی در خاک منجر به افزایش تنوع زیستی و بیوماس میکروبی خاک می شود. این امر موجب کاهش عوامل بیمار زا، به ویژه عوامل بیماری زای خاک زاد می گردد. این رویداد از طریق رقابت بین ریزجانداران مفید خاک با عوامل بیماری زا صورت می گیرد. در نتیجه فعالیت ریزجانداران مفید خاک شرایط برای فعالیت میکروب های بیماری زا نامساعد می شود.
- 13- افزایش کارایی کودهای شیمیایی (USDA ، 1996 و 2003، Cooperband، 2003 و Davis و Wilson، 2005).

### وضعیت مواد آلی خاک در ایران

هم زمان با رشد جمعیت، تقاضا برای غذا افزایش می یابد. پیش بینی می شود تا سال 2050 جمعیت دنیا به بیش از 9 میلیارد نفر برسد. هم چنین بر اساس گزارش بانک جهانی تا سال 2030 تقاضا برای غذا و گوشت به ترتیب 50 و 85 درصد افزایش خواهد

داشت. و نیز بنا به بررسی ها بیش از 60 درصد مردم آسیا (به ویژه در جنوب و جنوب غرب) و یک چهارم جمعیت افریقا از سوء تغذیه رنج می برند (Doberman و Cassman, 2004).

افزایش تولید غذا در واحد سطح، متناسب با افزایش جمعیت نبوده است. اراضی قابل کشت از سال 1960 و به تبع آن تولید دانه (اساساً غذا) سیر نزولی داشته است. در همین حال اراضی زیر کشت تحت فشار زیادی هستند. FAO گزارش می کند که 99/7 درصد غذای انسان (کالری) از محیط خاکی و 0/3 درصد آن از اکوسیستم های آبی بدست می آید. از کل 13 میلیارد هکتار اراضی جهان، خاک های زراعی 11 درصد، مراتع 27 درصد، جنگل 32 درصد و اراضی شهری 9 درصد آن را تشکیل می دهد. بقیه خاک ها (21 درصد) به دلیل عدم حاصلخیزی خاک، عمق کم، شیب زیاد، عوامل آب و هوایی و ... مناسب نیستند (Funk و Brown, 2009).

در سال 1960، وقتی که جمعیت دنیا فقط 3 میلیارد نفر بود، تقریباً 0/5 هکتار اراضی قابل کشت قابل دسترس بود. این 0/5 هکتار حداقل زمین لازم برای تولید یک غذای مغذی، سالم و متنوع است. اما هم زمان با افزایش جمعیت و گسترش فعالیت های انسانی نظیر احداث ساختمان و جاده سازی به تدریج از سطح اراضی قابل کشت کاسته شد. در سطح جهان، امروزه متوسط اراضی قابل کشت 0/23 هکتار است. در امریکا، چین، هند و ایران این میزان به ترتیب برای هر نفر 0/4، 0/08، 0/1 و 0/2 هکتار است (بانک جهانی، 2008). بنابراین، به نظر می رسد تنها راه تأمین غذا برای این جمعیت رو به رشد، افزایش عملکرد در واحد سطح باشد.

یکی از راه های افزایش عملکرد، بهبود خواص تغذیه ای و فیزیکی خاک مزارع با افزودن ماده آلی به خاک می باشد. مقدار ماده آلی (کربن آلی) در خاک های کشور به جز شمال، بسیار ناچیز بوده (کمتر از یک درصد) و با مقدار بهینه آن (سه درصد) فاصله زیادی دارد (جدول 1). با مصرف روزافزون کودهای شیمیایی و عدم برگشت بقایای گیاهی به خاک و حتی سوزاندن آن ها، سالیانه از مقدار ماده آلی ناچیز خاک های ایران کاسته می شود و خاک به کلوخه هایی غیر قابل نفوذ و غیر قابل برگشت در می آید. در چنین شرایط استفاده از شیوه ای مدیریتی مناسب با هر منطقه آب و هوایی می تواند در به اجراء در آوردن اهداف مورد نظر تسریع به عمل آورد. با توجه به اینکه ماده آلی قلب کشاورزی



پایدار است، ضرورت افزایش تدریجی میزان ماده آلی خاک های کشور بیش از پیش احساس می شود. از این رو وزارت جهاد کشاورزی در نظر دارد طبق مفاد برنامه پنجم توسعه با استفاده از کلیه منابع مواد آلی و هم چنین بهبود مدیریت کشت و کار، میزان ماده آلی خاک را افزایش دهد تا تولیدات کشاورزی پایدار گردد و خاک قدرت باروری خود را حفظ کند (سماوات، 1386 و اصغرزاده و همکاران، 1383).

### جدول 1. وضعیت کربن آلی خاک در برخی نقاط کشور

کربن آلی (درصد)	استان
0/67	خوزستان
0/41	بوشهر
0/99	فارس
0/39	هرمزگان
0/74	زنجان
0/86	آذربایجان شرقی
1/47	مازندران

منبع (الفتی و همکاران، 1379، زوله، 1390 و جمشیدی، 1391).

### مدیریت ماده آلی از دیدگاه حاصلخیزی خاک

با توجه به نقش حاصلخیزی خاک و ماده آلی به عنوان اجزاء حیاتی سامانه های (سیستم های) تولید (Bidwell, 1987) تاثیر ماده آلی بر حاصلخیزی خاک مورد اشاره قرار می گیرد.

وجود ماده آلی علاوه بر اینکه نشان دهنده سلامت و کیفیت خاک است، شاخص مناسبی برای باروری خاک به شمار می رود که حاصل برهمکنش فرآیندهای فیزیکی، شیمیایی و زیستی است. ماده آلی با بهبود شرایط خاکدانه سازی، وضعیت تخلخل و نفوذپذیری خاک را بهبود می بخشد. در حالتی که خاک فشرده و دارای نفوذپذیری کمی باشد، تجمع دی اکسید کربن پیرامون ریشه افزایش یافته و این امر علاوه بر اینکه سبب خفگی ریشه می شود، از جذب عناصر غذایی که نیاز به انرژی متابولیک دارند ممانعت به

عمل می آورد. هم چنین مواد آلی به علت داشتن گروه های عامل مختلف از جمله کربوکسیلی، فنلی و هیدروکسی ظرفیت تبادل کاتیونی خاک را افزایش داده و سبب می گردد که عناصر غذایی در خاک بهتر نگهداری شوند و گیاه دسترسی بیشتری به آن ها داشته باشد. از طرف دیگر مواد آلی در اثر معدنی شدن مقدار قابل توجهی از عناصر غذایی پرمصرف و کم مصرف را در خاک آزاد نموده و به تغذیه متعادل گیاه کمک زیادی می کند. در یک خاک حاصلخیز میلیون ها موجود زنده از جمله قارچ ها، باکتری ها و اکتینومیست ها و ... زندگی می کنند. این موجودات نقش مهمی در تجزیه و تخریب مواد آلی خاک و معدنی شدن آن دارند. با ادامه فرآیند معدنی شدن ترکیبات پایدارتر مواد آلی در خاک تجمع می یابند. این مواد به نام عمومی هوموس شناخته می شوند. در یک خاک فاقد و یا مقدار کم ماده آلی جمعیت میکروبی به شدت کاهش یافته و جذب بسیاری از عناصر غذایی که قابلیت آن ها برای گیاه وابسته به اکسیداسیون زیستی (بیولوژیکی) در خاک می باشد، مختل می گردد. امروزه توجه ویژه ای به ساماندهی تلفیقی گیاه (IPNS) معطوف شده است که در آن استفاده از منابع آلی و زیستی به همراه کاربرد بهینه کودهای شیمیایی مورد نظر بوده و منجر به بهبود و حفظ حاصلخیزی خاک می شود (سماوات و همکاران، 1386 و Singh و همکاران، 2006). آینده ثبات در تولید محصول به شدت وابسته به بهبود شرایط حاصلخیزی خاک از طریق اعمال مدیریت های مبتنی بر روش های بی خطر از نظر محیطی خواهد بود (Singh و همکاران، 2004).

### منابع مواد آلی در کشور

منابع مواد آلی در ایران تنوع زیادی دارد و شامل، بقایای گیاهی حاصل از فعالیت های زراعی، کودهای دامی و مرغی، گیاهان پوششی (کودهای سبز)، مواد حاصل از زباله های شهری پس از بازیافت آن ها، کمپوست حاصل از باگاس نیشکر، بقایای گیاهی، ضایعات کشت و صنعت های تولید قارچ خوراکی، کارخانجات دخانیات و چای خشک کنی، ضایعات کارخانجات قند و فاضلاب شهری و نیز سایر موارد مشابه می باشد (سماوات، 1386).

### عوامل موثر بر میزان ماده آلی خاک

- 1- وقوع فرسایش باعث از بین رفتن ماده آلی می‌شود. ذرات خاک در لایه سطحی دارای بیشترین ماده آلی هستند که در اثر فرسایش آبی و بادی از بین می‌روند.
- 2- ریز جانداران خاک، ماده آلی را برای تأمین انرژی و عناصر غذایی مورد نیاز مورد استفاده قرار می‌دهند.
- 3- دما، با افزایش دما شدت تجزیه ماده آلی به صورت پیوسته زیاد می‌شود (از 4 تا حداقل 40 درجه سانتی‌گراد).
- 4- هوا، هر چه شرایط تهویه ای فراهم تر باشد شدت تجزیه بیشتر خواهد بود.
- 5- آب، هر چه آب بیشتر باشد، اکسیژن کمتر، در نتیجه شدت تجزیه کمتر است.
- 6- زیاد بودن نیتروژن قابل دسترس و نیز بعضی از سموم باعث تشدید فعالیت میکروبی خاک و به تبع آن تشدید تجزیه ماده آلی می‌شود (USDA, 1996 و 2003). بنابراین، چنانچه میزان تجزیه ماده آلی از میزان ورودی ماده آلی به خاک کمتر باشد، ماده آلی سیر نزولی خواهد داشت و برعکس، وضعیت ثبات زمانی است که شدت تجزیه با میزان ماده آلی ورودی یکسان باشد. هم تجزیه و هم ورود ماده آلی شدیداً متاثر از فعالیت‌های مدیریتی هستند.

### عملیات کاهش دهنده ماده آلی خاک

- با تأکید بر این نکته که بزرگ‌ترین و سهل‌الوصول‌ترین منبع ماده آلی خاک، بقایای برگشتی به خاک است (Steiner, 2002):
- 1- عملیاتی که منجر به کاهش تولید ماده گیاهی (بیوماس گیاهی) می‌شود.
  - 1-1- استفاده از ارقامی با شاخص برداشت بالا.
- یکی از نتایج انقلاب سبز استفاده از گیاهان با عملکرد بالا، به جای گیاهان بومی بود. این گیاهان اغلب عملکرد دانه بالا ولی کاه کمتری دارند. این امر از نظر تولید خوب است اما از نظر ماده آلی و حفاظت خاک مناسب نیست.
- 2-1- استفاده از گیاهان با طول دوره رویشی کوتاه.

3-1- استفاده از سیستم تک کشتی به حای سیستم چند کشتی. در سیستم تک کشتی نوع زیستی کم می‌شود.

در این سیستم حتی اگر از گیاهان علوفه‌ی که ریشه‌ی آنها به خوبی در خاک نفوذ می‌کند، استفاده شود، با این وجود ترشحات ریشه‌ی آنها فقط تعداد کمی از گونه‌های میکروبی را به دور ریشه جمع می‌کند. در این شرایط تنوع صیادها کم می‌شود و فرصتی برای ازدیاد گونه‌های بیماری‌زا فراهم می‌شود که به گیاه آسیب می‌رسانند.

4-1- استفاده از آیش بدون پوشش، به ویژه در تابستان.

## 2- کاهش در تأمین ماده آلی خاک

1-2- سوزاندن بقایای محصول (به عنوان بزرگترین منبع تأمین کننده ماده آلی خاک)، جنگل‌ها و مراتع.

2-2- چرای بیش از حد.

3-2- برداشت بقایای محصول به منظور استفاده در سایر امور.

## 3- افزایش تجزیه ماده آلی

### 3-1 - خاک ورزی

عملیات خاک ورزی مرسوم یکی از مهم‌ترین عوامل کاهش دهنده سطح ماده آلی خاک است. تجزیه ماده آلی و آزاد سازی کربن، فرآیندی هوازی است. اکسیژن در این فرآیند باعث تشدید فعالیت میکروب‌ها که ماده آلی را مورد تغذیه قرار می‌دهند، می‌شود. به عبارت دیگر، با هر بار خاک ورزی تماس بقایای گیاهی با میکروب‌ها زیاد می‌شود و تهویه نیز افزایش می‌یابد (نسبت اکسیژن به دی‌اکسید کربن زیاد می‌شود). در این شرایط شدت تجزیه سریع‌تر شده که نتیجه‌اش تشکیل هوموس با پایداری کمتر و نیز آزاد سازی دی‌اکسید کربن به اتمسفر است. اما چنانچه بقایای گیاهی در سطح خاک باقی بمانند (با تغییر سیستم از خاک ورزی مرسوم به کم خاک ورزی و یا بی خاک ورزی)، تماس بقایا با میکروب‌ها کمتر، بنابراین تجزیه نیز کندتر صورت می‌گیرد (نسبت دی‌اکسید کربن به اکسیژن بیش‌تر است). در این حالت هوموس پایدار تشکیل می‌شود.

**3-2 - زهکشی**

در مقایسه با خاک‌های خوب تهویه شده، در خاک‌هایی که اکسیژن وجود ندارد و یا کم است، تجزیه ماده آلی آهسته تر است.

**3-3 - نیتروژن زیاد**

نیتروژن زیاد باعث تشدید فعالیت میکروب‌ها به خصوص وقتی که نسبت کربن به نیتروژن ماده آلی بالا است، می‌شود و در نتیجه سرعت تجزیه ماده آلی بالا می‌رود (USDA, 1996 و Reicosky, 2003 و همکاران، 1995؛ Haynes و Naidu, 1998).

**عملیات افزایش دهنده ماده آلی خاک****1- افزایش تولید ماده گیاهی از طریق****1-1 - آبیاری**

مقدار آب قابل استفاده برای رشد گیاه اولین عامل کنترل کننده تولید ماده گیاهی است.

**1-2 - کوددهی کافی و متعادل باعث افزایش تولید بیوماس گیاهی می‌شود.****1-3 - استفاده از گیاهان پوششی**

فوائد این اقدام عبارتست از: جلوگیری از فرسایش خاک با پوشش دادن سطح خاک، اضافه کردن مواد گیاهی با خاک، بعضی از آنها نظیر چاودار (rye)، از شستشوی عناصر غذایی از طریق پیوند زدن آنها به هم، جلوگیری می‌کند، تعدادی از آنها مثل لگوم ها، منجر به تثبیت نیتروژن برای گیاه بعدی می‌شود، بیشتر آنها محلی برای تجمع حشرات و دیگر موجودات مفید هستند، تعدیل کننده درجه حرارت خاک است که از این طریق بر فعالیت ریز جانداران خاک اثر می‌گذارد.

طیفی از گیاهان دانه‌ای، لگوم و محصولات روغنی می‌توانند به عنوان گیاه پوششی عمل کنند. در یک تناوب لازم است که شروع آن، یک گیاه پوششی باشد که سطح خاک را بپوشاند و بعد با اضافه شدن بقایای آن به خاک چون نسبت کربن به نیتروژن بالایی دارد، عمل تجزیه به آهستگی صورت می‌گیرد و هم به دلیل سیستم ریشه

دهی متراکمی که دارند، در بهبود سریع ساختمان خاک در تناوب موثرند (در این مرحله غلات مناسب هستند). در سال بعد، می توان لگوم را وارد تناوب نمود. لگوم ها، نیتروژن را تثبیت و به دلیل پایین بودن نسبت کربن به نیتروژن، سریع تجزیه می شوند. بعد از ثبات در سیستم در این حال می توان از گیاهان پوششی که صرفه ی اقتصادی دارند، استفاده نمود.

1-4- تنوع در سیستم تناوبی (استفاده از سیستم تناوبی با بیوماس بالا)

1-5- استفاده از تراکم مناسب گیاهی هنگام کشت

1-6- معرفی گیاهانی که بیوماس بیش تری تولید می کنند

1-7- ایجاد جنگل، کشت تلفیقی گیاهان چوبی چند ساله (درختان، درختچه ها و نخل ها و ...) با گیاهان یکساله که این سیستم کشت موسوم به **Agroforestry** است.

1-8- محدودیت در چرای دام

## 2- افزایش در تأمین ماده آلی خاک

2-1 - جلوگیری از آتش زدن بقایا، به عنوان بزرگترین منبع تأمین کننده ماده آلی خاک

2-2 - کنترل آفات و جوندگان

2-3 - استفاده از منابع مختلف ماده آلی نظیر کود دامی

کودهای دامی بهتر است قبل از مصرف پوسیده باشد تا نسبت کربن به نیتروژن کاهش یابد. زیرا اگر نسبت مذکور بالا باشند به طور موقت نیتروژن غیر متحرک می شود. با این تأکید که، نقش کود حیوانی بیشتر تغذیه ای می باشد.

2-4- استفاده از کمپوست

نقش کمپوست بیشتر در اثر گذاری بر خصوصیات فیزیکی خاک است. فرآیند موفقیت کمپوست سازی بستگی به قابلیت دسترسی کافی به مواد آلی، آب، کود حیوانی و کارگر ارزان دارد.

2-5- کاهش شدت تجزیه ماده آلی (از طریق حذف یا کاهش عملیات خاک ورزی و استفاده از گیاهان پوششی).

به طور خلاصه مجموع اقدامات در این زمینه عبارتند از رعایت تناوب زراعی با توانایی تولید ماده گیاهی بالا و البته متنوع، استفاده از گیاهان پوششی، استفاده از روش های کم خاک ورزی و یا بی خاک ورزی و کنترل چرای دام (USDA, 1996 و Steiner, 2003; Spectrum Analytic Inc, 2001).

## جدول 2. عوامل کاهش دهنده و افزایش دهنده ماده آلی خاک

عوامل کاهش دهنده	عوامل افزایش دهنده
کاهش تولید ماده گیاهی (بیوماس گیاهی)	افزایش تولید ماده گیاهی (بیوماس گیاهی)
کاهش در تأمین ماده آلی خاک	افزایش در تأمین ماده آلی خاک
افزایش تجزیه ماده آلی	کاهش شدت تجزیه ماده آلی

### مروری بر برخی تحقیقات انجام شده

توشیح (1382) نتیجه گیری نمود که مدیریت صحیح استفاده از بقایای گندم، یعنی خرد کردن و زیر خاک کردن کاه و کلش باقیمانده بعد از برداشت گندم دیم توام با مصرف 10 کیلوگرم نیتروژن خالص از منبع سولفات آمونیوم به ازای هر تن کاه و کلش بلافاصله بعد از برداشت، موجب افزایش معنی دار نفوذپذیری خاک، افزایش سولفات خاک در جهت کاهش مضرات ناشی از آهک، افزایش عناصر غذایی در جهت بهبود حاصلخیزی خاک و در نهایت افزایش عملکرد و میزان پروتئین دانه شده و بالعکس سوزانیدن کاه کلش موجب کاهش نفوذپذیری، کاهش میزان سولفات و نیتروژن خاک و در نهایت کاهش عملکرد و درصد پروتئین دانه گردید. میرزاشاهی و سعادت (1389) افزایش عملکرد دانه و اجزا عملکرد کلزا و نیز افزایش و کاهش به ترتیب کربن آلی و جرم مخصوص ظاهری خاک را در نتیجه مصرف 5 تن در هکتار کمپوست کود گوسفندی و یا کمپوست باگاس نیشکر توام با مصرف بهینه کودهای شیمیایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم گزارش نمودند. Jones و همکاران (1988) نتیجه گیری نمودند که مصرف مواد آلی علاوه بر افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک، می تواند آب را به مدت طولانی تری نگهدارد و متناسب با گیاه در اختیار آن قرار دهد (جدول 2). مطالعات Momeni و Zinck (1999) نشان داد که کشت مداوم گندم بدون آیش و تناوب نه تنها سبب تخریب شیمیایی خاک از لحاظ حاصلخیزی و تهی شدن خاک از مواد آلی و عناصر غذایی گردیده است، بلکه مواد آلی در 46 درصد اراضی شدیداً و در 26 درصد نیز تا حدودی در حال کاهش می باشد که اولین اثر سوء آن فشرده گی خاک می باشد. Oad و همکاران (2004) گزارش کردند که چنانچه مصرف کود نیتروژن توام با کود حیوانی باشد، علاوه بر جلوگیری از مصرف بیش از حد کود نیتروژن مصرفی، عملکرد اقتصادی ذرت علوفه ای نیز افزایش می یابد. Mosavi و همکاران (2009)

در بررسی تاثیر کود سبز (چاودار) و کود نیتروژن بر عملکرد گندم دیم نتیجه گرفتند که کود سبز توام با کمترین میزان کود نیتروژن مصرفی (26 کیلوگرم نیتروژن در هکتار) توانستند به طور غیر مستقیم در افزایش عملکرد دانه گندم دیم رقم سرداری از طریق افزایش وزن هزار دانه و تعداد خوشه در متر مربع تاثیر داشته باشند.

### جدول 3. اثر ماده آلی بر ظرفیت نگهداری آب و ماده غذایی دو نوع خاک

میزان کاهش ظرفیت نگهداری آب قابل دسترس (درصد)	میزان کاهش ظرفیت غذایی (درصد)	درصد کاهش ماده آلی	بافت خاک
7	14	از 2 درصد به 1/5 درصد	شنی لومی
12	4	از 4 درصد به 3/5 درصد	لوم سیلتی

### نتیجه گیری

- مقدار ماده آلی خاک بستگی به تعادل بین ورودی (input) و تلفات مواد آلی (از طریق تجزیه و فرسایش) دارد، بنابراین ماده آلی خاصیت پویا (یا دینامیک) در خاک دارد.
  - اگر تلفات افزایش یابد و میزان ورودی ثابت بماند، ماده آلی خاک کاهش خواهد یافت.
  - اگر میزان تلفات ثابت بماند و ورودی زیاد شود، ماده آلی خاک افزایش خواهد یافت.
  - اما، افزایش و یا کاهش ماده آلی خاک به طور پیوسته نخواهد بود، وقتی که ورودی یا تلفات تغییر می یابند، مقدار ماده آلی نیز تغییر می کند و در نهایت به یک وضعیت ثابتی می رسد.
  - بیشترین تغییر در ماده آلی خاک در جزء فعال ماده آلی خاک رخ می دهد .
  - بیشتر خصوصیات کیفی خاک ناشی از جزء فعال ماده آلی خاک است.
  - بنابراین حفظ و یا افزایش جزء فعال ماده آلی خاک (از طریق جلوگیری یا تخفیف عوامل کاهش دهنده ماده آلی خاک) بسیار مهم تر از افزایش کل ماده آلی خاک است.
- نکته 1 -** شایان ذکر است که از بین عملیاتی که منجر به افزایش ماده آلی خاک می شود، افزایش تولید ماده گیاهی در مرحله ی اول اهمیت و افزایش تأمین ماده آلی خاک و اقداماتی که منجر به کاهش تجزیه ماده آلی می شود در درجه دوم قرار دارند.



**نکته 2-** اعمال راه حل هایی که متکی به صرفاً یک راهکار باشد، در مدیریت ماده آلی مثرم ثمر نیست. مثلاً استفاده تنها از کود حیوانی بر ماده آلی اثر ناچیزی دارد. بنابراین بایستی مجموعه ای از اقدامات مدیریتی مورد استفاده قرار گیرند تا در وضعیت ماده آلی خاک بهبودی حاصل گردد.

**نکته 3-** حفظ و یا افزایش ماده آلی خاک به ویژه در مناطق گرم و خشک (به دلیل گرمای زیاد) و نیز در خاک شنی (به دلیل تهویه بالا) به واسطه ی فرآیند بالای تجزیه بسیار مشکل است (Naidu و Haynes، 1998)، بنابراین برای رسیدن به سطح مورد نظر به یک سلسله اقدامات مداوم که پیش تر اشاره شد، نیاز است.

**نکته 4-** باید در نظر داشت که افزایش ماده آلی خاک با لحاظ کردن تمهیدات لازم به کندی صورت می گیرد، زیرا تقریباً 75 درصد از ماده کربنی اضافه شده به خاک به منظور تأمین انرژی مورد استفاده ریزجانداران خاک قرار گرفته و به صورت دی اکسید کربن از خاک خارج می شود. مابقی جزئی از ساختمان سلول میکروبی شده و یا به عنوان ماده آلی خاک باقی می ماند.

در مجموع می توان گفت که اعمال مدیریت صحیح (یعنی کاهش خاک ورزی، استفاده از گیاهان پوششی، تناوب با تولید ماده گیاهی بالا و چرای توصیه شده، افزودن مواد آلی به خاک از منابع مختلف) افزایش کیفیت خاک (ماده آلی خاک، ریز جانداران خاک، ظرفیت نگهداری آب و نفوذپذیری) را سبب می شود که این امر به نوبه خود، باروری و افزایش کیفیت آب و هوا (آلاینده های کمتر، غبار کمتر، رسوب کمتر و مقاومت به خشکی و بیماری بیشتر) را به دنبال دارد.

### منابع مورد استفاده

- 1- اصغرزاده، ا.، م. ج. ملکوتی، ح. ع. بهرامی، س. ابراهیمی و ا. بایبوردی. 1383. ماده آلی و نقش آن در اصلاح خصوصیات خاک های کشور. خاک های ایران (مجموعه مقالات). چاپ اول. انتشارات سنا. تهران، ایران. ص 258-213.
- 2- الفتی، م.، م. ج. ملکوتی و م. ر. بلالی. 1379. تعیین حد بحرانی پتاسیم برای محصول گندم در ایران (مجموعه مقالات). چاپ اول. نشر آموزش کشاورزی. کرج، ایران. ص 97-85.

- 3- توشیح، و. 1382. اثر استفاده از کاه و کلش گندم دیم در زمان آیش بر عملکرد و میزان پروتئین دانه و برخی خصوصیات خاک. مجله علوم خاک و آب، جلد 17 شماره 2. ص 151-160
- 4- جمشیدی، م. 1391. پهنه بندی کربن آلی خاک به منظور بررسی توان خاک ها در انتقال و نگهداری عناصر آلاینده در استان های خوزستان و فارس. گزارش نهایی موسسه تحقیقات خاک و آب. شماره ثبت. 42561
- 5- زوله، م. 1390. ارزیابی میزان کربن آلی خاک در استان های جنوبی ایران. اولین همایش ملی مباحث نوین در کشاورزی. دانشگاه آزاد ساوه- آبان.
- 6- سماوات، س. 1386. گزارش وضعیت ماده آلی خاک های کشور. موسسه تحقیقات خاک و آب.
- 7- میرزاشاهی، ک و س. سعادت. 1389. تاثیر مواد آلی مختلف بر عملکرد کلزا و برخی خصوصیات خاک در شمال خوزستان. مجله پژوهش های خاک (علوم خاک و آب)، جلد 24، شماره 1. ص 21-29.
- 8- Anon. 1982. Organic matter and soil productivity in the near east. FAO. Soil Bulletin, No. 45.
- 9- Barber, S. A. 1984. Soil nutrient bioavailability. John Wiley and Sons Pub. New York.
- 10- Bidwell, O. W. 1982. Soil fertility and organic matter as critical components of production systems. American Journal of Alternative Agriculture. 91-92.
- 11- Cooperband, L. 2002. Building soil organic matter with organic amendments. Center for Integrated Agriculture System. University of Wisconsin-Madison.
- 12- Davis, J. G. and C. R. Wilson. 2005. Choosing a soil amendment. Colorado State University Extension.
- 13- Doberman, A and Cassman, K. 2005. Cereal area and nitrogen use efficiency are drivers of future nitrogen fertilizer consumption. Science in China. 48:745-758.
- 14- Funk, C and Brown, M. 2009. Declining global per capita agricultural production and warming oceans threaten food security. 2009. Food Sec. 1:271-289.
- 15- Haynes, R. J and R. Naidu. 1998. Influence of lime, fertilizer and manure applications on soil organic matter content and soil physical conditions: a review. Nutrient Cycling in Agroecosystems. 51: 123-137.

- 16- Jones, A. J., R. D. Grisso and C. A. Shapire. 1988. Soil compaction: Fact and fiction. Common questions and their answers. NE. Coop. Ext. Serv.342. Neb, USA.
- 17- Momeni, A and A. Zinck. 1999. Data integration for assessing agricultural soil degradation in south central Iran. Proceeding of sixth intertional conference on the development of dry lands. 22-27 August 1999. Cairo, Egypt.
- 18-Mosavi, S. B., A. A. Jafarzadeh, M. R. Neishabouri, S. Ostan and V. Feiziasl. 2009. Rye green manure along with nitrogen fertilizer application increase wheat (*Triticum aestinum* L.) production under dryland condition. International of Journal Agriculture Research. 4:204-212.
- 19- Oad, F. C., U. A. Buriro and S. K. Agha. 2004. Effect of organic and inorganic fertilizer application on maize fodder production. Asian Journal of Plant Science. 3: 375-377.
- 20- Reicosky, D.C, W .D. Kemper, G. W. Langdale, C. L. Douglas and P.E. Rasmusen. 1995. Soil organic matter changes resulting from tillage and biomass production. Journal of Soil and Water Conservation. 3: 253-261.
- 21- Singh, Y., B. Singh, J. K. Ladha, C. S. Khind, R. K. Gupta, O. P. Meelu and E. Pasuquin. 2004. Long-term effects of organic inputs on yield and soil fertility in the rice-wheat. Soil Science Society of American Journal. 68:84665-853.
- 22- Singh, B. R., R. C. Dalal and R. Lal. 2006. Integrated nutrient management. Encyclopedia of Soil Science.
- 23- Soil Scientist. 2002. Organic matter management. Soil Management Extension. University of Minnesota, Bul. 7402, Minnesota.
- 24- Spectrum Analytic Inc. 2001. Manure and soil organic matter. Penn State Field Crops News, Vol, 10.
- 25- Steiner, K. 2002. Crop residue management and cover crops. African Conservation Tillage Network. Information Series No.3.
- 26- Stevenson, F.G. 1994. Humus Chemistry. John Wily and Sons Pub. New York.
- 27- USDA Natural Resources Conservation Services.1996. Soil quality indicators: Organic matter. Soil Quality Information Sheet.
- 28- USDA Natural Resources Conservation Services. 2003. Managing soil organic matter. Technical Note No.5. [WWW.soils.usda.gov](http://WWW.soils.usda.gov). 29- [www.worldbank.org](http://www.worldbank.org)