دانشگاه شهید چمران اهواز

دانشکده کشاورزی

گروه علوم و مهندسی خاک

خاکشناسی عمومی

بیولوژی خاک

تهیه و تنظیم

موجودات زنده خاک (Soil Biology)

اگر خاک را در نظر بگیریم محل و جایگاه اشکال بیشمار زندگی اعم از موجودات گیاهی و اعم موجودات حیوانی در آن دیده می‌شود. معمولا برای مجموعه موجودات زنده گیاهی و جانوری خاک اصطلاح ادافون (Edaphon) به کار می‌رود. موجودات نباتی Soil Flora و موجودات جانوری Soil Fauna و تنوع بیشماری از این موجودات در خاک موجود است. موجودات مختلف خاک با فعالیت های زیستی دائم در محیط خود تغییراتی ایجاد می‌کنند که علاوه بر اینکه به تشکیل و تکامل خاک کمک می‌کنند، بر حاصلخیزی خاک نیز اثرات با ارزشی بر جای می‌گذارند.

عوامل موثر بر فعالیت ریزجانداران:

الف- عمق خاک و تهویه: بیشترین فعالیت زیستی خاک توسط تک سلولی های هوازی انجام می‌شود. فقط اندکی از این اعمال را ریزجانداران غیر هوازی که اغلب در اعماق و لایه های زیرین سکونت دارند انجام می‌شود. میکروب‌های هوازی در لایه-های فوقانی خاک که هوموس و مواد آلی و نیز مقدار اکسیژن بیشتر از اعماق زیرین است، حداکثر نشانه‌های فعالیت را از خود بروز می‌دهند و اغلب همین لایه جانداران بیشماری را در خود جای می‌دهد. بیشترین آثار فعالیت حیاتی در عمق ۵ الی ۱۰ سانتیمتری صورت می‌گیرد. با کاهش مقدار اکسیژن و مواد آلی از لایه‌های فوقانی به طبقات زیرین، تعداد و فعالیت میکروبها نیز کم می‌شود.

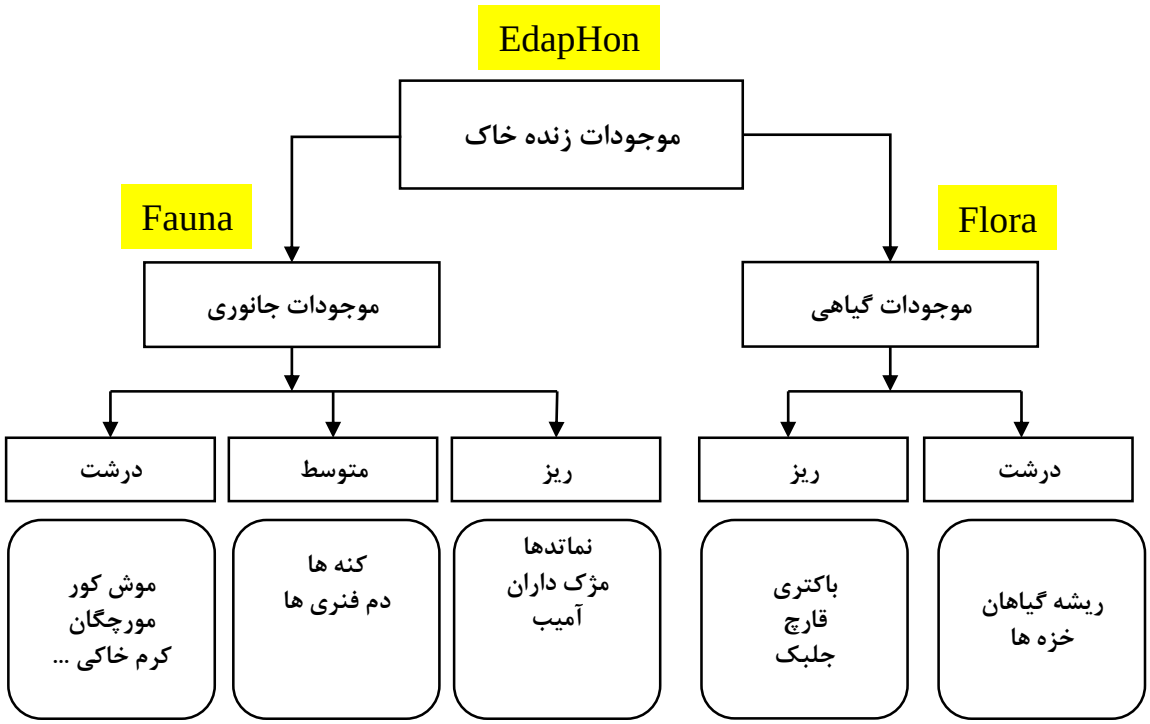
ب- رطوبت و درجه حرارت: اپتیمم رطوبت خاک برای فعالیت‌های زیستی حدود ۵۰ الی ۷۰ درصد ظرفیت نگهداری آب است. این رقم با توقعات گیاهان عالی مطابقت دارد. در نواح گرم و خشک با افزایش درجه حرارت و کاهش رطوبت خاک جمعیت میکروبی کاهش می‌یابد. باکتریها نسبت به غلظت یون‌های نمکی موجود در خاک عینا شبیه گیاهان عالی عکس العمل نشان می دهند. باکتریهای نمک دوست قادر به افزایش فشار اسمزی درون سلولی خود بوده و بدین وسیله از آب موجود در اراضی شور و قلیا استفاده می‌کنند.

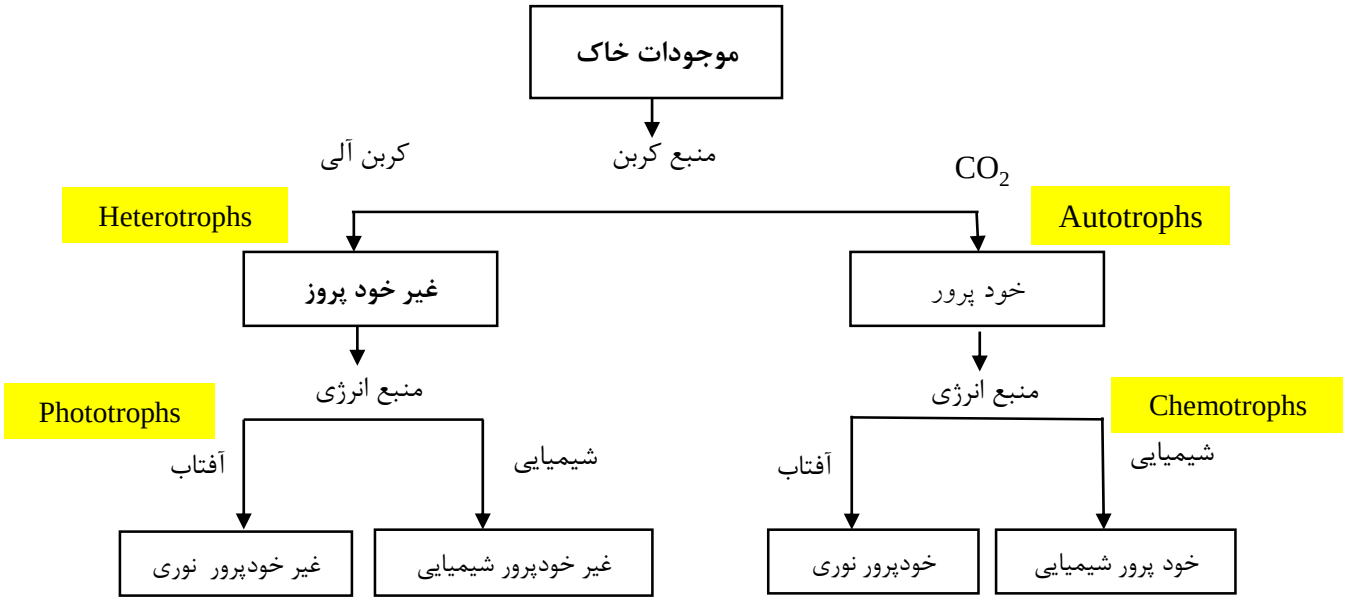
نوسان درجه حرارت در مناطق جغرافیائی و فصول مختلف، تیپ و نوع خاک‌ها نیز بر زندگی و تکثیر ریزجانداران موثر بوده، سبب ایجاد تفاوت فاحشی در تعداد آنها می‌گردد. حرارت مناسب برای زندگی اپتیمم اغلب ریزجانداران حدود ۳۰ درجه است (بین ۲۵ تا ۳۸ درجه سنتی‌گراد نوسان دارد.)

ج- بافت خاک: شرایط زندگی ریزجانداران با افزایش رس در خاک‌های لوم شنی و شن لومی بهتر می‌شود. خاکهای شنی بعلت فقر مواد غذائی آلی و معدنی (تخریب سریع مواد آلی و آبشوئی دائم) و خاک‌های رسی و لومی سنگین به سبب تهویه ناکافی فعالیت‌های زیستی کمتری نشان می‌دهند. ذرات رس در بین اجزاء سه گانه بافت خاک، تعیین کننده سرنوشت فیزیکی، شیمیائی و زیستی خاک‌ها می‌باشد و از این نظر بر کیفیت و کمیت زندگی در خاک اثر دارد. برای فعالیت‌های زیستی مناسب ترین مقدار رس در محدوده ۲۱ تا ۲۶ درصد می‌باشد که در خاک‌های لومی متوسط وجود دارد.

د- pH و مقدار کربنات‌ها: گروه‌های مختلف ریزجانداران با وجود تاثیر مستقیم بر واکنش خاک محتاج به محیط_های واکنش متفاوت هستند. کلا در حالی که باکتریها به اسیدیته خاک تا حدی حساس هستند، قارچها آنرا بخوبی تحمل می‌کنند. به طور کلی محدوده نقطه خنثی (۷/۲- ۶/۸) مساعدترین شرایط برای زندگی ریزجانداران می باشد. البته برای تک تک آنها نیز اپتیمم میزان pH معلوم شده است. چنانچه برای باکتری نقطه مزبور یعنی pH ۶ تا ۸، برای اکتینومیست-ها (Actinomycetes) ۶/۵ الی ۷/۵ و برای قارچها کمتر از هر دو یعنی ۴ الی ۶ می‌باشد. لذا جمعیت میکروبی خاک‌های اسیدی را اغلب قارچها و خاک‌های خنثی تا قلیائی ضعیف را باکتریها و اکتینومیستها تشکیل می‌دهد.

ه- مواد آلی و هوموس: مواد آلی خاک که منبع غذائی میکروبی است، از عواملی می باشد که کم و کیف آنها بیش از همه در تشدید فعالیت‌های زندگی موجودات ذره بینی موثر است. معمولا هر نوع زندگی ریزجانداران به وجود کربن آلی قابل تجزیه بستگی دارد. به همین دلیل در آزمایش‌های متعددی که تاکنون برای بررسی این موضوع صورت گرفته، رابطه میزان مواد آلی خاک با فعالیت های زیستی به طور وضوح ثابت شده است. در خاک‌های ایران نیز که اغلب دچار فقر مواد آلی می باشند، مخصوصا به اهمیت هوموس و مواد آلی بیشتر تاکید شده و در این ارتباط مصرف انواع کودهای آلی در کشاورزی علاوه بر حفظ تعادل هوموس و مواد غذائی فعالیت‌های ریز و بزرگ‌جانداران را نیز افزایش داده و بر خواص فیزیکی و شیمیائی خاک اثر اصلاحی می‌گذارد.


EdapHon
موجودات زنده خاک
Fauna
Flora
موجودات جانوری
موجودات گیاهی
درشت
متوسط
ریز
ریز
درشت
موش کور
مورچگان
کرم خاکی ...
کنه ها
دم فنری ها
نماتدها
مژک داران
آمیب
باکتری
قارچ
جلبک
ریشه گیاهان
خزه ها


موجودات خاک
منبع کربن
کربن آلی
CO_2
Heterotrophs
Autotrophs
غیر خود پروز
خود پرور
منبع انرژی
منبع انرژی
Phototrophs
Chemotrophs
آفتاب
شیمیایی
آفتاب
شیمیایی
غیر خودپرور نوری
غیر خودپرور شیمیایی
خودپرور نوری
خود پرور شیمیایی

موجودات نباتی Soil Flora:

خود موجودات نباتی خاک از تنوع بسیاری برخوردار هستند. یک طیف وسیعی را شامل می‌شوند از موجودات بسیار ریزی که دید نشان با میکروسکوپ میسر است تا موجوداتی مثل قارچها و ریشه گیاهان که بطور محسوس دیده می شود که شامل :

۱- باکتریها Bacteria

۲- قارچها Fungi

۳- اکتینومیست‌ها Actinomycetes

۴-جلبکها Algae

۱- باکتریها:

باکتریها مهمترین موجودات تک یاخته‌ای خاک را تشکیل می‌دهند. این موجودات که به صورت شاخه مستقلی از سلسله موجودات ذره‌بینی و فاقد هسته مشخص می‌باشند، دارای تنوع زیادی در خاک هستند. تعداد آنها در خاک، بسیار متغیر و از چند صد هزار تا قریب یک میلیارد در هر گرم خاک کشاورزی، شمارش شده‌اند و وزن آنها در خاک بین ۳۳۰ تا ۷۰۰۰ کیلوگرم در هر هکتار می‌رسد.

باکتریها را براساس احتیاجات غذایی و زندگیشان به دو گروه تقسیم می‌شوند که عبارتند از:

الف- هتروتروف Heterotrophe

ب- اتوتروف Outotrophe

الف- هتروتروف: آن باکتریهایی که انرژی لازمه و کربن مورد نیازشان را از تجزیه مواد آلی بدست می‌آورند. اکثر ریزجانداران خاک بخصوص باکتریهای مهم مانند باکتریهای تثبیت کننده نیتروژن هوا، باکتریهای تجزیه کننده چربی، سلولز و سایر هیدراتهای کربن بافت گیاهی، پروتئین و تجزیه مواد آلی و سموم دفع آفات نباتی و علف‌کشها و نیز باکتریهای دنیتریفیکاسیون کننده و تولید کننده هوموس به این گروه تعلق دارند. این گروه، باکتریها به باکتریهای غیربومی یا تخمیری خاک نامیده می‌شوند.

ب- اتوتروف: این باکتریها انرژی لازمه از اکسیده کردن ترکیبات معدنی بدست می‌آورند و کربن سلولی خود نیز از CO_2 (دی اکسید کربن) تامین می‌کنند. باکتریهای اکسید کننده نیتریت و نیترات ساز، باکتریهای اکسید کننده گوگرد، باکتریهای آهن و باکتریهای اکسید کننده متان از نوع اتوتروف هستند.

نوع دیگر تقسیم‌بندی باکتری:

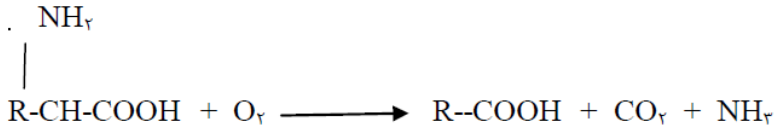
اکثر باکتریهای خاک اکسیژن مورد نیاز خودشان را از هوای خاک تامین می‌کنند که بنام هوازی Aerobic معروف هستند. در مقابل اینها باکتریهایی هستند که اصولا در حضور اکسیژن فعالیتی ندارند که بنام غیرهوازی یا Anaerobic معروف هستند.

فعالیت باکتریها در خاک:

باکتریهای تجزیه کننده هیدرات کربن: از باکتریهای این گروه *Clustridium, Bacillus ,Psedomonas* معروفند. این باکتریها در شرایط هوازی سلولز، همی‌سلولز و نشاسته را تجزیه می‌نمایند. فعالیت آنها در خاکهای دارای مواد آلی مخصوصا مواد آلی ازت دار شدیدتر است. در خاکهای زراعی پس از اضافه کردن کودهای آلی نیز فعالیت آنها چندین برابر می‌شود. فعالیت این ریزجانداران را می‌توان از طریق تعیین CO_2 تولید شده از تجزیه مواد آلی یعنی تنفس میکروبی خاک، مستقیما و براحتی مشخص نمود.

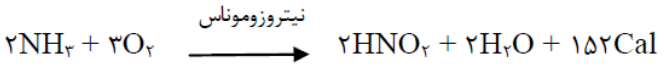
باکتریهای تجزیه کننده ترکیبات نیتروژن‌دار:

الف- باکتریهای آمونیفیکاسیون و دزآمیناسیون: باکتریهای جنس *Psedomonas* از باکتریهای تجزیه کننده مواد سفیده‌ای می‌باشند که نتیجه عمل آنها تولید اسیدآمینه‌هاست. اسید آمینه‌ها نیز به نوبه خود در شرایط هوازی و بی‌هوازی به وسیله دزآمیناسیون تجزیه شده و آمونیاک آزاد می‌سازند.

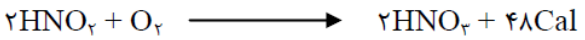


سرانجام بخش اعظم آمونیاک حاصله در شرایط هوازی به وسیله باکتری‌های نیتریفیکاسیون به نیتریت و نیترات تبدیل می‌شود.

باکتریهای نیتریفیکاسیون: تبدیل ازت آمونیاکی به ازت نیتراتی به وسیله باکتریهای اتوتروف صورت می‌گیرد که این اکسیداسیون در دو مرحله صورت می گیرد.



باکتریهای مولد نیتریت عبارتند از *Nitrosomonas* و *Nitrococus* در ادامه عمل نیتریت حاصله توسط باکتریهای دیگری که همزمان شروع به فعالیت می‌نمایند به نیترات تبدیل می‌گردد. مهم‌ترین باکتریهای نیترات ساز عبارتند از *Nitrobacter,* *Nitrococus* و فعل و انفعال تجزیه آنها بر این اساس استوار است:



باکتریهای تثبیت کننده نیتروژن هوا: نیتروژن هوا که ۷۹ درصد ترکیب گازی جو را شامل می‌شود، به همان صورت قابل استفاده گیاهان نیست و برای جذب باید به صورت ترکیبات ساده شیمیائی در آید. این عمل توسط باکتریهای همزیست با خانواده گیاهان خانواده لگومینوز (پروانه آسا) به نام *Rhizobium* صورت می‌گیرد، و همچنین باکتریهای آزادزی تثبیت کننده نیتروزن، مثل ازوتوباکتر (هوازی) و کلوستریدیوم (غیرهوازی) در خاک وجود دارد. مقدار نیتروژن وارد شده به زمین از طریق باکتریهای آزادزی ۱۵ کیلوگرم در هکتار می‌باشد، در صورتی هنگام کشت گیاهان تیره بقولات (شبدر، یونجه) باکتریهای همزیست تا ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار تثبیت می‌نمایند. طی این عمل همزیستی باکتری از گیاه هیدرات‌کربن گرفته و ازت آمونیومی را در اختیار گیاه قرار می‌دهد.

از نظر اکولوژیک برای هر نوع گیاه خانواده لگوم یک نوع ریزوبیوم وجود دارد که خاص همان گیاه می‌باشد و به صورت غدهای ریز گره مانند در نقاط مختلف ریشه وجود دارند، مثلا ریزجاندارانی که با یونجه به روش همزیستی زندگی می‌کنند، در شبدر و سویا قادر به ایجاد همزیستی نیستند.

جدول- تعدادی از ریزجانداران همزیست با تعدادی از گیاهان خانواده بقولات

گیاه همزیست	نوع ریزجانداران
نخود، عدس، باقلا	*Rhizobium legominosarum*
انواع شبدر	*Rhizobium trifoli*
لوپین	*Rhizobium lupine*
سویا	*Rhizobium japonicum*
انواع یونجه	*Rhizobium meliloti*

باکتریهای دنیتریفیکاسیون کننده: منظور از دنیتریفیکاسیون تجزیه نیتراتها توسط باکتریهای مخصوص تا مرحله آزاد سازی نیتروژن عنصری (N_2) یا N_2O است که نتیجه نهائی آن آزاد شدن ازت قابل دسترس غذائی یا کودی به صورت گاز می-باشد. باکتریهای غیرهوازی می‌توانند اکسیژن مورد لزوم خود را از ترکیبات ازتی خاک تامین کنند. در ضمن این عمل ازت احیاء شده و نیترات به نیتریت و سپس به گاز N_2O و حتی به ازت عنصری (N_2) تبدیل می‌گردد. از باکتریهای این گروه *Micrococus denitrificant*., *Psedomonas denitrificant* معروفند که اغلب در خاکهای خیس دائم یا زهاب‌دار و باتلاقی زندگی می‌کنند.

باکتریهای گوگردی: این باکتریها در عمل مینرالیزاسیون گوگرد موجود در ترکیبات آلی و اکسیدکردن آن و نیز اکسیداسیون گوگرد عنصری، سولفیدها، و سولفیت‌ها شرکت می‌کنند. در احیای بی‌هوازی گوگرد سولفید هیدروژن (H_2S) و در شرایط هوازی با اکسیداسیون گوگرد، اسیدسولفوریک و یون سولفات آزاد می‌گردد و واکنش خاک‌های قلیائی تعدیل می‌گردد.

باکتریهای جنس*Thiobacillus* spp که بیشتر در شرایط اسیدی و مرطوب رشد می‌کنند از این گروه می‌باشند و آنها را همراه با گوگرد عنصری برای پایین آوردن pH خاک استفاده می‌کنند.

$$2S + 3O_2 + 2H_2 \longrightarrow 2H_2SO_4$$

باکتریهای آزاد کننده پتاسیم و فسفر: نوعی از باکتریها قادر به تجزیه برخی از سیلیکاتهای آلومینیوم می‌باشند (باکتریهای سیلیکاتی). نظر به اینکه از کل پتاس موجود در خاک ۲-۱ درصد آن قابل جذب گیاه می‌باشد، تلقیح ریزجانداران سیلیکاتی در تجزیه سیلیکاتها و آزاد شدن پتاس آنها حائز اهمیت می‌باشند. بعضی از آزمایشها نشان می‌دهد که باکتریهای سیلیکاتی پس از ۵ روز قرار گرفتن درمحیط سیلیکاتی و در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد، حدود ۱۵ درصد از پتاس آن محیط را آزاد کرده‌اند. این عمل سبب شده که در آزمایشهای زراعی (بخصوص در گیاه ذرت) با تزریق باکتریهای سیلیکاتی به خاک حدود ۷ درصد افزایش محصول داشته باشند. بعلاوه تزریق باکتریهای مخصوص تجزیه کننده فسفر به خاک در برخی از کشورها متداول شده و گویا نتایج خوبی از آن حاصل شده است.

از باکتریهای فسفر نوعی از *Psedomonas*ها و *Bacillus megaterium* معروفند که در قابل دسترس نمودن فسفر آلی خاک نقش مهمی دارند. گروههای مختلف باکتریهای حل کننده فسفر معدنی در خاک وجود دارند که با ترشح اسیدهای آلی خود مانند اسیدسیتریک، اسیدلاکتیک، اسیدفورمیک به انحلال فسفات‌های معدنی کمک می‌کنند.

۲- قارچها:

قارچهای موجود در خاک نوعا از موجودات هتروتروف هستند و انرژی لازم و کربن مورد نیازشان را لزوما از تجزیه مواد آلی در خاک تامین می‌کنند.

تقسیم‌بندی قارچها:

- مخمرهای تک سلولی Yeasts
- کپکها Molds
- ماشروم Mushrooms

تولید و تکثیر قارچها:

از طریق تولید هاگ یا اسپور می‌باشد. قارچها تولید رشته یا ریسه (Mycelium) می‌کنند که از طریق آن آب و مواد غذایی جذب می‌شود. قارچهای خاکزی به صورت پارازیت و مولد امراض و به صورت ساپروفیت بر روی بقایای مواد آلی زندگی می کنند. بعضی قارچهای عالی و جنگلی به صورت همزیستی با درختان جنگلی زندگی کرده و بخصوص بر تغذیه ریشه‌ای جنگل-های مرطوب تاثیر مساعد می‌گذارند که از انواع مهم آنها میکوریز (Mycorhiza) معروفند. میکوریزا توسط میسل‌های طویل و انبوه خود محیط ریشه‌های درختان را دور زده و با برقراری ارتباط مستقیم آنها را احاطه می‌نماید. بدین ترتیب بین درخت، خاک و ریشه سطح تماس زیادی بوجود می‌آید. میسل‌های میکوریز عینا مثل ریشه خود گیاه قادر به جذب آب و مواد غذائی لازم و تحویل آنها به گیاه می‌باشند. در واقع در جذب آب و یون‌های خاک و همین طور در تبادل شیره گیاهی حاوی هیدرات-های کربن مختلف و سایر ترکیبات، میکوریزا با درخت مربوطه مشارکت می‌کند.

بیشتر رستنی‌های جهان به وسیله قارچهای مایکوریزا، تلقیح شده‌اند و از آنجائی که قارچ و میزبان، هر دو از این ارتباط نفع می برند، لذا این موارد نیز مثال دیگری از همزیستی می‌باشند. در این حالت آلودگی به ریشه محدود می‌شود.

دو دسته از قارچهای مایکوریز وجود دارند که اصطلاحا میکوریزهای اکتوتروفیک[41] (ECM) و میکورایزاهای وزیکولار-آربوسکولار[42] (VAM) نامیده می‌شوند. ECM یک غلاف به ضخامت ۴۰ میکرون، میسلیوم در اطراف ریشه ها ایجاد می‌کند، همچنین این میسلیوم‌ها، از داخل به سلولهای کورتکس و از بیرون به میان ذرات خاک نفوذ می‌کنند. ECMها منحصرا روی ریشه درختان وجود دارند و شبکه‌ای موسوم به **هارتیگ**[43] را تشکیل می‌دهند.

VAMها در بررسی ظاهری کمتر دیده می شوند، زیرا غلاف تولید نمی‌کنند. اینها از میسلیوم های درونی و بیرونی تشکیل شده‌اند. میسلیوم درونی، ساختاری بسیار منشعبی را درون هر سلول که **آربوسکول**[44] نامیده می‌شود، همچنین این میسلیوم‌ها، کیسه‌ها و هیف‌های بین سلولی را تشکیل می‌دهند.

۳- اکتینومیستها:

از نظر شکل حد فاصل بین باکتریها و قارچها هستند به صورت رشته‌های نازک و قارچ مانند در خاک فعالیت می‌کنند. اغلب هتروتروف و نیازمند مواد آلی و بسیار مقاوم به خشکی می‌باشند. در خاک‌های مناطق معتدل، فراوان تر و فعال‌ترند. در علفزارها و خاک‌های با تراکم ریشه زیاد، بیشتر هستند. گونه‌هایی از این موجودات به غده‌های ریشه‌ای گیاهان غیرلگومینوز، رابطه همزیست دارند و سبب تثبیت ازت مولکولی می‌شوند. همچنین گونه‌های مختلف آنها در تجزیه بافتهای مقاوم گیاهی نظیر سلولز، همی‌سلولز و کیتین بسیار فعال می‌باشند. در تجزیه چربیهای موجود در بافت‌های گیاهی و حیوانی و تغییر و تبدیل ترکیبات ازتی خاک و معدنی شدن ترکیبات ازت‌دار و همچنین در ایجاد هوموس نیز دارای نقش موثری می‌باشند. و تعدادشان متنوع می‌باشد و از حدود ۱۰۰۰۰۰ تا حدود ۳۸- ۳۷ میلیون در یک گرم خاک می‌رسند.

یکی از متابولیت‌های معروف اکتینومیستها Geosmin می‌باشد که از گروه ترپن‌ها می‌باشد (ترپن‌ها مولکول های آلی حلقوی ۳ تا ۴ کربنه هستند). بعد از آبیاری خاک خشک بوی ترپن‌ها به مشام می‌رسد که در حالت خشک فرار نیست و با زدن آب این بو از خاک خارج می‌گردد.

۴- جلبک‌ها:

اینها ساده‌ترین گیاهان کلروفیل‌دار هستند. از نظر شکل و اندازه بسیار متنوع می‌باشند و می‌توانند از جلبک‌های تک‌سلولی تا گیاهان بسیار طویل دریا را تشکیل دهند و در خاک نوعا نقش مهمی ندارند و آن انواعی که در خاک و خشکی دیده می‌شوند از جلبک‌های تک‌سلولی و جلبک‌هایی که نوعاً رشته های کوچکی دارند می باشند. کثرت آنها از همه میکروفلور خاک کمتر است و محل زندگی آنها در لایه سطحی خاک است. جلبک‌ها بر خلاف اکثر میکروفلور خاک، کلروفیل دار و اتوتروف می‌باشند. جهت بدست آوردن نور و حرارت یک گروه بسیار کوچکی از اینها در لایه پایینی خاک بشکل هتروتروف زندگی می‌کنند. جلبک‌ها به طور کلی به املاح معدنی خاک به ویژه ازت و فسفر احتیاج زیاد دارند و بالعکس به مواد آلی خاک احتیاجی ندارند، زیرا خود تولید کننده مواد آلی می‌باشند. بعضی از جنسهای جلبک‌ها دارای توانائی تثبیت زیستی ازت مولکولی بوده که در شالیزارها این تثبیت کننده‌ها بسیار با اهمیت می‌باشند.

انواع جلبکهای خاک:

- آبی و سبز algae blue green
- نوع سبز green algae
- دیاتومه ها diatoms

بعضی مواقع زندگی مشترکی از جلبک‌ها و قارچها مشاهده می‌شود به نام گلسنگ که اثر انتفاعی آن در تجزیه سنگ‌های اولیه و ایجاد خاک است.

عوامل محیطی که بر نوع و تعداد این جامعه نباتی موثر هستند:

۱- ذخیره مواد غذائی و انرژی

۲- درجه حرارت

۳- رطوبت

۴- تهویه خاک

۵- pH خاک

۶- عمق لایه خاک

اعمال مهم این موجودات زنده در خاک:

۱- دخالت در تجزیه و فساد بقایای گیاهی و لاشه‌های حیوانی و آزاد سازی عناصر غذائی که بسهولت مورد استفاده ریشه گیاهان قرار می‌گیرند.

۲- پس از تجزیه زیستی بقایای گیاهی، ترکیبات حلقوی ازت‌دار و مقاوم به تجزیه بنام هوموس تشکیل می‌شود که با تشکیل آنها از هدر رفتگی سریع و شستشوی عناصر غذائی مثل ازت و فسفر جلوگیری می‌گردد. همچنین موجب بهبود ساختمان و فیزیک خاک شده و نگهداری آب و تنفس ریشه در خاک بهبود می‌یابد.

۳- فعالیت آنزیمی ریزجانداران، تجزیه ترکیبات آلی و گاهی معدنی را تشدید کرده و بر قابلیت انحلال و جذب سایر مواد معدنی می‌افزاید.

۴- بعضی از این ریزجانداران پس از یک سری فعل و انفعالات ویژه بیوشیمیائی و زیستی نیتروژن موجود در هوا را که به صورت گازی قابل استفاده گیاه نمی‌باشد، به صورت ترکیبات قابل جذب در آورده و در اعضاء مختلف خود تثبیت می‌کنند. پس از مرگ و انهدام آنها ازت قابل دسترس گیاه به زمین منتقل می‌شود. برخی نیز با زندگی همزیستی با گیاهان عالی، ازت ذخیره شده را در اختیار آنها قرار می‌دهند.

۵- نتیجه فعالیت زیستی بجز تولید آنزیم‌ها و مواد نهائی مختلف آزاد شدن انرژی و حرارت است. خاک‌های دارای فعالیت زیستی شدید، رویش بذر کشت شده و رشد مناسب را تسریع می‌کنند.

۶- مواد شیمیائی مثل علف‌کشها و حشره‌کشها و غیره توسط موجودات خاک تجزیه شده و سمیت آنها مرحله به مرحله از بین می‌رود.

۷- ریزجانداران با تشکیل فضاهای زیرزمینی بخصوص در خاکهای سنگین، تهویه و نفوذپذیری آب را افزایش می‌دهند و در این نقاط نفوذ ریشه گیاهان نیز تسهیل می‌گردد.

۸- ایجاد همزیستی ریزجانداران و قارچهای عالی (میکوریزا) با گیاهان عالی موجب افزایش جذب مواد غذائی و آب می‌گردد.

۹- انواع ریزجانداران بویژه باکتریهای ساکن خاک پس از احاطه و تجمع در اطراف ریشه گیاهان زراعی با ایجاد یک محیط فعال تجزیه‌ای از نفوذ پارازیت‌ها جلوگیری کرده و سلامتی ریشه گیاه را تضمین می‌کنند. از طرف دیگر با تجمع بعضی از این موجودات در اطراف ریشه (Rhizospher) موجب گرم شدن موضعی خاک، تبادل بهتر بین خاک و جو مجاور و در دسترس قرار دادن بعضی مواد غذائی تجزیه شده و سرانجام افزایش حلالیت عناصر معدنی همچون K,Ca, Mg, P و Fe می‌گردند.

موجودات جانوری خاک:

موجودات جانوری در خاک بر دو دسته‌اند که عبارتند از:

Microscopic animals

Macroscopic animals

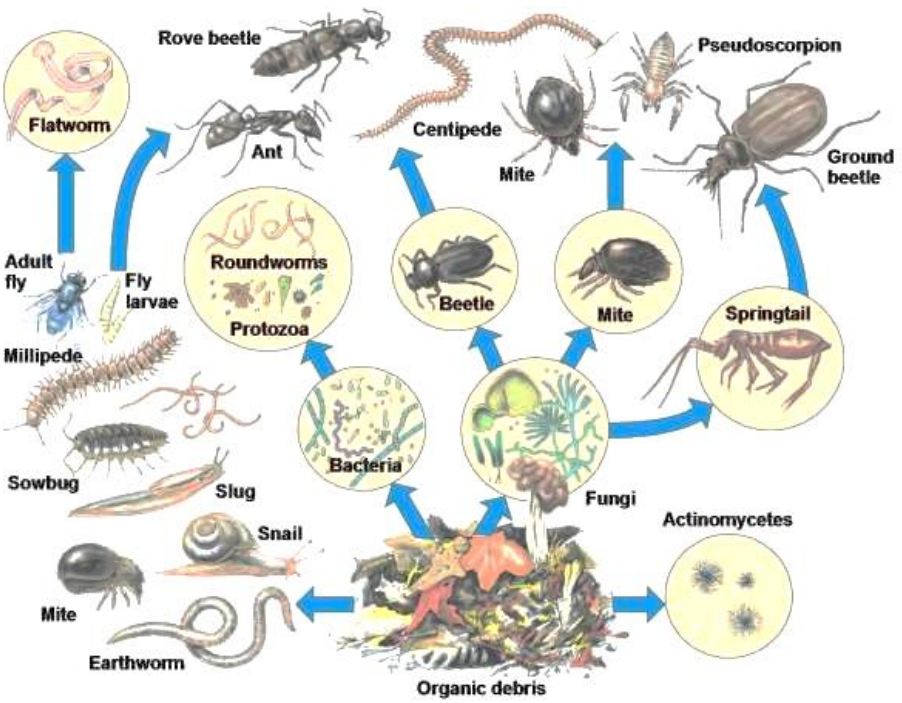
تاثیر این موجودات و اهمیت آنها به اندازه موجودات نباتی نیست ولی بی‌تاثیر نیستند و وجود آنها سبب تجزیه مواد خاک و تهویه آن می‌شود و بعضی از اینها بیماری‌زا می‌باشند.

در بعضی موارد یک همکاری بین موجودات نباتی و حیوانی وجود دارد. مثلا اگر برگی از درختی به زمین بیافتد در آغاز موجودات حیوانی برگ را سوراخ می‌کنند در مرحله بعد موجودات نباتی از سوراخها وارد برگ می‌شوند و برگ را تجزیه می‌کنند موجودات حیوانی تجزیه فیزیکی و مکانیکی انجام می‌دهند و موجودات نباتی تجزیه شیمیایی و بعضی از موجودات حیوانی خاک از تعدادی از باکتریهای خاک تغذیه می‌کنند و این باکتریها وارد دستگاه هاضمه حیوانات می‌شوند و در هضم خوراک به حیوانات کمک می‌کنند.

از موجودات میکروسکپی جانوری مانند: پروتوزوئرها (protozoa) تاجک‌دارها و آمیب‌ها شروع و به حیوانات بزرگتری مثل نماتدها، کرم‌های خاکی، حلزون، لارو بعضی از حشرات، مورچه‌ها و موریانه‌ها و تعدادی از جوندگان و خزندگان مثل مار، موش، خرگوش و .... ختم می‌شود.

اثر کرمهای خاکی در خاک:

از مهمترین کرمهای حلقوی، کرمهای خاکی هستند. این جانوران با فعالیتهای زیستی خود و ایجاد دالانهایی در خاک شرایط نفوذ آب و هوا را به خاک بهبود بخشیده و به ششهای خاک معروف هستند. تغییرات مطلوب فیزیکی، شیمیائی و بیوشیمیائی زیادی در خاک به وجود می‌آورند و در خاکهای مرطوبی که مواد آلی بیشتری داشته باشند فراوانتر هستند و در شرایط مناسب حدود ۵۰ تا ۷۰ درصد وزن توده زنده خاک را تشکیل می‌دهند و اکثرا از بقایای گیاهی و یا کودهای حیوانی تغذیه می‌کنند. کرمهای خاکی با حفر دالانهای زیرزمینی مرتبط با سطح خاک، موجبات افزایش نفوذ پذیری و تهویه خاکها را فراهم و نفوذ ریشه‌ها به عمق خاک را تسهیل می‌کنند. کرمهای خاکی قادر هستند سالانه بیش از هزار تن خاک در هکتار را در شرایط مناسب از عمق به سطح بیاورند و همانند یک شخم عمیق، عمل کنند. کرمهای خاکی با خوردن و برگرداندن مواد آلی همراه با خاک، بافت خاک را ریزتر می‌کنند، با ایجاد و ترشح مواد چسبنده و جابجائی مواد آلی، ساختمان خاک را بهبود می‌بخشند و به تجزیه مواد آلی و تبدیل آنها به هوموس کمک فراوانی می‌کنند.



انواع کودهای زیستی (Types of biofertilizers):

۱- مایه تلقیح *ریزوبیوم* (*Rhizobium* inoculants): امروزه انواع مختلف مایه تلقیح برای ایجاد گره در کشتهای مختلف خانواده بقولات مثل نخود، سویا، یونجه بکار برده می‌شود. زیر کودهای زیستی بکار برده شده در افزایش رشد گیاه موثر بوده و معمولا ٪۸۰ نیتروژن مورد نیاز گیاه را تامین می‌کند. مقداری نیتروژن اولیه برای جلوگیری از کاهش رشد گیاه در زمان جاگیری باکتری در ریشه و شروع فعالیت تثبیت زیستی نیتروژن به خاک داده می‌شود، حدود ٪۲۰ مقدار مورد نیاز آن بوده که به آن (Starter dose) گویند.

۲- مایه تلقیح *ازتوباکتر* (*Azotobacter* inoculant): یکی از مهمترین تثبیت کننده‌های غیرهمزیست نیتروژن در خاک بوده که نقش آن در افزایش رشد گیاهان زراعی غیرلگوم به اثبات رسیده است. سه گونه مهم آن *A. chrococcum; A. beijerinckii; A. vinelandii* امروزه بطور گسترده به عنوان مایه تلقیح استفاده می‌شود.

۳- مایه تلقیح *ازوسپریلوم* (*Azospirillum* inoculants): این باکتری با گیاهان زراعی مختلف مثل ذرت، جو، چاودار، سورگوم، ارزت و گیاهان علفی ایجاد پیوند همیاری می‌کند و در محیط ریشه با تثبیت زیستی حدود ۲۵-۳۰kg/h از نیتروژن مورد نیاز گیاه را تامین می‌کند. و موجب ٪۱۰-۵ در افزایش رشد محصول می‌شود.

۴- جلبکهای سبزآبی (Blue green alge): این جلبکها برای تلقیح برنجزارها استفاده می‌شوند و ۲۵-۳۰Kg/h از نیتروژن مورد نیاز گیاه برنج را تامین کرده و ٪۱۴-۵ در افزایش رشد برنج موثر است.

۵- میکورایزا (Mycorrhizae): به دو دسته مایکوریز داخلی و خارجی تقسیم شده که با گسترس ریسه های خود در خاک اطراف ریشه در افزایش جذب آب و فسفر برای گیاه زراعی موثر است.

۶- باکتریهای حل کننده فسفاتها (Phosphate solubilizing bacteria): این میکروبها با ترشح اسیدهای آلی در منطقه ریشه فرم_های غیرمحلول فسفر در خاک را مثل تری‌کلسیم فسفات و فسفاتهای آهن آلومینیوم و منگنز و خاک فسفات را به شکل محلول و قابل جذب ریشه در می‌آورند. این میکروبها شامل قارچها از گونه های *Aspergillus awamoori; Penicillum digitatum* و باکتریهای گونه *Bacillua polymyxa; Psedomonas striata* می‌باشند. این میکروبها موجب افزایش مستقیم فسفر از فرمهای غیر محلول می‌شوند.

تکنیک بکارگیری کودهای زیستی Techniques of inoculation biofertilizers:

به سه طریق کودهای زیستی را به گیاهان زراعی تلقیح می‌کنند.

۱- تلقیح بذری Seed treatment or Seed inoculation: در این روش بایستی را به سطح بذر اضافه نموده و تا حداکثر ۲۴ ساعت بعد آنرا کشت نموده. این تلقیح برای باکتریهای *Rhizobium; Azospirillum: Azotobacter: and Phosphobacteria* بکار برده می‌شود.

۲- تلقیح گیاهچه Seeding root dip: در این نوع تلقیح گیاهچه‌های برنج را ۱۰-۵ دقیقه آنها را در محیط سوسپانسیون مایه تلقیح قرار داده و سپس نشاء می‌شوند.

۳- تلقیح خاکی Soil application: برای تلقیح کودهای زیستی مختلف به خاک می‌توان سوسپانسیون آنها را با جمعیت بیش از 10^7 عدد باکتری زنده در میلی‌لیتر آماده کرده و به گیاهچه‌های ۲۰-۱۵ روزه گلدان و یا ردیفهای کشت تلقیح نمود.

سوالات:

_ باکتریهای هتروتروف و اتوتروف در خاک را با یک مثال تعریف کنید.

- موجودات نباتی خاک (فلور خاک) را بنویسید.
- اعمال مهم موجودات زنده در خاک را بنویسید.
- انواع کودهای زیستی را نام ببرید.
- چگونگی تلقیح کودهای زیستی را بنویسید.