بسم الله الرحمن الرحيم

مؤسسه تحقیقات و آموزش توسعه نیشکر
و صنایع جانبی خوزستان

شرکت توسعه نیشکر و صنایع جانبی

دستورالعمل تغذیه نیشکر در کشور استرالیا

ترجمه:

دکتر سعید صفیرزاده

دکتر حمیدرضا بهروان

عنوان و نام پدیدآور	:	دستورالعمل تغذیه نیشکر در کشور استرالیا/ [دیوید کالسینو...[و دیگران]] ؛ ترجمه سعید صفیرزاده، حمیدرضا بهروان ؛ ویراستار اکبر کریمی
مشخصات نشر	:	اهواز: موسسه تحقیقات و آموزش توسعه نیشکر و صنایع جانبی خوزستان، ۱۴۰۰.
مشخصات ظاهری	:	۲۹۱ ص.: مصور.
شابک	:	۹۷۸-۶۰۰-۹۹۶۶۳-۷-۰
وضعیت فهرست نویسی	:	فیپا
یادداشت	:	عنوان اصلی:Australian sugarcane nutrition manual, 2018
موضوع	:	نیشکر -- استرالیا -- AustraliaSugarcane نیشکر -- استرالیا -- خاک -- AustraliaSugarcane -- Soils
شناسه افزوده	:	کالسینو، دیوید
شناسه افزوده	:	Calcino, David
شناسه افزوده	:	صفیرزاده، سعید، ۱۳۶۱-، مترجم
شناسه افزوده	:	بهروان، حمیدرضا، ۱۳۴۴ -، مترجم
شناسه افزوده	:	شرکت توسعه نیشکر و صنایع جانبی(خوزستان). موسسه تحقیقات و آموزش توسعه
رده بندی کنگره	:	SB۲۲۹
رده بندی دیویی	:	۶۳۳/۶۱۰۹۹۴
شماره کتابشناسی ملی	:	۸۵۵۶۳۳۸

دستورالعمل تغذیه نیشکر در کشور استرالیا

گردآوری و تدوین: دکتر صفیرزاده

ناشر : موسسه تحقیقات و آموزش توسعه نیشکر و صنایع جانبی خوزستان

موسسه تحقیقات و آموزش توسعه نیشکر و صنایع جانبی خوزستان

طراح جلد و صفحه آرا: زینب ناصری، نسیم خاکسار دهنوی، مهدی عبیس‌زاده طرفی

چاپ پردیس قم

نوبت چاپ : اول- ۱۴۰۰

شمارگان : ۵۰۰

شابک: ۰-۷- ۹۹۶۳۳-۶۰۰-۹۷۸

کلیه حقوق برای انتشارات موسسه تحقیقات و آموزش توسعه نیشکر
و صنایع جانبی خوزستان محفوظ است

سپاس‌گزاری

مترجمین این اثر بر خود لازم می‌دانند از همه بزرگوارانی که آنها را در این زمینه یاری نموده‌اند صمیمانه سپاس‌گزاری نمایند. بدین وسیله از جناب آقای دکتر ناصری، مدیر عامل محترم شرکت توسعه نیشکر و صنایع جانبی و جناب آقای دکتر آل‌کثیر، معاون محترم بهره‌برداری کشاورزی و تولیدات غیرنیشکری به دلیل حمایت‌های بی‌دریغ‌شان از انتشار این مجموعه تشکر و قدردانی می‌شود.

از جناب آقای دکتر طاهرخانی به دلیل تلاش و حمایت در جهت انتشار این کتاب صمیمانه تشکر می‌شود.

از اعضای محترم شورای تدوین و انتشار یافته‌های علمی که چاپ این کتاب با پیگیری ایشان میسر شد، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌نمایم.

از همکاری و حمایت جناب آقای مهندس افشین آریز مدیریت محترم مطالعات کاربردی کشت و صنعت حکیم فارابی تشکر و قدردانی می‌شود.

از جناب آقای دکتر اکبر کریمی که با درایت، کاستی‌های این مجموعه را بیان نموده و پیشنهادهای سازنده را ارائه دادند صمیمانه تشکر و قدردانی می‌شود.

همچنین از زحمات خانم زینب ناصری، نسیم خاکسار دهنوی و آقای مهدی عبیس‌زاده طرفی بابت طراحی جلد و صفحه‌آرایی این کتاب و نیز تمام دوستان و همکارانی که در مراحل مختلف تهیه، تایپ، تکثیر و ... همکاری نموده‌اند صمیمانه سپاس‌گزاری می‌شود.

فهرست مطالب

عنوان | صفحه

۱-۱. خاک ۳
۱-۲- تشکیل خاک ۳
۱-۳- ترکیب خاک ۵
۱-۴- رنگ خاک ۶
۱-۵- بافت خاک ۷
۱-۵-۱- شن ۷
۱-۵-۲- سیلت ۷
۱-۵-۳- رس ۱۰
۱-۶- اندازه‌گیری بافت خاک ۱۰
۱-۷- ساختمان خاک ۱۱
۱-۷-۱- ورقه ای ۱۲
۱-۷-۲- منشوری و ستونی ۱۲
۱-۷-۳- ساختمان دانه‌ای ریز ۱۲
۱-۷-۴- مکعبی و مکعبی با زوایای نامنظم ۱۳
۱-۸- عمق مؤثر و موقعیت خاک در زمین نما ۱۴
۱-۸-۱- عمق موثر ۱۴
۱-۸-۲- موقعیت خاک در زمین نما ۱۴
۱-۹- ویژگی‌های شیمیایی خاک ۱۵
۱-۹-۱- ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) ۱۶

۱-۹-۲- جذب فسفر ۱۸
۱-۹-۳- مواد آلی خاک، کربن آلی خاک و سلامت خاک ۱۹
۱-۹-۳-۱- ماده آلی و کربن آلی ۱۹
۱-۹-۳-۲- اهمیت ماده آلی ۲۱
۱-۹-۳-۳- معدنی شدن ۲۲
۱-۹-۳-۴- مدیریت محصول و کربن خاک ۲۳
۱-۹-۳-۵- مخازن کربن آلی خاک ۲۵
۱-۹-۳-۶- کربن فعال و سلامت خاک ۲۷
۱-۹-۳-۷- نسبت کربن به نیتروژن (C: N) و ماده آلی خاک ۲۸
۱-۹-۳-۸- کربن آلی خاک، انتشار گازهای گلخانه‌ای و زراعت نیشکر ۲۹
۱-۹-۳-۹- سلامت و کیفیت خاک ۳۱
۱-۹-۴- pH خاک (اسیدی و قلیایی بودن) ۳۴
۱-۹-۴-۱- pH خاک و قابلیت استفاده عناصر غذایی ۳۶
۱-۹-۴-۲- تغییر دادن pH خاک ۳۷
۱-۹-۵- شوری و قلیایی بودن خاک ۳۸
۱-۹-۵-۱- خاک‌های شور ۳۹
۱-۹-۵-۲- خاک‌های سدیمی ۴۰
۱-۹-۵-۳- خاک‌های شور و قلیا ۴۴
۱-۹-۶- عناصر غذایی مورد نیاز گیاه و کمبود آن‌ها ۴۶
۱-۱۰- اثر اراضی قدیم - اراضی جدید ۴۷
۲-۱- رشد نیشکر ..... Error! Bookmark not defined.
۲-۱-۱- شکر چگونه در نیشکر ساخته میشود؟ ..... Error! Bookmark not defined.
۲-۱-۲- نیشکر چگونه آب و عناصر غذایی را جذب می‌کند؟ ..... Error! Bookmark not defined.
۲-۱-۳- اصول اساسی مدیریت پایدار عناصر غذایی ..... Error! Bookmark not defined.
۲-۱-۴- تغذیه متعادل ..... Error! Bookmark not defined.
۲-۱-۵- شش گام آسان ..... Error! Bookmark not defined.

۲-۱-۵-۱- دستورالعمل‌های مدیریت عناصر غذایی..... **Error! Bookmark not defined.**
۲-۱-۵-۱-۱- نیشکرکاری، محیط‌زیست و پایداری ..... **Error! Bookmark not defined.**
۲-۱-۵-۱-۲- معنی پایداری و بهترین روش مدیریت عناصر غذایی **Error! Bookmark not defined.**
۲-۱-۵-۱-۳- برنامه شش گام آسان..... **Error! Bookmark not defined.**
۲-۱-۶- اهمیت برنامه شش گام آسان..... **Error! Bookmark not defined.**
۲-۱-۷- برنامه شش گام آسان و محیط‌زیست..... **Error! Bookmark not defined.**
۲-۱-۸- منع قانونی بزرگ و رشد نیشکر..... **Error! Bookmark not defined.**
۲-۱-۹- دستورالعمل‌های شش گام آسان..... **Error! Bookmark not defined.**
۲-۲- آزمون خاک..... **Error! Bookmark not defined.**
۲-۲-۱- اهداف و مزایای آزمون خاک..... **Error! Bookmark not defined.**
۲-۲-۲- زمان آزمون خاک..... **Error! Bookmark not defined.**
۲-۲-۳- نحوه نمونه‌برداری از خاک ..... **Error! Bookmark not defined.**
۲-۲-۴- تجزیه نمونه خاک و تفسیر نتایج..... **Error! Bookmark not defined.**
۲-۲-۵- مصرف کود و نگهداری سوابق..... **Error! Bookmark not defined.**
۲-۲-۶- درک آزمایش‌های خاک..... **Error! Bookmark not defined.**
۲-۳- تجزیه برگ..... **Error! Bookmark not defined.**
۲-۳-۱- دلایل آنالیز برگ ..... **Error! Bookmark not defined.**
۲-۳-۲- تهیه نمونه برگ..... **Error! Bookmark not defined.**
۲-۳-۳- تفسیر آزمایش‌های برگ..... **Error! Bookmark not defined.**
۲-۴- عناصر غذایی که به‌وسیله محصول نیشکر از زمین خارج می‌شوند ... **Error! Bookmark not defined.**
۳. عناصر غذایی پرمصرف..... **Error! Bookmark not defined.**
۳-۱- نیتروژن(N) ..... **Error! Bookmark not defined.**
۳-۱-۱- نقش نیتروژن در نیشکر..... **Error! Bookmark not defined.**
۳-۱-۲- علائم کمبود نیتروژن ..... **Error! Bookmark not defined.**
۳-۱-۳- اثرات مصرف بیش از حد نیتروژن..... **Error! Bookmark not defined.**

۳-۱-۴- چرخه نیتروژن ..... **Error! Bookmark not defined.**
۳-۱-۵- منابع نیتروژن ..... **Error! Bookmark not defined.**
۳-۱-۵-۱- نیتروژن اتمسفری ..... **Error! Bookmark not defined.**
۳-۱-۵-۲- نیتروژن خاک ..... **Error! Bookmark not defined.**
۳-۱-۵-۳- نیتروژن آب آبیاری ..... **Error! Bookmark not defined.**
۳-۱-۵-۴- نیتروژن گیاهان لگوم ..... **Error! Bookmark not defined.**
۳-۱-۵-۵- نیتروژن بقایای محصول ..... **Error! Bookmark not defined.**
۳-۱-۵-۶- نیتروژن موجود در فیلترکیک/ خاکستر ..... **Error! Bookmark not defined.**
۳-۱-۵-۷- نیتروژن موجود در کمپوست و کود حیوانی .. **Error! Bookmark not defined.**
۳-۱-۶- شکل‌های نیتروژن ..... **Error! Bookmark not defined.**
۳-۱-۷- نیترات‌سازی ..... **Error! Bookmark not defined.**
۳-۱-۸- هدررفت نیتروژن خاک ..... **Error! Bookmark not defined.**
۳-۱-۸-۱- تصعید ..... **Error! Bookmark not defined.**
۳-۱-۸-۲- نیترات‌زدایی ..... **Error! Bookmark not defined.**
۳-۱-۸-۳- آب‌شویی ..... **Error! Bookmark not defined.**
۳-۱-۸-۴- رواناب ..... **Error! Bookmark not defined.**
۳-۱-۹- کودهای با کارایی بسیار بالا ..... **Error! Bookmark not defined.**
۳-۱-۱۰- کودهای کندرها ..... **Error! Bookmark not defined.**
۳-۱-۱۱- کودهایی با آزادسازی کنترل‌شده عناصر غذایی ..... **Error! Bookmark not defined.**
۳-۱-۱۲- نحوه عملکرد کودهای با آزادسازی کنترل‌شده ..... **Error! Bookmark not defined.**
۳-۱-۱۲-۱- کود با آمونیوم پایدار شده /بازدارنده نیترات سازی ..... **Error! Bookmark not defined.**
۳-۱-۱۲-۲- کودهای بازدارنده اوره‌آز ..... **Error! Bookmark not defined.**
۳-۱-۱۳- خارج شدن (برداشت) نیتروژن خاک توسط محصول نیشکر ..... **Error! Bookmark not defined.**

۳-۱-۱۴- پاسخ به نیتروژن ..... **Error! Bookmark not defined.**
۳-۱-۱۴-۱- نوع خاک / معدنی شدن مواد آلی ..... **Error! Bookmark not defined.**
۳-۱-۱۴-۲- واریته‌های نیشکر ..... **Error! Bookmark not defined.**
۳-۱-۱۴-۳- نوع گیاه ..... **Error! Bookmark not defined.**
۳-۱-۱۴-۳- گیاهان لگوم ..... **Error! Bookmark not defined.**
۳-۱-۱۴-۵- فیلترکیک / مخلوط فیلترکیک با خاکستر . **Error! Bookmark not defined.**
۳-۱-۱۵-کارایی مصرف نیتروژن ..... **Error! Bookmark not defined.**
۳-۱-۱۶- کودهای نیتروژن ..... **Error! Bookmark not defined.**
۳-۱-۱۷- اسیدی شدن خاک توسط کودهای نیتروژن ... **Error! Bookmark not defined.**
۳-۱-۱۸- توصیه‌های مربوط به مقدار مصرف نیتروژن .... **Error! Bookmark not defined.**
۳-۱-۱۹- پتانسیل عملکرد منطقه ..... **Error! Bookmark not defined.**
۳-۱-۲۰- پتانسیل عملکرد منطقه و تعیین نیتروژن مورد نیاز برای نیشکر ..... **Error! Bookmark not defined.**
۳-۱-۲۱- سهم نیتروژن مورد نیاز محصول نیشکر از فیلترکیک و مخلوط فیلترکیک با خاکستر ..... **Error! Bookmark not defined.**
۳-۱-۲۲- استراتژی کوددهی برای نیشکر در دو سال ..... **Error! Bookmark not defined.**
۳-۱-۲۲-۱- محصول تازه کشت و کشت مجدد ..... **Error! Bookmark not defined.**
۳-۱-۲۲-۲- محصول بازرویی ..... **Error! Bookmark not defined.**
۳-۱-۲۳- جذب برگی نیتروژن ..... **Error! Bookmark not defined.**
۳-۱-۲۴- زمان استفاده از نیتروژن ..... **Error! Bookmark not defined.**
۳-۱-۲۵- جذب نیتروژن ..... **Error! Bookmark not defined.**
۳-۱-۲۶- زمان کاربرد نیتروژن ..... **Error! Bookmark not defined.**
۳-۱-۲۶-۱- محصول تازه کشت نیشکر ..... **Error! Bookmark not defined.**
۳-۱-۲۶-۲- محصول بازرویی نیشکر ..... **Error! Bookmark not defined.**
۳-۱-۲۶-۳- سرنوشت استول نیشکر و جذب نیتروژن بعد از برداشت ..... **Error! Bookmark not defined.**
۳-۱-۲۷- نکات کلیدی: نیتروژن ..... **Error! Bookmark not defined.**

۳-۲- فسفر(P) ..... **Error! Bookmark not defined.**
۳-۲-۱- نقش فسفر در نیشکر ..... **Error! Bookmark not defined.**
۳-۲-۲- علائم کمبود فسفر ..... **Error! Bookmark not defined.**
۳-۲-۳- اثرات بیشبود فسفر ..... **Error! Bookmark not defined.**
۳-۲-۴- چرخه فسفر ..... **Error! Bookmark not defined.**
۳-۲-۵- فسفر در خاک ..... **Error! Bookmark not defined.**
۳-۲-۶- تثبیت فسفر ..... **Error! Bookmark not defined.**
۳-۲-۷- ظرفیت بافری فسفر (PBC) و شاخص بافری فسفر (PBI) ..... **Error! Bookmark not defined.**
۳-۲-۸- هدر رفت فسفر از خاک ..... **Error! Bookmark not defined.**
۳-۲-۹- پاسخ گیاه به مصرف فسفر ..... **Error! Bookmark not defined.**
۳-۲-۹-۱- مزارع و اراضی جدید ..... **Error! Bookmark not defined.**
۳-۲-۹-۲- اراضی قدیمی ..... **Error! Bookmark not defined.**
۳-۲-۱۰- کودهای شیمیایی فسفر ..... **Error! Bookmark not defined.**
۳-۲-۱۱- توصیه‌های استفاده فسفر ..... **Error! Bookmark not defined.**
۳-۲-۱۲- روش استفاده فسفر ..... **Error! Bookmark not defined.**
۳-۲-۱۳- نکات کلیدی: فسفر ..... **Error! Bookmark not defined.**
۳-۳- پتاسیم(K) ..... **Error! Bookmark not defined.**
۳-۳-۱- نقش پتاسیم در نیشکر ..... **Error! Bookmark not defined.**
۳-۳-۲- علائم کمبود پتاسیم ..... **Error! Bookmark not defined.**
۳-۳-۳- پیامد بیشبود پتاسیم ..... **Error! Bookmark not defined.**
۳-۳-۴- چرخه پتاسیم ..... **Error! Bookmark not defined.**
۳-۳-۵- پتاسیم در خاک ..... **Error! Bookmark not defined.**
۳-۳-۵-۱- شکل‌های پتاسیم ..... **Error! Bookmark not defined.**
۳-۳-۵-۲- آزمون‌های پتاسیم خاک ..... **Error! Bookmark not defined.**
۳-۳-۵-۳- کاربرد پتاسیم در خاک ..... **Error! Bookmark not defined.**
۳-۳-۶- پتاسیم در آب آبیاری ..... **Error! Bookmark not defined.**

۳-۳-۷- پاسخ گیاه به مصرف پتاسیم **Error! Bookmark not defined.**
۳-۳-۸- کودهای پتاسیمی **Error! Bookmark not defined.**
۳-۳-۹- توصیه‌های مصرف پتاسیم **Error! Bookmark not defined.**
۳-۳-۱۰- جایگذاری پتاسیم **Error! Bookmark not defined.**
۳-۳-۱۱- نکات کلیدی: پتاسیم (K) **Error! Bookmark not defined.**
۳-۴- کلسیم **Error! Bookmark not defined.**
۳-۴-۱- نقش کلسیم در نیشکر **Error! Bookmark not defined.**
۳-۴-۲- علائم کمبود کلسیم **Error! Bookmark not defined.**
۳-۴-۳- اثرات کلسیم اضافه **Error! Bookmark not defined.**
۳-۴-۴- منابع کلسیم **Error! Bookmark not defined.**
۳-۴-۵- توصیه‌های مصرف کلسیم **Error! Bookmark not defined.**
۳-۴-۶- کاربرد کلسیم و کمبود روی و مس **Error! Bookmark not defined.**
۳-۴-۷- جایگذاری کلسیم **Error! Bookmark not defined.**
۳-۴-۸- نکات کلیدی: کلسیم (Ca) **Error! Bookmark not defined.**
۳-۵- منیزیم **Error! Bookmark not defined.**
۳-۵-۱- نقش منیزیم در نیشکر **Error! Bookmark not defined.**
۳-۵-۲- علائم کمبود منیزیم **Error! Bookmark not defined.**
۳-۵-۳- پیامد بیشبود منیزیم **Error! Bookmark not defined.**
۳-۵-۴- منابع منیزیم **Error! Bookmark not defined.**
۳-۵-۵- مقادیر توصیه منیزیم **Error! Bookmark not defined.**
۳-۵-۶- جایگذاری منیزیم **Error! Bookmark not defined.**
۳-۵-۷- نکات کلیدی: منیزیم (Mg) **Error! Bookmark not defined.**
۳-۶- گوگرد (S) **Error! Bookmark not defined.**
۳-۶-۱- نقش گوگرد در نیشکر **Error! Bookmark not defined.**
۳-۶-۲- علائم کمبود گوگرد **Error! Bookmark not defined.**
۳-۶-۳- گوگرد در خاک **Error! Bookmark not defined.**

۳-۶-۴- افزایش گوگرد از طریق کودهای شیمیایی، بارندگی و آبیاری..... **Error! Bookmark not defined.**
۳-۶-۵- منابع گوگرد..... **Error! Bookmark not defined.**
۳-۶-۶- توصیه‌های مصرف گوگرد..... **Error! Bookmark not defined.**
۳-۶-۷- روش استفاده گوگرد..... **Error! Bookmark not defined.**
۳-۶-۸- نکات کلیدی: گوگرد (S)..... **Error! Bookmark not defined.**
۴. عناصر غذایی کم مصرف و مفید..... **Error! Bookmark not defined.**
۴-۱- مس (Cu)..... **Error! Bookmark not defined.**
۴-۱-۱- نقش مس در نیشکر..... **Error! Bookmark not defined.**
۴-۱-۲- علائم کمبود مس..... **Error! Bookmark not defined.**
۴-۱-۳- نواحی دارای کمبود مس..... **Error! Bookmark not defined.**
۴-۱-۴- سمیت مس..... **Error! Bookmark not defined.**
۴-۱-۵- مس در خاک..... **Error! Bookmark not defined.**
۴-۱-۶- منابع مس..... **Error! Bookmark not defined.**
۴-۱-۷- توصیه‌های مقدار مصرف مس..... **Error! Bookmark not defined.**
۴-۲- روی (Zn)..... **Error! Bookmark not defined.**
۴-۲-۱- نقش روی در نیشکر..... **Error! Bookmark not defined.**
۴-۲-۲- علائم کمبود روی..... **Error! Bookmark not defined.**
۴-۲-۳- روی در خاک..... **Error! Bookmark not defined.**
۴-۲-۴- منابع روی..... **Error! Bookmark not defined.**
۴-۲-۵- مقادیر توصیه کودی روی..... **Error! Bookmark not defined.**
۴-۳- بور (B)..... **Error! Bookmark not defined.**
۴-۳-۱- نقش بور در نیشکر..... **Error! Bookmark not defined.**
۴-۳-۲- علائم کمبود بور..... **Error! Bookmark not defined.**
۴-۳-۳- سمیت بور..... **Error! Bookmark not defined.**
۴-۳-۴- بور در خاک..... **Error! Bookmark not defined.**
۴-۳-۵- منابع بور..... **Error! Bookmark not defined.**

Error! Bookmark not defined. ۴-۳-۶- توصیه‌های مصرف بور
Error! Bookmark not defined. ۴-۴- منگنز (Mn)
Error! Bookmark not defined. ۴-۴-۱- نقش منگنز در نیشکر
Error! Bookmark not defined. ۴-۴-۲- علائم کمبود منگنز
Error! Bookmark not defined. ۴-۴-۳- منگنز در خاک
Error! Bookmark not defined. ۴-۴-۴- منابع منگنز
Error! Bookmark not defined. ۴-۴-۵- توصیه‌های مصرف منگنز
Error! Bookmark not defined. ۴-۵- آهن (Fe)
Error! Bookmark not defined. ۴-۵-۱- نقش آهن در نیشکر
Error! Bookmark not defined. ۴-۵-۲- علائم کمبود آهن
Error! Bookmark not defined. ۴-۵-۳- آهن در خاک
Error! Bookmark not defined. ۴-۵-۴- توصیه‌های مصرف آهن
Error! Bookmark not defined. ۴-۶- کلر (Cl)
Error! Bookmark not defined. ۴-۶-۱- نقش کلر در نیشکر
Error! Bookmark not defined. ۴-۶-۲- علائم کمبود کلر
Error! Bookmark not defined. ۴-۶-۳- سمیت کلر
Error! Bookmark not defined. ۴-۷- مولیبدن (Mo)
Error! Bookmark not defined. ۴-۷-۱- نقش مولیبدن در نیشکر
Error! Bookmark not defined. ۴-۷-۲- علائم کمبود مولیبدن
Error! Bookmark not defined. ۴-۷-۳- مولیبدن در خاک
Error! Bookmark not defined. ۴-۷-۴- منابع مولیبدن
Error! Bookmark not defined. ۴-۷-۵- توصیه‌های استفاده مولیبدن
Error! Bookmark not defined. ۴-۸- سیلیسیوم (Si)
Error! Bookmark not defined. ۴-۸-۱- نقش سیلیسیوم در نیشکر
Error! Bookmark not defined. ۴-۸-۲- علائم کمبود سیلیسیوم
Error! Bookmark not defined. ۴-۸-۳- سیلیسیوم در خاک
Error! Bookmark not defined. ۴-۸-۴- منابع سیلیسیوم

۴-۸-۵- توصیه‌های مصرف سیلیسیوم..... **Error! Bookmark not defined.**
۴-۹- آلومینیوم (Al)..... **Error! Bookmark not defined.**
۵. منابع جایگزین عناصر غذایی..... **Error! Bookmark not defined.**
۵-۱- محصولات جانبی کارخانه شکر..... **Error! Bookmark not defined.**
۵-۱-۱- محتوای عناصر غذایی محصولات جانبی کارخانه شکر..... **Error! Bookmark not defined.**
۵-۱-۱-۱- گل صافی و ترکیب گل صافی – خاکستر..... **Error! Bookmark not defined.**
۵-۱-۱-۲- ویناس..... **Error! Bookmark not defined.**
۵-۲- لگومها..... **Error! Bookmark not defined.**
۵-۳- کمپوست‌ها..... **Error! Bookmark not defined.**
۵-۴- سایر محصولات..... **Error! Bookmark not defined.**
۵-۵- کودهای مایع..... **Error! Bookmark not defined.**
۵-۵-۱- فواید احتمالی کود مایع در مقایسه با کودهای جامد..... **Error! Bookmark not defined.**
۵-۵-۲- مضرات احتمالی کودهای مایع در مقایسه با کودهای جامد **Error! Bookmark not defined.**
۵-۵-۳- مقادیر استفاده نیتروژن برای کودهای مایع..... **Error! Bookmark not defined.**
۵-۵-۴- استفاده صحیح برای کودهای شیمیایی مایع..... **Error! Bookmark not defined.**
پیوست..... **Error! Bookmark not defined.**

فصل ۱

خاک

مقدمه

مدیریت عناصر غذایی در مزرعه نقش کلیدی در پایداری کشاورزی و صنعت و اطمینان از به حداقل رساندن تأثیرات خارج از کنترل، دارد. برنامه مدیریت عناصر غذایی تحت عنوان شش گام آسان[1]، اساس دستورالعمل‌های مربوط به عناصر غذایی/کود در صنعت شکر استرالیا است. این دستورالعمل‌ها طی سال‌های متمادی توسعه یافته و به طور منظم بازنگری شده‌اند، بنابراین برای این دستورالعمل، توسط صنعت پذیرفته شده و توسط مقامات محلی به‌عنوان مناسب‌ترین ابزار برای اطمینان از پایداری صنعت شکر و مسئولیت‌پذیری در زمینه حفظ محیط‌زیست پذیرفته شده است.

کلید تغذیه پایدار نیشکر، کاربرد صحیح عناصر غذایی در مقادیر توصیه شده در زمان و مکان مناسب (با توجه به نیازهای مورد نظر) است. این دستورالعمل حاصل به‌روزرسانی کتابچه اصلی دستورالعمل تغذیه نیشکر استرالیا[2] منتشر شده در سال ۱۹۹۴ است. این دستورالعمل، به عنوان راهنمای عملی و مرجع در بیشتر جنبه‌های تغذیه نیشکر، تهیه شده است. در پایان فصول مختلف کتاب، خلاصه نکات مهم هر فصل آمده است.

از آن جایی‌که این کتابچه راهنما برای تمام مناطق نیشکرکاری استرالیا در نظر گرفته شده است می‌توان مطالب آن را در همه کشور به‌طور عمومی تعمیم داد. مشاوران محلی می‌توانند با تلفیق اطلاعات و دانش منطقه‌ای با اصول تغذیه نیشکر، به نیشکرکاران این مناطق کمک کنند.

سلامت خاک، مدیریت عناصر غذایی و پایداری محیط‌زیست یکی از هشت حوزه متمرکز پژوهش، توسعه و اتخاذ برنامه استراتژیک مرکز تحقیقات شکر استرالیا، است. شما می‌توانید برنامه استراتژیک کامل و اطلاعات بیشتر در مورد سرمایه‌گذاری‌های تحقیقاتی کنونی را در وب‌سایت مرکز تحقیقات شکر استرالیا[3]، ملاحظه کنید.

1. Six Easy Steps
2. Australian Sugarcane Nutrition Manual
3. SRA website

۱-۱. خاک

آگاهی از ترکیب خاک‌ها و چگونگی تشکیل آن‌ها به شناخت بهتر نیازهای کودی خاک کمک می‌کند. ویژگی‌های اساسی خاک در مزرعه به‌راحتی قابل تشخیص هستند و می‌توانند به درک عمیقی از خاک‌ها و مدیریت آن‌ها کمک کنند. این ویژگی‌ها شامل رنگ، بافت، ساختمان، عمق و محل مورد نظر در نمای سرزمین (زمین نما)[1] می‌باشند. علاوه بر این، ویژگی‌های شیمیایی خاک (معمولاً از آنالیزهای خاک تعیین می‌شوند) نیز اطلاعات پایه‌ای برای توصیه‌های تغذیه‌ای را فراهم می‌کنند (شکل ۱).

۱-۲- تشکیل خاک

بیشتر خاک‌ها از تبدیل مواد مادری به ذرات کوچکتر در اثر هوادیدگی که متاثر از فرآیندهایی که تحت تأثیر عوامل اقلیم و موجودات زنده می‌باشد، تشکیل می‌شوند. موجودات زنده مانند کرم‌های خاکی، قارچ‌ها، گیاهان، جلبک‌ها، حشرات و باکتری‌ها در تشکیل خاک و چرخه عناصر غذایی که به شکل قابل استفاده برای گیاه در می‌آیند، حائز اهمیت هستند.

سه عامل اصلی که تعیین می‌کنند چه نوع خاکی تشکیل شود، به شرح زیر می‌باشند:

- نوع سنگ مادری: سنگ‌های دانه درشت، سنگ‌های حاوی کوارتز مانند گرانیت و ماسه‌سنگ، خاک‌های شنی تولید می‌کنند، درحالی‌که سنگ‌های ریزدانه مانند بازالت، خاک‌های لومی یا رسی تولید می‌کنند.
- اقلیم: به طور کلی در مناطق پر باران خاک‌های عمیق‌تر با افق‌های شستشو یافته‌تر نسبت به مناطق کم باران، ایجاد می‌شوند.
- مکان: خاک‌هایی که در دشت‌های سیلابی تشکیل می‌شوند اغلب نسبت به خاک‌های شنی و سبک‌تر تشکیل شده در مناطق مرتفع، مقدار رس بیشتری دارند.

1. Landscape

دو گروه بزرگ خاک وجود دارد: خاک‌های باقی‌مانده[۱] و خاک‌های منتقل‌شده[۲].

خاک‌های باقیمانده در جایی تشکیل می‌شوند که یک توده سنگ به‌تدریج هوازده شده و پس از هزاران سال تکامل می‌یابد و یک لایه خاک در سطح بالایی آن تشکیل می‌شود. مثال‌ها عبارت‌اند از:

۱. خاک‌های آتش‌فشانی قرمز رنگ در مناطق باندابرگ[۳]، چیلدرز[۴]، اینیسفیل[۵]، بابیندا[۶] و بخش‌های کوچکی از منطقه کایرنز[۷]، از بازالت تشکیل می‌شوند. در بیشتر موارد، سنگ‌های مادری غیرهوازده ممکن است در عمق‌های مختلف زیر لایه سطحی خاک دیده شوند.

۲. خاک‌های شیست قرمز دامنه تپه‌های مناطق ماسمن[۸]، ادمونتون[۹] و مولگراو[۱۰]، جنوب مناکریک[۱۱] (اینیسفیل) و مناطق ال آریش[۱۲]. این خاک‌ها منشأ آتش‌فشانی ندارند اما از سنگ‌های شیست (که از قرار گرفتن سنگ‌های رسوبی تحت فشار و یا دمای زیاد در اعماق زمین تشکیل می‌شوند) مشتق شده‌اند.

خاک‌های انتقال‌یافته در جایی ایجاد می‌شوند که مواد اولیه تشکیل‌دهنده آن‌ها اغلب توسط آب و همچنین در نتیجه گرانش، از محل شکل‌گیری اصلی خود به محل جدید منتقل شده است. نمونه‌هایی از خاک‌های منتقل شده را می‌توان در دلتای بوردکین[۱۳] و خاک‌های

1. Residual soils
2 .Transported soils
3. Bundaberg
4. Childers
5. Innisfail
6. Babinda
7. Cairns
8. Mossman
9. Edmonton
10. Mulgrave
11. Mena Creek
12. El Arish
13. Burdekin

آبرفتی بارون[۱]، مولگریو[۲]، راسل[۳]، جانستون[۴]، تولی[۵]، هربرت[۶]، پایونر[۷]، برنت[۸]، مری[۹] و حوضه‌های آبریز رودخانه ماروچی[۱۰] مشاهده کرد. تشکیل تقریباً ۴ تن در هکتار در سال خاک بر روی مواد مادری بازالت در مناطق گرم و مرطوب کوئینزلند به‌عنوان شاخصی از نرخ تشکیل خاک در این مناطق، تخمین زده می‌شود.

۱-۳- ترکیب خاک

پنج جزء خاک شامل مواد معدنی (شن، سیلت و رس که بافت خاک را تعیین می‌کنند)، ماده آلی (مواد گیاهی، هوموس و بقایای موجودات زنده)، آب خاک، هوای خاک و موجودات زنده خاک می‌باشند. خاک‌ها از نظر نسبت و ترتیب این پنج جزء و همچنین در نوع و شدت هوازدگی، متفاوت هستند.

1. Barron
2. Mulgrave
3. Russell
4. Johnstone
5. Tully
6. Herbert
7. Pioneer
8. Burnett
9. Mary
10. Maroochy

شکل ۱- خاک‌ها دارای طیف گسترده‌ای از رنگ‌ها، بافت‌ها و ساختمان‌هایی هستند که نشان‌دهنده ویژگی‌های مختلف شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی آن‌ها می‌باشد.

۱-۴- رنگ خاک

رنگ خاک به‌طورکلی با توجه به مقدار و نوع مواد آلی، مقدار و نوع اکسیدهای آهن و درجه هوادیدگی خاک تعیین می‌شود. رنگ‌های خاک اطلاعات و شناخت مفیدی را در مورد برخی از ویژگی‌های خاک فراهم می‌کنند. به‌طور کلی خاک‌های تیره رنگ نسبت به خاک‌های با رنگ روشن‌تر، مواد آلی بیشتری دارند. بعضی از خاک‌ها به‌دلیل کانی‌های رسی، سیاه رنگ هستند. خاک‌هایی که زهکشی خوبی دارند، قرمز رنگ هستند. خاک‌هایی که زهکشی ضعیف‌تری دارند، رنگ روشن‌تری (زرد و خاکستری) دارند. رنگ خاک‌های با زهکشی بسیار ضعیف از خاکستری تا خاکستری- آبی است. رنگ روشن افق خاک نیز نشان می‌دهد که مواد آلی یا آهن از افق شسته شده‌اند. لکه‌های رنگی[1] (ماتل‌ها) نشان‌دهنده چرخه‌های متناوب غرقاب و خشک شدن است. خاک مرطوب رنگ تیره‌تری نسبت به خاک خشک دارد (شکل ۲ و جدول ۱).

1. Mottl

۱-۵- بافت خاک

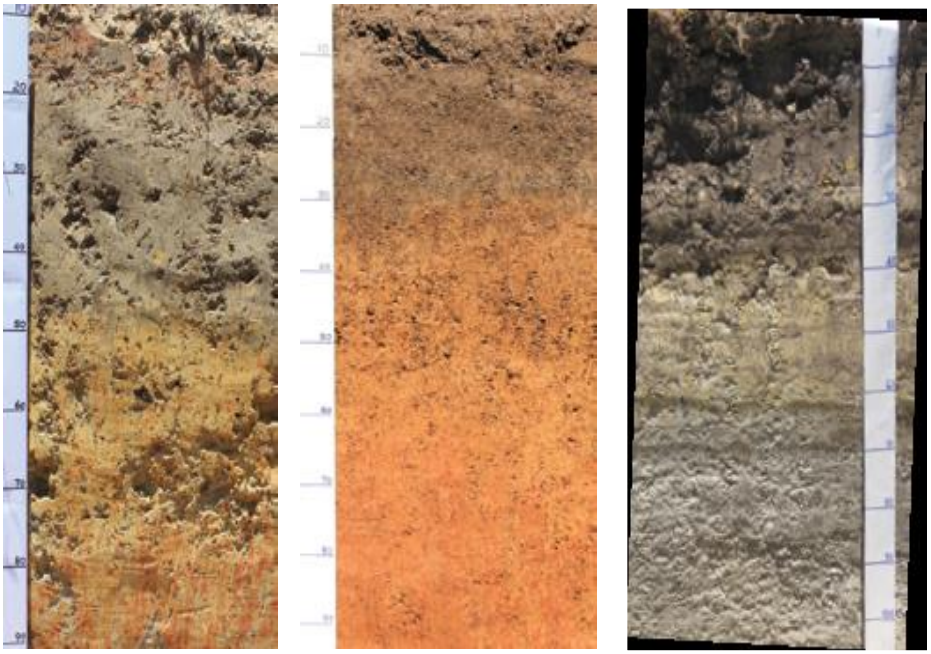
بافت خاک با استفاده از توزیع نسبی شن و سیلت و رس (ماده معدنی) در خاک تعیین می‌شود.

۱-۵-۱- شن

ذرات شن نسبتاً درشت هستند و قطر آن‌ها از ۰/۰۵ تا ۲ میلی‌متر متغیر است. این ذرات به هم نمی‌چسبند. شن‌ها توانایی کمی در نگه‌داری آب دارند و عناصر غذایی به‌راحتی از آن‌ها شسته می‌شوند. این ذرات دارای تهویه و زهکشی بسیار خوب هستند، عملیات خاکورزی در آنها به‌سادگی انجام می‌شود، اما اغلب بسیار ساینده هستند.

۱-۵-۲- سیلت

ذرات سیلت از ذرات شن ریزتر هستند و قطر آن‌ها در محدوده ۰/۰۵ تا ۰/۰۰۲ میلی‌متر است. این ذرات به‌راحتی به هم می‌چسبند، دارای ظرفیت نگه‌داری آب و عناصر غذایی خوبی بوده و از نظر لمسی، نرم می‌باشند. بیش‌تر خاک‌های سیلتی منشأ آبرفتی دارند. این خاک‌ها به‌سادگی متراکم می‌شوند.



شکل ۲- رنگ خاک اطلاعات مفیدی را در مورد ویژگی‌های خاک می‌دهد. خاک زیرسطحی (شکل سمت چپ) با لکه‌های رنگی (ماتل‌ها) غرقاب بودن افق خاک را نشان می‌دهد. خاک‌های لومی رسی قرمز (شکل وسط) دارای حاصلخیزی متوسط با زهکشی خوب هستند. خاک‌هایی با خطوط رنگی (شکل سمت راست) نشان‌دهنده وقوع سیلاب‌ها به همراه رسوب‌گذاری مواد است. سطح خاک اغلب به‌دلیل وجود مواد آلی، رنگ تیره‌تری دارد.

شکل ۳- رس اصطلاحاً موتورخانه خاک محسوب می‌شود. این ذرات عناصر غذایی و آب را در خود نگه می‌دارند.

جدول ۱- رنگ‌های خاک و ویژگی‌های مربوط به آن

رنگ	ویژگی‌ها	مثال
سیاه / تیره	مواد آلی زیاد و کانی‌های رسی تیره	اراضی سیاه‌رنگ
خاکستری روشن	ماده آلی کم و با افق‌هایی بشدت شسته شده	شن خاکستری
قرمز، قهوه‌ای و قرمز قهوه‌ای	دارای شرایط خوب تهویه و زهکشی	خاک‌های آتش‌فشانی
زرد و زرد- قهوه‌ای	دارای شرایط ضعیف تهویه و زهکشی	اراضی زردرنگ
خاکستری و خاکستری- آبی	خاک‌های غرقاب	خاک‌های هیومیک گلی[1]
خاک‌هایی بارنگ‌های یکنواخت	خاک‌های پیر و تکامل‌یافته	خاک‌های آتش‌فشانی
خاک‌هایی با لایه‌ای رنگی	خاک‌های رسوبی جوان	خاک‌های آبرفتی جوان
خاک‌هایی با لکه‌های رنگی	دارای شرایط متناوب آب‌ماندگی و خشک شدن	خاک‌های هیومیک گلی

1. Humic gley

۱-۵-۳- رس

خاک‌های رسی دارای مقادیر زیادی از ذرات با قطر کمتر از ۰/۰۰۲ میلی‌متر هستند. رس‌ها به‌دلیل سطح ویژه بیشتر نسبت به ذرات سیلت، توانایی جذب آب بیشتری دارند. خاک‌های رسی اگرچه می‌توانند حاصلخیز باشند اما تهویه آن‌ها ضعیف است، به‌راحتی غرقاب می‌شوند و عملیات خاک‌ورزی در آن‌ها دشوار است. این خاک‌ها در هنگام خشک شدن، توده‌های سخت تشکیل می‌دهند و هنگام مرطوب شدن چسبناک هستند.

خاک‌ها به ۱۵ کلاس بافتی از شنی تا رسی سنگین تقسیم‌بندی می‌شوند. کلاس بافت لوم، تقریباً نسبت‌های برابری از ذرات شن، سیلت و رس دارد.

بافت بر رفتار ساختمان خاک تأثیر می‌گذارد. خاک‌های با نسبت بالای شن ریز، متراکم و دارای چگالی بیش‌تری هستند. خاک‌های با نسبت بالای سیلت، تمایل به پوسته پوسته شدن و بسته شدن منافذ سطحی این خاک‌ها پس از باران یا آبیاری دارند. به‌طورکلی، مدیریت خاک‌های با مقدار رس نسبتاً زیاد، به شرطی که درصد رس آن‌ها خیلی زیاد نباشد، آسان‌تر از خاک‌های شنی و سیلتی است.

۱-۶- اندازه‌گیری بافت خاک

برای ارزیابی سریع بافت خاک می‌توان از روش دستی یا صحرایی استفاده کرد. یک مشت کوچک خاک مرطوب ورز داده و به شکل توپ[1] درآورده می‌شود. سپس بین انگشت شست و انگشت اشاره فشرده شده تا نوار[2] تشکیل شود. طول نوار، کلاس بافت خاک را مشخص می‌کند. در پیوست یک، ۱۵ کلاس بافتی خاک و ویژگی‌های آن‌ها آمده است (شکل ۴).

1. Bolus
2. Ribbon

شکل ۴- بافت یک خاک تابعی از مقادیر نسبی شن، سیلت و رس آن است. با استفاده از طول نوار شکسته نشده حاصل از فشردن مقداری خاک مرطوب (توپی شکل) بین انگشت شست و انگشت اشاره، می‌توان بافت خاک به روش صحرایی را تعیین کرد.

۱-۷- ساختمان خاک

ساختمان خاک به‌هم پیوستن طبیعی ذرات اولیه خاک (شن، سیلت و رس) و ایجاد واحدهای مرکب یا خاکدانه[۱]، است. به فضاهای بین و درون خاکدانه‌ها، به ترتیب منافذ درشت[۲] و منافذ ریز[۳] گفته می‌شود. رطوبت می‌تواند در منافذ ریز نگه‌داری شود. منافذ درشت امکان تخلیه آب اضافی و حرکت هوا را فراهم می‌کنند. ساختمان با چگونگی پیوستگی و استحکام اتصال گرانول‌های جداگانه خاک به یکدیگر، کنترل می‌شود. خاک‌ها را می‌توان به‌صورت تُرد[۴]،

1. Ped
2. Macro-pores
3. Micro-pores
4. Friable

ستونی[۱]، خود پوشش[۲]، خرده ساختمان[۳]، توده‌ای[۴] یا بدون ساختمان[۵] تعریف کرد. ساختمان خاک بر ورود آب، رواناب، فرسایش خاک، جوانه‌زنی، حرکت آب و هوا، رشد ریشه، فعالیت بیولوژیکی و توانایی خاک در نگه‌داری عناصر غذایی تأثیر دارد. ساختمان خاک بر اساس شکل دانه‌های منفرد به چهار گروه اصلی طبقه‌بندی می‌شود.

۱-۷-۱- ورقه ای [۶]

ساختمان ورقه‌ای از واحدهایی تشکیل شده است که به‌صورت ورقه یا صفحه‌ای بوده و به‌صورت افقی روی هم چیده شده‌اند. صفحات اغلب همپوشانی دارند و حرکت آب را بسیار مختل می‌کنند. خاک‌های فشرده اغلب دارای ساختمان ورقه‌ای هستند.

۱-۷-۲- منشوری و ستونی [۷]

ساختمان‌های منشوری و ستونی از واحدهایی که به صورت ستون‌های عمودی یا ستون‌هایی که به‌وسیله شکاف‌های عمودی جدا شده‌اند، تشکیل شده‌اند و می‌توانند بسیار کوچک و یا بسیار عریض باشند. این خاک‌ها در ابتدا به دلیل شکاف‌های عمودی، زهکشی خوبی دارند ولی هنگامی‌که واحدهای ساختمانی به علت نفوذ آب متورم شده و شکاف‌های عمودی تقریباً ناپدید می‌شوند، زهکشی آنها ضعیف می‌شوند.

۱-۷-۳- ساختمان دانه‌ای ریز [۸]

در این ساختمان ذرات شن، سیلت و رس به‌هم متصل شده و به‌صورت دانه‌های نسبتاً کوچک در می‌آیند. آب به آسانی می‌تواند در این خاک‌ها حرکت کند.

1. Blocky
2. Self-mulching
3. Crumb
4. Massive
5. Structureless
6. Platy
7. Prismatic and Columnar
8. Granular Crumb

شکل ۵- خاک‌های با ساختمان مکعبی (چپ) و دانه‌ای (راست)، محتوای رس و ظرفیت نگهداری آب و عناصر غذایی متفاوتی دارند.

۱-۷-۴- مکعبی و مکعبی با زوایای نامنظم[1]

در این نوع ساختمان واحدهای خاک به‌هم متصل شده و به شکل مکعب در می‌آیند. معمولاً در خاک‌هایی که دارای این ساختمان هستند نفوذ ریشه، نفوذپذیری و حرکت آب، محدود است.

توسعه ساختمان خاک به‌طورکلی به شرح زیر طبقه‌بندی می‌شود: بدون ساختمان (شن، تک‌دانه، دانه‌ای – حرکت سریع آب)، متوسط (مکعبی - حرکت متوسط آب) و قوی (توده‌ای، منشوری، ستونی - حرکت آب کند تا متوسط).

1. Blocky and Subangular Blocky

۱-۸- عمق مؤثر[1] و موقعیت خاک[2] در زمین نما[3]

۱-۸-۱- عمق موثر

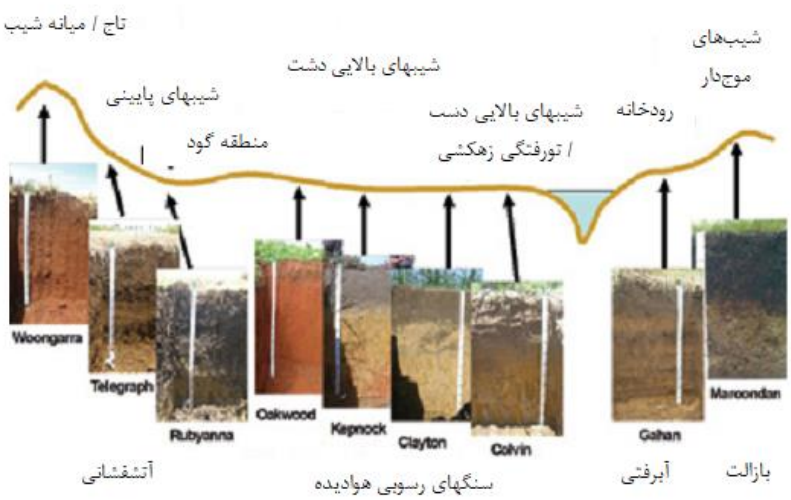
عمق مؤثر، عمقی از خاک است که می‌تواند توسط ریشه برای جذب آب و عناصر غذایی یا برای استقرار فیزیکی آن مورد بهره‌برداری قرار گیرد. اگرچه برخی از ریشه‌های نیشکر می‌توانند به عمق چندین متر برسند ولی بخش عمده ریشه‌ها در عمق ۲۵ سانتی‌متری سطحی خاک هستند.

۱-۸-۲- موقعیت خاک در زمین نما

منظور از موقعیت در زمین‌نما، جایی است که انواع مختلف خاک‌ها نسبت به زمین‌نما و سایر خاک‌ها دارند (شکل ۶). موقعیت می‌تواند ویژگی‌های فیزیکی (ساختمان، بافت) و مشخصات شیمیایی (رنگ، حاصلخیزی) خاک را تحت تأثیر قرار دهد. برای مثال، خاک‌هایی که در قسمت پایین زمین‌نما (مناطق پست و کم ارتفاع) یافت می‌شوند به احتمال زیاد تحت تأثیر شرایط مرطوب یا مانداب قرار می‌گیرند درحالی‌که این شرایط در مناطق مرتفع عامل مؤثری در تکامل و توسعه خاک‌ها نیست.

خاک‌ها حتی با داشتن اختلاف ارتفاع کمتر از چند متر می‌توانند ویژگی‌های کاملاً متفاوتی از جمله مقدار مواد آلی، نیاز به نیتروژن، مسیرهای هدر رفت عناصر غذایی، بافت، رنگ و ساختمان، داشته باشند.

1. Effective depth
2. Position
3. Landscape



شکل ۶- موقعیت نسبی انواع مختلف خاک در یک منطقه

۱-۹- ویژگی‌های شیمیایی خاک

ویژگی‌های شیمیایی اصلی خاک شامل موارد زیر است:

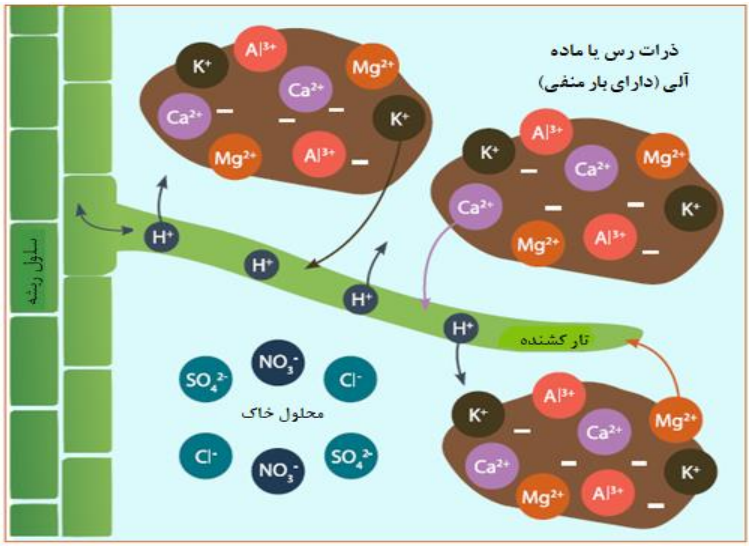
- ظرفیت تبادل کاتیونی[1]
- جذب فسفر
- ماده آلی و معدنی شدن
- pH خاک
- شوری و سدیمی بودن خاک
- عناصر غذایی مورد نیاز گیاه.

1. Cation exchange capacity (CEC)

۱-۹-۱- ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC)

ظرفیت تبادل کاتیونی، یک ویژگی ذاتی خاک است که بر فراهمی عناصر غذایی، پایداری ساختمان خاک، pH خاک، عملکرد کودها و اصلاح‌کننده‌ها، موثر است. ظرفیت تبادل کاتیونی معیاری برای توانایی خاک در حفظ برخی عناصر غذایی به نام کاتیون است. رایج‌ترین کاتیون‌های موجود در خاک، پتاسیم (K^{+})، کلسیم (Ca^{+2})، منیزیم (Mg^{+2})، سدیم (Na^{+})، آلومینیوم (Al^{+3}) و هیدروژن (H^{+}) هستند.

کاتیون‌ها دارای بار مثبت هستند و به‌طور برگشت‌پذیر به ذرات رس و مواد آلی با بار منفی جذب و متصل می‌شوند. ذرات رس و مواد آلی با بار منفی، از آبشویی بیشتر عناصر غذایی به خارج از منطقه ریشه جلوگیری می‌کنند. کاتیون‌ها در مقادیر بیشتر از ظرفیت تبادل کاتیونی خاک، در محلول خاک یافت می‌شوند. این دسته از کاتیون‌ها بیشتر از کاتیون‌های جذب شده توسط خاک از طریق ظرفیت تبادل کاتیونی، از خاک شسته می‌شوند. سایر عناصر غذایی با بار منفی یا آنیون‌ها از جمله سولفات (SO_4^{-2})، نیترات (NO_3^{-}) و کلراید (Cl^{-})، به دلیل داشتن بار منفی جذب نمی‌شوند، توسط ذرات رس و مواد آلی دارای بار منفی دفع می‌شوند. آن‌ها معمولاً در محلول خاک یافت می‌شوند و می‌توانند به‌راحتی از منطقه ریشه شسته شوند. با این‌حال، دو آنیون، فسفات (PO_4^{-3}) و سیلیکات (معمولی‌ترین شکل SiO_4^{-4}) غالباً در خاک‌های اسیدی (pH پایین) با آهن، آلومینیوم و منگنز کمپلکس‌های نامحلول تشکیل می‌دهند. در خاک‌های قلیایی، این آنیون‌ها می‌توانند کمپلکس‌هایی نسبتاً نامحلول با کاتیون‌هایی مانند Ca^{+2} نیز تشکیل دهند. وقتی این اتفاق می‌افتد، آن‌ها دیگر برای جذب گیاه در دسترس نیستند. خاک‌های اسیدی و قلیایی در ادامه این فصل توضیح داده خواهند شد. ریشه‌های مویین سطح تماس ریشه با خاک را افزایش می‌دهند و به جذب آب و عناصر غذایی محلول کمک می‌کند (شکل ۷).



شکل ۷- تبادل کاتیونی و جذب عناصر غذایی توسط تارهای کشنده ریشه گیاه

به طور کلی خاک‌های مناطق مرطوب حاره، به‌دلیل هوازدگی بیشتر، نسبت به خاک‌های مناطق سردتر یا خشک‌تر ظرفیت تبادل کاتیونی کمتری دارند. مقادیر ظرفیت تبادل کاتیونی خاک بسته به مقدار ماده آلی، نوع رس (کائولینیت یا مونتموریلونیت) و مقدار رس، متفاوت است. خاک‌های با مقادیر زیاد رس یا ماده آلی معمولاً دارای ظرفیت تبادل کاتیونی بالایی هستند و در مقایسه با خاک‌های شنی با ظرفیت تبادل کاتیونی پایین، توانایی بالاتری در نگه‌داشت آب و عناصر غذایی دارند. ظرفیت تبادل کاتیونی ماده آلی بیش‌تر از رس است.

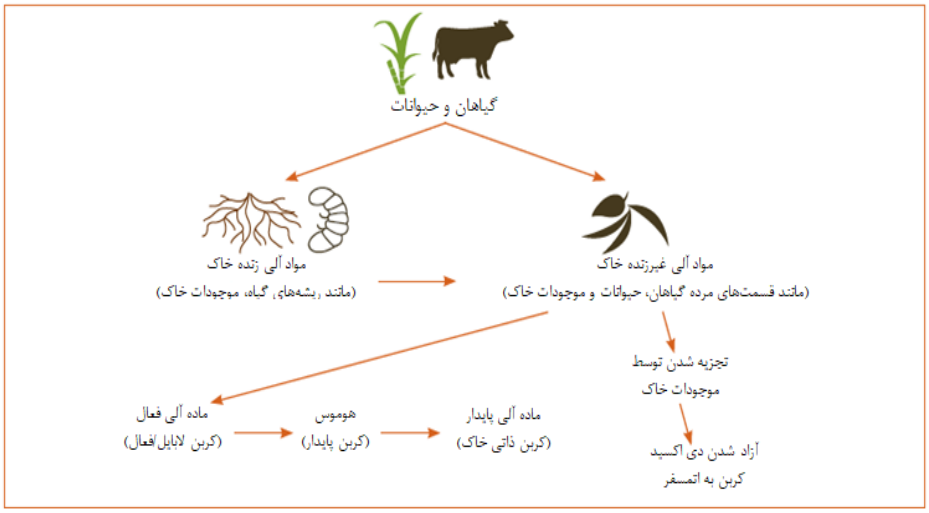
گاهی ممکن است ظرفیت تبادل کاتیونی یک خاک به‌صورت ظرفیت تبادل کاتیونی مؤثر[1] بیان شود. ظرفیت تبادل کاتیونی مؤثر در pH طبیعی خاک ارزیابی می‌شود، درحالی‌که اندازه‌گیری ظرفیت تبادل کاتیونی در محلول بافر با مقدار pH معین، انجام می‌شود. ظرفیت تبادل کاتیونی مؤثر، نشان دهنده ظرفیت واقعی تبادل کاتیونی یک خاک

1. Effective Cation Exchange Capacity (ECEC)

می‌باشد اما می‌تواند مقایسه مستقیم بین خاک‌ها را دشوارتر نماید. ظرفیت تبادل کاتیونی به خاک حالت بافر (مقاومت در برابر تغییرات شدید pH خاک) می‌دهد. وقتی کاتیون‌های K^{+}، Ca^{+2} و Mg^{+2} توسط کاتیون‌هایی مانند H^{+} و Al^{3+} جایگزین شوند، خاک اسیدی‌تر می‌شود. با این وجود، تغییر اساسی ظرفیت تبادل کاتیونی خاک، دشوار است.

۱-۹-۲- جذب فسفر

جذب فسفر در خاک زمانی اتفاق می‌افتد که فسفر به سطوح ذرات خاک پیوند می‌یابد یا از نظر شیمیایی غیرفعال (وقتی که ترکیبات نسبتاً نامحلول تشکیل دهد) شود. به‌عبارت‌دیگر، بخشی از فسفر به شکل "تثبیت شده" تبدیل و دیگر برای رشد گیاه در دسترس نباشد. بسته به نوع خاک، جذب فسفر می‌تواند در محدوده ضعیف (برای مثال در خاک‌های شنی) تا قوی (برای مثال در خاک‌های آتش‌فشانی و خاک‌های پیت) متغیر باشد. اطلاعات بیشتر در مورد جذب فسفر را می‌توانید در فصل مربوط به فسفر ملاحظه نمایید.



شکل ۸- چرخه مواد آلی خاک

۱-۹-۳- مواد آلی خاک، کربن آلی خاک و سلامت خاک

سلامت خاک به ظرفیت خاک در عملکرد زیستی، فیزیکی و شیمیایی به‌عنوان یک اکوسیستم زنده برای حفظ حیات پایدار گیاهان و حیوانات، در شرایطی که محیط‌زیست آلوده نباشد، اطلاق می‌شود. تمرکز سلامت خاک بر روی زندگی و نه روی یک محیط خنثی و بی‌اثر است. خاک‌های سالم مملو از باکتری، قارچ، جلبک، پروتوزوآ، نماتدهای مفید، میکروب‌های دیگر و موجودات زنده بزرگ‌تر که برای حفظ یک محیط پایدار تعامل می‌کنند، است. سلامت خاک به‌طورکلی با مواد آلی خاک ارتباط نزدیک دارد و مواد آلی با مدیریت عناصر غذایی در ارتباط است.

۱-۹-۳-۱- ماده آلی و کربن آلی

ماده آلی خاک فقط قسمت کوچکی از جرم خاک را تشکیل می‌دهد اما برای فعالیت‌های شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی خاک حیاتی است. مواد آلی شامل بقایای گیاهی، موجودات زنده خاک و بقایای دامی می‌شود. ماده آلی دارای مقدار زیادی نیتروژن می باشد (شکل ۸).

جدول ۲- سطوح کربن آلی در خاک‌های مناطق تحت نیشکر استرالیا

منطقه	کلاس‌های کربن آلی خاک			
	کم- بسیارکم	نسبتاً متوسط – متوسط	نسبتاً زیاد – زیاد	بسیار زیاد
	کمتر از ۰/۸ درصد	۱/۶-۰/۸ درصد	۲/۴-۱/۶ درصد	بیشتر از۲/۴ درصد
	توزیع نسبی(درصد) بر اساس طبقه‌بندی کربن آلی			
مناطق مرطوب گرم	۶	۴۹	۲۸	۱۷
هربرت	۱۶	۶۹	۱۳	۲
بردکین	۴۶	۵۰	۳	۱
مرکز کوئینزلند	۲۶	۶۴	۹	۱
جنوب کوئینزلند	۱۴	۵۸	۱۹	۹
نیوساوت ولز	۲	۱۲	۲۶	۶۰
کل صنعت	۲۱	۵۴	۱۵	۱۰

ماده آلی معمولاً شامل طیف کاملی از عناصر غذایی ضروری برای گیاه است که به آرامی برای رشد گیاه قابل دسترس می‌شوند. ماده آلی به عنوان مخزن مواد غذایی گیاه نیز عمل می‌کند، به حفظ رطوبت خاک کمک می‌کند، ساختمان فیزیکی خاک را بهبود می‌دهد و محیط (زیستگاه) مناسبی را برای میکروارگانیسم‌های خاک فراهم می‌کند. همچنین تنوع و رشد همه موجودات زنده خاک را تقویت می‌کند. خاک‌های سالم به نگهداری ماده آلی خاک وابسته هستند. حدود ۸۵ درصد ماده آلی خاک از ماده غیرزنده، ۱۰ درصد ماده گیاهی زنده و ۵ درصد میکروارگانیسم‌ها، تشکیل شده است. تعیین مستقیم مقدار ماده آلی خاک در آزمایشگاه دشوار است. کربن آلی کل اغلب به‌عنوان جایگزین اندازه‌گیری محتوای ماده آلی خاک استفاده می‌شود. کربن آلی خاک حدود ۶۰ درصد از ماده آلی خاک را تشکیل می‌دهد. ماده آلی را می‌توان با استفاده از رابطه زیر برآورد نمود:

ماده آلی (درصد) = ۱/۷۲ ×کربن آلی (درصد)

به‌طور کلی خاک‌های مناطق نیشکرکاری استرالیا، کربن آلی کمی (معمولاً در محدوده ۱ تا ۳ درصد از جرم خاک) دارند (جداول ۳ و ۴).

جدول ۳ - میانگین کربن آلی خاک در مناطق مختلف استرالیا

منطقه	درصد کربن آلی خاک
مناطق مرطوب گرم	۱/۸
هربرت	۱/۲
بردکین	۰/۹
مرکز کوئینزلند	۱/۱
جنوب کوئینزلند	۱/۵
نیوساوت ولز	۳

۱-۹-۳-۲- اهمیت ماده آلی

مواد آلی معمولاً شامل طیف کاملی از عناصر غذایی ضروری مورد نیاز گیاهان است. با این‌حال، تا زمانی که مواد آلی طی فرآیندی به نام معدنی شدن[1] تجزیه نشوند، برای گیاهان قابل استفاده نمی‌باشند. شکل‌های آلی عناصر غذایی در مقایسه با شکل‌های معدنی آن‌ها (مانند عناصر موجود در کودهای شیمیایی) فراهمی کم‌تری دارند.

ماده آلی نقش مهمی در:

- بهبود ساختمان و عملیات خاک‌ورزی
- افزایش تهویه خاک
- کمک به دانه‌بندی خاک و تشکیل خاکدانه‌ها
- بهبود کارایی خاک و سایر جنبه‌های فیزیکی آن
- تأمین اغلب عناصر غذایی خاک، به‌ویژه نیتروژن
- به‌عنوان کلات به افزایش فراهمی عناصر غذایی کم‌مصرف برای گیاه، کمک می‌کند.
- اجازه می‌دهد عناصر غذایی ذخیره شده به‌آرامی آزاد شوند، بنابراین هدر رفت عناصر غذایی از طریق آب‌شویی و نیترات‌زدایی[2] را کاهش می‌دهد.
- بهبود ظرفیت تبادل کاتیونی خاک
- افزایش ظرفیت بافری[3] و سایر جنبه‌های شیمیایی خاک
- افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک
- کاهش فرسایش خاک
- فراهم آوردن محیطی (زیستگاهی) مناسب برای میکروارگانیسم‌های خاک که چندین نقش مهم دارند، ازجمله:

1. Mineralisation
2. Denitrification
3. Buffering capacity

۱. تجزیه مواد شیمیایی مانند علف‌کش‌ها که در صورت تجمع در خاک، سبب ایجاد سمیت می‌شوند.

۲. کاهش تعداد نماتدهای انگلی و افزایش جمعیت نماتدهای مفید

۳. تحریک رشد قارچ‌های خاک که علاوه بر موارد دیگر، در چرخه عناصر غذایی و کاهش بیماری‌ها نقش دارند. به‌عبارت‌دیگر، ماده آلی نقش مهمی در سلامت خاک دارد.

۱-۹-۳-۳- معدنی شدن

معدنی شدن فرآیند تبدیل شکل‌های آلی عناصر غذایی خاک به شکل‌های معدنی است. این فرآیند شامل معدنی شدن نیتروژن آلی به نیتروژن آمونیومی است که گیاه نیشکر به‌راحتی آن را جذب می‌کند. معدنی شدن زمانی اتفاق می‌افتد که میکروارگانیسم‌ها مانند قارچ‌ها و باکتری‌ها، مواد آلی را تجزیه می‌کنند. این موجودات از انرژی آزاد شده در طی تجزیه مواد آلی، همراه با برخی از عناصر غذایی موجود در آن، استفاده می‌کنند. وقتی که موجودات از همه عناصر غذایی مورد نیاز استفاده کردند، عناصر غذایی مازاد نیاز آن‌ها از جمله نیتروژن در خاک آزاد می‌شود و گیاهان می‌توانند این عناصر را جذب کنند. وقتی این موجودات می‌میرند، عناصر غذایی آن‌ها نیز به‌نوبه خود در سیستم آزاد می‌شوند.

اگرچه مواد آلی حاوی حدود ۵ درصد نیتروژن است، اما مقدار آزاد شده در یک فصل رشد معمولاً برای عملکرد مطلوب محصول نیشکر کافی نیست. این نیتروژن اضافی مورد نیاز برای اطمینان از رسیدن به عملکرد مناسب و اقتصادی، به‌طور معمول به صورت کود استفاده می‌شود.

محاسبه ماده آلی در یک مزرعه

کربن آلی خاک به‌عنوان درصد و در سطح خاک (۱۰ - ۰ سانتی‌متری) گزارش می‌شود. با استفاده از این معادله، ماده آلی (درصد) = ۱/۷۲ × کربن آلی (درصد)، مقدار کربن آلی را می‌توان به ماده آلی تبدیل و وزن ماده آلی را در یک مزرعه محاسبه کرد.

مثال: چه مقدار ماده آلی در یک هکتار خاک سطحی (عمق ۰/۱ متر) با مقدار کربن آلی ۱/۵ درصد و وزن مخصوص ظاهری خاک ۱/۲ گرم در سانتی‌متر مکعب، وجود دارد؟

پاسخ: مرحله ۱: وزن یک هکتار خاک برابر است با ۱۰۰۰۰ مترمربع (مساحت) ضرب‌در ۰/۱ متر (عمق خاک) ضرب‌در ۱/۲ (وزن مخصوص ظاهری خاک) ۱۲۰۰ تن.

مرحله ۲: وزن کربن آلی در ۱ هکتار خاک برابر است با ۱۲۰۰ (وزن خاک سطحی) ضرب‌در مقدار کربن آلی (۱۰۰÷۱/۵) ۱۸ تن.

مرحله ۳: وزن کربن آلی در ۱ هکتار ۱۸ تن است که با ضرب در عدد ۱/۷۲ (ضریب تبدیل) وزن مواد آلی خاک، ۳۰/۹۶ تن به دست می‌آید.

۱-۹-۳-۴- مدیریت محصول و کربن خاک

مواد آلی خاک در اثر معدنی شدن تجزیه شده و از بین می‌روند، این فرایند تحت تأثیر عوامل محیطی مانند دما و رطوبت قرار دارد. هدر رفت ناشی از معدنی شدن با کشت و سایر عملیات مدیریت مزرعه افزایش می‌یابد. نوع و موقعیت خاک در منطقه نیز از عواملی هستند که در تجمع یا تجزیه مواد آلی مؤثر هستند. به‌جز عامل کشت، بیشتر این عوامل خارج از کنترل کشاورزان است (شکل ۹).

شکل ۹- ایستگاه تحقیقاتی Tully Sugar، نقش محل نمونه‌گیری در تغییرات وضعیت حاصلخیزی خاک‌های تحت کشت.

روش‌هایی مثل کشت حبوبات یا سایر محصولات پوششی در زمان آیش و برجای گذاردن سرنی و پوشال حاصل از برداشت سبز نیشکر، به حفظ کربن آلی کمک می‌کند. با این‌وجود بعید است که بتوان کربن آلی خاک را به‌صورت دائم از طریق کود سبز و یا برداشت سبز نیشکر افزایش داد. در محیط رشد نیشکر که در آن نرخ تجزیه زیاد است، شرایط برای افزایش کربن آلی مساعد نیست[۱].

با این‌وجود، سطح مواد آلی را می‌توان با استفاده از موارد زیر تثبیت کرد:

- کاهش خاک‌ورزی
- نگهداری پوشال نیشکر بر روی سطح خاک
- کشت حبوبات در زمان آیش
- جلوگیری از فرسایش خاک
- افزودن منابع مواد آلی مانند فیلترکیک (گل صافی)، خاکستر آسیاب و باگاس.

به‌طورکلی واقع بینانه‌ترین نتیجه موارد فوق، توقف کاهش سطح ماده آلی به همراه بهبود با سرعت آرام و مداوم آن در طولانی مدت، خواهد بود. جدول ۴ کاهش کربن آلی خاک از زمین بکر تا زمان تولید محصولات زراعی را نشان می‌دهد. تحقیقات انجام شده در منطقه رودخانه هربرت روند مشابهی را نشان داده است. میانگین pH و کربن آلی سطح خاک در زمین‌های کشت نشده این منطقه به ترتیب ۵/۲ و ۱/۵ درصد بود که پس از کشت به ترتیب به ۵ و ۰/۷ درصد کاهش یافت.

در شرایط عادی حدود ۱۵ تن پوشال خشک نیشکر در هر هکتار در زمان حدود یک سال تجزیه شده و تقریباً ۲/۵ تن ماده آلی تولید می‌شود. ممکن است که این ماده آلی با گذشت زمان کافی، کاملاً از طریق ادامه تجزیه ناپدید شود. نرخ تجزیه مواد آلی به آب و هوا (تجزیه در مناطق گرم و حاره سریع‌تر و بیشتر است)، بافت خاک (تجزیه در رس کندتر از شن است)

۱. این مطلب با توجه به شرایط آب و هوایی و خاک مناطق نیشکر کاری استرالیا عنوان‌شده است که با شرایط و خاک‌های مناطق نیشکر کاری ایران متفاوت است.

و کشت و کار (کشت و کار به همراه مصرف کود نیتروژن، تجزیه مواد آلی را تشدید می‌کند)، بستگی دارد.

جدول ۴- کاهش کربن آلی خاک در اثر کشت و از بین بردن گیاهان

منطقه	کربن آلی (درصد)
۱. جنگل بارانی (حالت طبیعی) ایستگاه تحقیقاتی Tully	۲/۹۱
۲. اراضی مرتفع مجاور جنگل بارانی	۱/۶۲
۳. مناطق مجاور اراضی مرتفع	۱/۱۴

• کل منطقه تا سال ۱۹۶۷ جنگل بارانی متراکمی بود.

• اولین بار در سال ۱۹۶۹ نیشکر در زمین مجاور اراضی مرتفع کاشته شد.

• این آزمایش‌های خاک در سال ۱۹۸۵ انجام‌شده است. برای اهداف تحقیق، در آن زمان مواد بهبود دهنده عمداً به خاک اضافه نشد.

۱-۹-۳-۵- مخازن کربن آلی خاک

اگرچه مقادیر قابل توجهی از انواع کربن آلی در خاک‌ها وجود دارد، اما برخی از آن‌ها در ویژگی‌های خاک نسبتاً بی‌اثر می‌باشند. کربن آلی خاک از چهار جزء اصلی ساخته شده است که تفاوت آن‌ها در نرخ تجزیه است. این اجزا شامل بقایای گیاهی، کربن آلی ذره‌ای[1]، کربن هوموس و کربن آلی با تجزیه کند[2] است. این بخش‌ها از نظر ترکیب شیمیایی، مرحله تجزیه، میزان تجزیه و نقش آنها در فرآیندهای خاک و سلامت خاک (شکل ۱۰) متفاوت هستند.

بقایای گیاهی

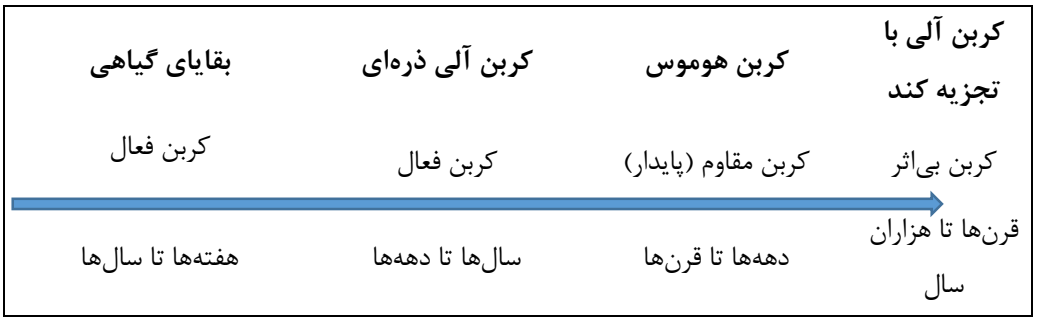
• مواد آلی محلول

• شامل بقایای شاخه و ریشه و اندام گیاهی

• تجزیه نسبتاً سریع (از هفته‌ها تا سال‌ها)

• تأمین انرژی برای میکروارگانیسم‌های خاک.

1. Particulate organic carbon
2. Recalcitrant



شکل ۱۰- اجزای کربن آلی و نرخ تجزیه آن‌ها (اقتباس از بل و لارنس، ۲۰۰۹)

کربن آلی ذره‌ای

- به‌عنوان تکه‌های بقایای گیاهی به اندازه ۰/۰۵۳ - ۲ میلی‌متر، تعریف می‌شود.
- نسبتاً سریع تجزیه می‌شود (سال‌ها تا دهه‌ها)
- منبع مهمی از انرژی را برای میکروارگانیسم‌های خاک فراهم می‌کند.
- نقش مهمی در حفظ ساختمان خاک و تأمین عناصر غذایی خاک دارد.

کربن هوموس

- این جزء کربن، به حدی تجزیه شده است که دیگر نمی‌توان اجزای سازنده آن را تشخیص داد.
- متشکل از موادی با سن بالا و تجزیه شده با اندازه کمتر از ۰/۰۵۳ میلی‌متر است.
- ترکیبات بسیار پیچیده‌ای که هوموس را تشکیل می‌دهند مقاومت بیشتری در برابر تجزیه دارند، بنابراین در خاک تجمع می‌یابند.
- معمولاً به مواد معدنی خاک متصل می‌شود.
- در برابر تجزیه توسط میکروارگانیسم‌های خاک مقاومت بیش‌تری دارد. به‌آرامی تجزیه می‌شود (دهه‌ها تا قرن‌ها)
- در همه عملکردهای اصلی خاک نقش دارد.
- اهمیت خاصی در تأمین عناصر غذایی دارد.

کربن آلی با تجزیه کند (غیرفعال)

• مقاوم در برابر تجزیه (اغلب به شکل زغال چوب در خاک‌های استرالیا)

• با فعالیت میکروبی بالا و گردش سریع عناصر غذایی همراه نیست.

• طی قرن‌ها تا هزاران سال تجزیه می‌شود.

• تا حد زیادی برای میکروارگانیسم‌ها غیر قابل دسترس است.

• خاک‌های با سابقه آتش‌سوزی و خاک‌های به شدت هوازده، دارای درصد زیادی از این نوع کربن آلی پایدار هستند.

• نقش مهمی در تبادل کاتیون‌ها و ظرفیت نگهداری آب در خاک دارد.

۱-۹-۳-۶- کربن فعال و سلامت خاک

خاک‌هایی که مقدار کل کربن آن‌ها یکسان است، ممکن است مقدار کربن فعال آن‌ها متفاوت باشد. کربن فعال فقط قسمت کوچکی از شکل‌های کربن آلی را تشکیل می‌دهد اما منبع غذایی اصلی برای میکروب‌های خاک است. کربن فعال نسبتاً سریع تجزیه می‌شود و منبع قابل ملاحظه‌ای از عناصر غذایی مورد نیاز گیاه است. تغییرات در مقادیر کربن فعال نشان‌دهنده تغییر در سلامت خاک است که با فعالیت بیولوژیکی خاک، معدنی شدن نیتروژن و حاصلخیزی کل، اندازه‌گیری می‌شود. هرچه خاک از نظر بیولوژیکی فعال‌تر باشد، توانایی بیش‌تری برای بازیافت و چرخه عناصر غذایی داشته و ساختمان خاک مطلوب‌تری دارد.

چرخه نسبتاً سریع (هفته‌ها تا دهه‌ها)، بقایای گیاهان و کربن آلی ذره‌ای در خاک، منبع فعال عناصر غذایی در خاک را فراهم می‌کند. در سیستم‌های کشاورزی تحت عملیات مدیریتی و کشت مداوم (مانند سوزاندن پوشال نیشکر و عملیات کشت و کار) که تجزیه مواد آلی را تسریع می‌کنند، مقادیر نسبتاً کمی از این دو جزء کربن تولید می‌شود. کربن فعال پس از هر کشت به‌طور قابل توجهی تغییر می‌کند و به‌عنوان شاخص تغییر سلامت خاک مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۱-۹-۳-۷- نسبت کربن به نیتروژن (C: N) و ماده آلی خاک

نسبت C:N بقایای آلی فراهمی نیتروژن خاک برای گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد. وقتی نسبت C:N بقایای آلی بیشتر از ۲۵ باشد، با افزایش فعالیت میکروبیولوژیکی مقدار خالص توقف (غیرمتحرک شدن) نیتروژن افزایش می‌یابد. نیتروژن قابل استفاده گیاه، توسط میکروارگانیسم‌ها مصرف و جزئی از زیست توده آن‌ها می‌شود. میکروب‌ها از نیتروژن برای تأمین انرژی در هضم مواد آلی استفاده می‌کنند. بدین ترتیب بقایای آلی در این شرایط، به‌آرامی تجزیه می‌شوند.

در صورتی که نسبت C:N بقایای آلی به دلیل فرآیند هضم و آزادسازی توسط میکروارگانیسم‌ها، به کمتر از ۲۵ کاهش یابد فرآیند تجزیه سریع‌تر انجام خواهد شد. بنابراین نیتروژن به‌طور فزاینده‌ای در دسترس خواهد بود زیرا نیتروژن کمتری توسط میکروارگانیسم‌ها استفاده می‌شود. با این‌حال، مقداری توقف نیتروژن هنوز رخ خواهد داد و تمام نیتروژن در دسترس گیاه نخواهد بود. با نسبت C: N تقریباً ۱۰ و کمتر، بدون اینکه توقف نیتروژن بیش از حد رخ دهد، نیتروژن به‌طور مطلوب در دسترس خواهد بود.

به‌طور متوسط، مواد گیاهی دارای حدود ۴۵ درصد کربن و تقریباً ۰/۵ تا ۱۰ درصد نیتروژن هستند. پوشال نیشکر حاوی تقریباً ۲۵ تا ۵۵ درصد کربن و ۰/۳ تا ۰/۵ درصد نیتروژن است. باقی گذاردن پوشال نیشکر به‌طور متوسط حدود ۳۰ تا ۸۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به خاک اضافه می‌کند. نسبت C:N نسبتاً زیاد (۸۰:۱ تا ۱۱۰:۱)، حداقل در کوتاه مدت، مقدار نیتروژن قابل دسترس گیاه را محدود می‌کند. نتایج آزمایش‌ها و مدل‌سازی‌های انجام شده در ابتدا نشان داد که می‌توان مصرف کود نیتروژن را با برجای گذاردن پوشال سبز نیشکر به مدت طولانی، در مزرعه کاهش داد. با این حال، نتایج بعدی نشان داد که مدارک کمی برای تایید کاهش مصرف نیتروژن طی سه چرخه گیاه نیشکر (یک محصول کشت جدید و دو محصول بازرویی) در مناطق مرطوب حاره وجود دارد. نسبت‌های C:N مواد آلی مختلف (شکل ۱۱) در جدول ۵ نشان داده شده است.

۱-۹-۳-۸- کربن آلی خاک، انتشار گازهای گلخانه‌ای و زراعت نیشکر

دی‌اکسید کربن، متان و اکسید نیتروژن، اصلی‌ترین گازهای گلخانه‌ای انتشار یافته در اثر فعالیت‌های کشاورزی هستند. تخمین زده می‌شود که خاک سه برابر بیشتر از کل پوشش گیاهی جهانی، کربن دارد. در پوشش گیاهی جهانی به ازای تجزیه هر تن کربن آلی، حدود ۳/۷ تن دی‌اکسید کربن به اتمسفر وارد می‌شود. برعکس، برای تولید هر تن کربن آلی خاک، حدود ۳/۷ تن دی‌اکسید کربن از اتمسفر خارج می‌شود. از این‌رو، خاک هم منبع تأمین کربن[1] و هم منبع ذخیره کربن[2] است.

اکسید نیتروژن (گاز خنده‌آور) ۳۱۰ برابر دی‌اکسید کربن توانایی بیشتری در گرمایش کره زمین دارد. میزان انتشار اکسید نیتروژن در حدود ۱۰ درصد از انتشار گازهای گلخانه‌ای جهانی را شامل می‌شود که ۹۰ درصد از آن ناشی از عملیات کشاورزی است، معمولاً تحت شرایط غرقابی و بی‌هوازی، انجام می‌شود. خاک و شرایط آب و هوایی همراه با مقدار ورودی نیتروژن و کربن آلی زیاد که معمولاً در تولید نیشکر استرالیا وجود دارد، محیط مناسبی برای تولید اکسید نیتروژن ایجاد می‌کند. اکنون ثابت شده است که انتشار نسبتاً زیاد اکسید نیتروژن در برخی از مناطق نیشکرکاری، به‌ویژه مناطقی که دارای کربن آلی خاک بالا و شرایط غالب مرطوب /غرقابی هستند، رخ می‌دهد. متان ۲۱ برابر دی‌اکسید کربن توانایی بیشتری در گرمایش کره زمین دارد. در کشاورزی، متان تحت شرایط غرقابی، بی‌هوازی و تجزیه مواد آلی تولید می‌شود. انتشار متان از خاک‌های تحت کشت نیشکر در برخی منابع، گزارش شده است.

1. Carbon source
2. Carbon sink

شکل ۱۱- همچنان که نسبت C:N مواد آلی مختلف مانند کود مرغی، فیلترکیک، خاکستر آسیاب، پوشال نیشکر، روزنامه و تراشه چوب/خاک‌اره افزایش می‌یابد، مقدار خالص غیرمتحرک شدن (توقف نیتروژن) به‌دلیل افزایش فعالیت میکروبیولوژیکی افزایش می‌یابد.

جدول ۵- شاخص نسبت کربن: نیتروژن (C/N) برخی از مواد آلی

مواد آلی	نسبت کربن به نیتروژن
لجن فاضلاب	۵-۶
ملاس	۵-۲۵:۱
کود مرغی	۵-۲۵:۱
هوموس	۱۰-۲۵:۱
فیلترکیک	۱۴-۲۳:۱
بقایای گیاهان لگوم	۱۵-۱۹:۱
کمپوست سبز	۱۵-۲۰:۱
خاکستر آسیاب	۵۰-۶۰:۱
پوشال نیشکر	۸۰-۱۱۰:۱
باگاس	۱۰۰-۱۵۰:۱
روزنامه	۱۷۰-۸۰۰:۱
خاک اره	۲۰۰-۷۰۰:۱

۱-۳-۹-۹- سلامت و کیفیت خاک

تمام عملکردهایی که در زیر توضیح داده می‌شوند برای حفظ سلامتی، بهره‌وری و باروری پایدار خاکها ارتباط متقابل دارند. بنابراین پیشنهاد شده است که اصطلاح "کیفیت خاک" باید به طور جداگانه برای شرایط شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی خاک استفاده شود. مدیریت مطلوب عناصر غذایی عامل مهمی برای حفظ و بهبود سلامت خاک است.

عملکردهای یک خاک سالم

فعالیت‌های مدیریتی متناسب با ویژگی‌های خاک، سلامت خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهند. انجام عملیات کشاورزی شامل کنترل ترافیک[1]، حداقل خاک‌ورزی[2] و کشت گیاهان لگوم یا سایر گونه‌های غیر علفی[3] در چرخه تولید محصول در جهت تغییر سیستم تک‌کشتی نیشکر، اساس حفظ و بهبود سلامت خاک هستند. ویژگی‌های خاک که بر میکروارگانیسم‌های خاک موثرند شامل تهویه، رطوبت، دما، pH و تأمین عناصر غذایی می‌باشند.

عملکردهای بیولوژیکی یک خاک سالم

- تجزیه مواد آلی و حفظ سطح مواد آلی خاک
- حفظ ظرفیت بیولوژیکی برای بهبود چرخه عناصر غذایی و ایجاد ساختمان پایدار خاک
- متوقف کردن رشد جمعیت و کنترل عوامل بیماری‌زای خاک، علف‌های هرز و سایر آفات
- افزایش جمعیت میکروب‌های مفید خاک (شکل ۱۲)
- تولید هورمون‌های موثر در رشد گیاه

عملکردهای شیمیایی یک خاک سالم

- حفظ ظرفیت نگهداری عناصر غذایی خاک، در دسترس قرار دادن عناصر غذایی برای رشد گیاه
- تامین عناصر غذایی در مقادیر مناسب برای رشد گیاه
- حفظ pH خاک در محدوده مناسب برای رشد گیاهان و موجودات خاک
- اجتناب از رسیدن عناصر غذایی، فلزات سنگین و بقایای سموم دفع آفات به سطوح سمی (برای گیاهان و موجودات خاک)

1. Controlled traffic
2. Minimum tillage
3. Non-grass species

عملکردهای فیزیکی یک خاک سالم

- اجازه دادن به ورود آب به خاک، به حداقل رساندن رواناب و فرسایش
- فراهم نمودن آب قابل‌استفاده برای گیاهان
- برای ایجاد بهترین ساختمان خاک، دانه‌بندی و اتصال ذرات خاک را بهبود دهید
- حفظ ساختمان غیرمتراکم خاک برای رشد ریشه و جذب آب
- فراهم نمودن وضعیت هوازی در شرایط مرطوب بودن خاک

تغذیه بهینه خاک یکی از عوامل اصلی سلامت خاک است. آزمون خاک برای ارزیابی وضعیت حاصلخیزی خاک‌ها، بسیار حائز اهمیت می‌باشد. جدول ۶، کاهش طبیعی حاصلخیزی خاک در اثر کشاورزی، در صورتی‌که اقدامات اصلاحی (بر اساس نتایج آزمون خاک) انجام نشوند، را نشان می‌دهد. نتایج داده‌های آزمایشی در اراضی مرتفع نشان می‌دهند که هدررفت عناصر غذایی، از طریق معدنی شدن و آب‌شویی انجام می‌شود. داده‌های مزرعه آزمایشی نیز نشان می‌دهند که هدررفت اضافی عناصر غذایی با کشت و کار مرتبط است. این مطلب می‌تواند ناشی از جذب عناصر غذایی و خارج شدن آن‌ها در نتیجه برداشت محصول، به‌علاوه افزایش آبشویی به دلیل کاهش ظرفیت تبادل کاتیونی در اثر کاهش مواد آلی باشد.

تحقیق انجام شده در منطقه رودخانه هربرت نیز نتایج مشابهی را نشان داده است. میانگین غلظت کلسیم، منیزیم و پتاسیم خاک سطحی اراضی کشت نشده در سراسر این منطقه به ترتیب ۳/۲۸، ۱/۴۱ و ۰/۲۹ میلی‌اکی‌والان در ۱۰۰ گرم خاک بود که پس از کشت، غلظت عناصر فوق به ترتیب به ۱/۵۲، ۰/۳۷ و ۰/۲۰ میلی‌اکی‌والان در ۱۰۰ گرم خاک کاهش یافت. pH سطح خاک نیز از ۵/۲ در اراضی کشت نشده به کمتر از ۵ در اراضی کشت شده، رسید. این تغییرات شیمیایی نشان‌دهنده اسیدی شدن خاک و کاهش مواد آلی است. همچنین وزن مخصوص ظاهری خاک افزایش و تخلخل خاک کاهش یافت. این نتایج اثرات منفی تراکم و تخریب ساختمان خاک را به وضوح نشان می‌دهد.

۱-۹-۴- pH خاک (اسیدی و قلیایی بودن)

اسیدی شدن خاک یک فرآیند طبیعی است که با عملیات کشاورزی افزایش می‌یابد. اسیدی شدن در خاک ناشی از مقدار اضافی یون‌های هیدروژن و آلومینیوم در مکان‌های تبادل کاتیونی خاک است. نیتروژن آمونیومی در خاک به یون‌های نیترات و هیدروژن تبدیل می‌شود. اگر نیترات توسط گیاهان جذب نشود از ناحیه ریشه آبشویی شده و به دنبال آن یون‌های هیدروژن باقیمانده که اسیدی بودن خاک را افزایش می‌دهند. بسته به سطح اسیدیته خاک‌ها، اسیدی بودن خاک‌ها می‌تواند فراهمی برخی از عناصر غذایی مورد نیاز گیاه و فعالیت میکروبی خاک، به‌ویژه باکتری‌های ریزوبیوم که نیتروژن هوا را تثبیت می‌کنند، را کاهش دهد. در خاک‌های بسیار اسیدی، سمیت آلومینیوم رخ می‌دهد که سبب توقف رشد ریشه می‌شود.

چهار دلیل عمده که باعث اسیدی شدن خاک می‌شوند عبارتند از: نوع مواد مادری خاک، بارندگی و آبشویی عناصر غذایی از خاک، تجزیه مواد آلی و برداشت محصول که سبب خارج شدن عناصر غذایی از خاک می‌شود. یون‌های هیدروژن برای بسیاری از واکنش‌های شیمیایی مورد نیاز هستند. با این‌حال، در مقادیر زیاد یعنی در خاک‌های اسیدی، جایگزین برخی عناصر غذایی ضروری گیاه که توسط ذرات رس و مواد آلی خاک جذب شده‌اند، شده و سبب عدم تعادل حاصلخیزی می‌شوند. برعکس، خاک‌های قلیایی ممکن است یون‌های هیدروژن کافی برای انجام بسیاری از واکنش‌های شیمیایی، نداشته باشند.

اسیدی و قلیایی بودن خاک با نماد pH نشان داده می‌شود. مقادیر pH در مقیاس ۰ تا ۱۴ اندازه‌گیری می‌شود. عدد ۷ مثل pH آب خالص، خنثی است. با کاهش pH به کمتر از ۷، اسیدی بودن خاک افزایش می‌یابد. با افزایش pH به بیش از ۷، میزان قلیایی بودن خاک افزایش می‌یابد. مقیاس pH لگاریتمی است. قدرت اسیدی خاک با pH معادل ۱، ده برابر بیشتر از pH معادل ۲ و ۱۰۰ برابر اسیدی‌تر از pH معادل ۳ بوده و به همین ترتیب به طور لگاریتمی افزایش می‌یابد. بنابراین، خاک تحت کشت نیشکر با pH برابر با ۴/۵، ۱۰ برابر اسیدی‌تر از خاکی با pH برابر ۵/۵ می‌باشد، هرچند که از نظر مقیاس pH فقط یک واحد با

هم اختلاف دارند. (شکل ۱۳)، pH برخی از مواد که به طور معمول در زندگی انسان‌ها وجود دارد را نشان می‌دهد. در گزارش‌های آزمون خاک، معمولاً دو روش تعیین اسیدیته شامل pH در آب و pH در محلول کلرید کلسیم ارائه می‌شود. در آزمایش خاک‌های صنعت قند استرالیا (خاک‌های اسیدی)، عمدتاً از روش تعیین pH در آب استفاده می‌شود و در خاک‌های قلیایی منطقه بوردکین از pH محلول کلرید کلسیم استفاده می‌شود. بیشتر خاک‌های تحت کشت نیشکر استرالیا (به استثنای بخش وسیعی از منطقه بوردکین که خاک آن قلیایی است) به طور طبیعی اسیدی با pH در محدوده ۵/۲ و ۶ هستند.

شکل ۱۲- سلامت خاک تابعی از ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک است. وجود کرم‌های خاکی یکی از شاخص‌های سلامت خاک است.

جدول ۶- کاهش حاصلخیزی با ار بین بردن پوشش گیاهی طبیعی و انجام عملیات کشاورزی

منطقه	کلسیم	منیزیم	پتاسیم	pH خاک (نسبت ۱:۵ خاک به آب)
	میلی اکی والان در ۱۰۰ گرم خاک			
۱. جنگل بارانی (حالت طبیعی) ایستگاه تحقیقاتی Tully	۳/۴۰	۱/۹۷	۰/۴۶۵	۵/۵۶
۲. اراضی مرتفع مجاور جنگل بارانی	۲/۱۴	۰/۸۷	۰/۲۲۵	۵/۵۳
۳. مناطق مجاور اراضی مرتفع	۰/۵۰	۰/۱۸	۰/۱۷۸	۵/۱۸

- کل منطقه تا سال ۱۹۶۷ جنگل بارانی متراکمی بود
- اولین بار در سال ۱۹۶۹ نیشکر در زمین مجاور اراضی مرتفع کاشته شد
- این آزمایش‌های خاک در سال ۱۹۸۵ انجام‌شده است. برای اهداف تحقیق، در آن زمان مواد بهبود دهنده عمداً به خاک اضافه نشد.

۱-۹-۴-۱- pH خاک و قابلیت استفاده عناصر غذایی

همان‌طور که در شکل ۱۴ نشان داده شده است، pH خاک تأثیر عمده‌ای در فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان دارد. فراهمی هر عنصر غذایی با عرض نوارها نشان داده شده است. در شرایط خاک بسیار اسیدی، عناصر غذایی اصلی عمدتاً غیرقابل دسترس می‌باشند، یا در خاک "تثبیت" می‌شوند، درحالی‌که برخی از عناصر کم‌مصرف یا کم‌مقدار (آهن، منگنز، بور، مس، روی) آزاد می‌شوند (قابل استفاده هستند). خاک‌هایی با pH بیشتر از ۵/۵ برای گیاهان مطلوب هستند، زیرا غلظت آلومینیوم که در pH پایین محلول‌تر و برای بسیاری از گیاهان سمی است، بالاتر از این pH به حداقل می‌رسد. افزایش اسیدی بودن (pH پایین) خاک، باعث کاهش فراهمی نیتروژن، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، فسفر و گوگرد می‌شود، درحالی‌که فراهمی عناصر غذایی کم‌مصرف مانند مس و روی، در این شرایط افزایش می‌یابد. در شرایط اسیدی، آلومینیوم به شکل محلول وجود دارد و برای اکثر گیاهان به‌ویژه گیاهان

لگوم سمی است. در نتیجه، اگر در خاک‌های اسیدی گیاهانی مانند گیاهان لگوم در تناوب زراعی کشت شوند، افزودن منظم آهک ضروری است. با این‌حال، ارقام نیشکر استرالیا نسبت به مقدار آلومینیوم زیاد و اسیدی بودن خاک تا حد قابل توجهی مقاوم هستند.

pH کم، ظرفیت تبادل کاتیونی خاک‌های مناطق حاره را کاهش داده و باعث می‌شود این ظرفیت، تحت تاثیر کاتیون‌های اسیدی هیدروژن و آلومینیوم (H^{+} و Al^{+3}) قرار گیرد. این عامل بسیار حائز اهمیت بوده و باعث کاهش ظرفیت ذخیره عناصر غذایی مانند کلسیم، منیزیم و پتاسیم، به ویژه در خاک‌های شنی با ظرفیت تبادل کاتیونی کم، می‌شود. اسیدی بودن خاک یک فرآیند طبیعی است که با استفاده از کودهای نیتروژن و برداشت و حمل نیشکر به کارخانه (جدول ۶) تشدید می‌شود.

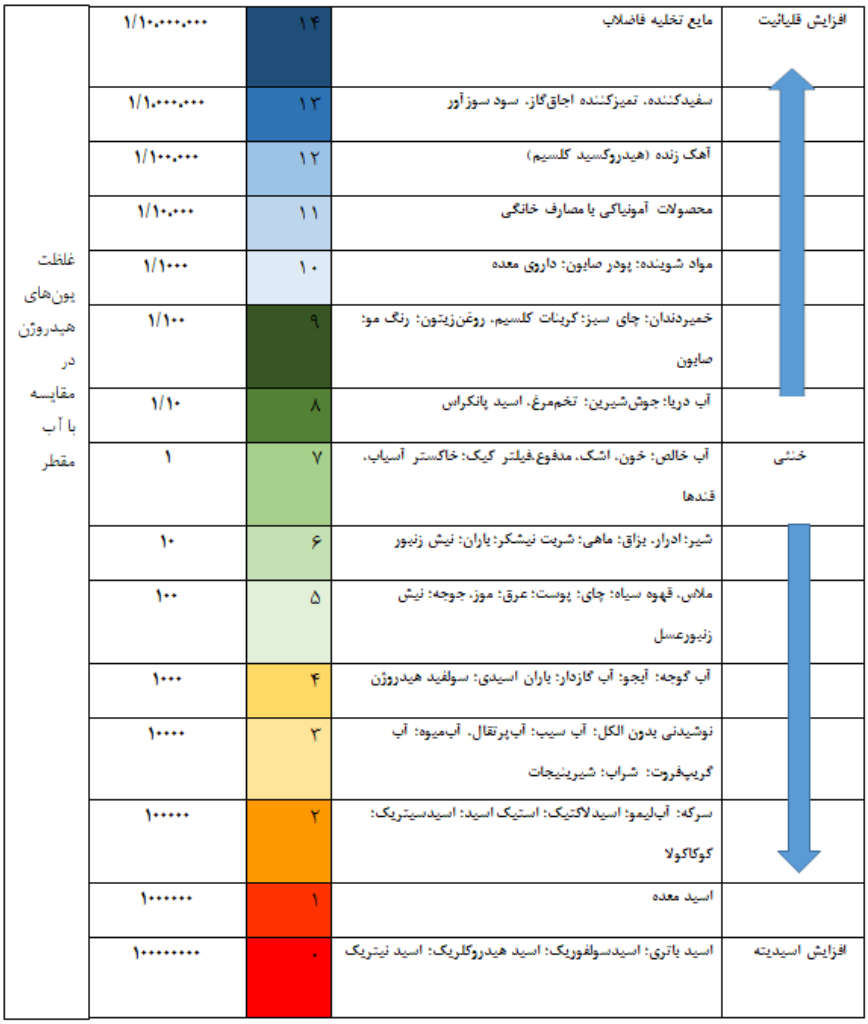
استفاده منظم از مواد آهکی باعث کاهش اسیدی شدن خاک، خنثی کردن اسیدی شدن ناشی از کاربرد کود نیتروژن می‌شود و جایگزین کلسیم و منیزیم (مانند استفاده از آهک منیزیمی یا دولومیت) خارج شده در اثر برداشت محصول، می‌شود. به طور کلی pH بهینه برای در دسترس بودن تمامی عناصر غذایی در محدوده بین ۵/۵ تا ۷ است. تمامی آزمایش‌های تجاری خاک نیز شامل اندازه‌گیری pH هستند.

۱-۹-۴-۲- تغییر دادن pH خاک

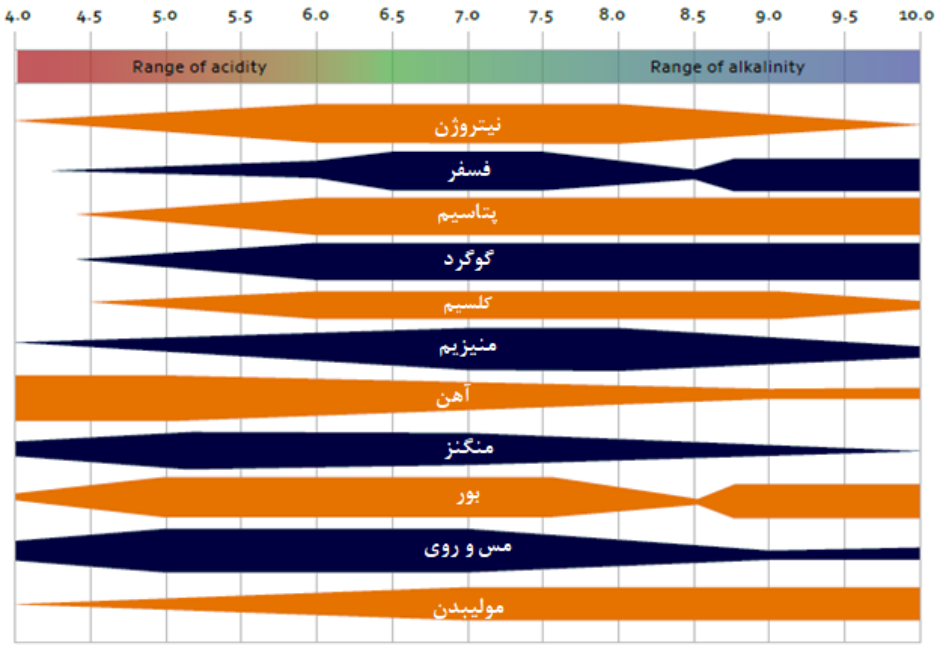
مواد اصلاحی بر پایه کربنات کلسیم و منیزیم (آهک) افزون بر تأمین کلسیم و منیزیم، pH خاک را نیز افزایش می‌دهند. در حالی که گچ (سولفات کلسیم) حاوی کلسیم است ولی pH خاک را تغییر نخواهد داد. برای کسب اطلاعات بیشتر به بخش مربوط به کلسیم مراجعه شود. برای کاهش pH خاک، از ترکیبات بر پایه گوگرد (گوگرددار) استفاده می‌شود که در خاک، اسید سولفوریک تولید می‌کنند. تحت برخی شرایط، نرخ تبدیل گوگرد، ممکن است چندین ماه طول بکشد.

۱-۹-۵- شوری و قلیایی بودن خاک

سدیم بیش از حد می‌تواند باعث شوری، قلیایی شدن یا ترکیبی از هر دو شرایط، تحت عنوان شور- قلیا، شدن خاک شود. اگر این شرایط اصلاح نشود، سبب کاهش محصول و یا حتی مرگ گیاه شود.



شکل ۱۳- محدوده pH برخی از مواد که به‌طور معمول در زندگی انسان‌ها وجود دارند



شکل ۱۴- تأثیر pH خاک بر قابلیت استفاده عناصر غذایی

۱-۹-۵-۱- خاک‌های شور

شوری خاک ناشی از مقدار بیش از حد نمک‌های محلول در خاک، می‌باشد. بیشترین نوع نمک که در مناطق مشکل‌دار کمربند تولید شکر استرالیا وجود دارد، سدیم کلرید (نمک خوراکی) است. با افزایش شوری خاک، جذب آب از خاک توسط گیاهان به‌طور فزاینده‌ای دشوار شده و باعث ایجاد تنش آبی می‌شود که علائم آن در گیاه نیشکر، پژمردگی زودرس و سوختن برگ، محدودیت در رشد و در موارد شدید، مرگ گیاه، هستند. نیشکر به‌عنوان یک گیاه نسبتاً حساس به شوری در نظر گرفته می‌شود و میان واریته‌های نیشکر، تفاوت‌های زیادی از نظر تحمل به شوری وجود دارد. مقادیر زیاد نمک همچنین می‌تواند سبب عدم تعادل عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در خاک شود. چون حلالیت نمک زیاد است می‌تواند از نیمرخ خاک با آب شسته شود. به طور کلی، خاک‌های شور نسبت به خاک‌های قلیایی سست‌تر

هستند. خاک‌های شور معمولاً با نشت آب شور زمین‌های کم ارتفاع در امتداد ساحل و توسط طغیان از طریق دریا یا بالا آمدن آب زیرزمینی، همراه هستند (شکل‌های ۱۷-۱۵).

اصلاح خاک‌های شور

• اطمینان حاصل کنید که شوری آب آبیاری در محدوده توصیه شده است

• زهکشی سطحی و زیرسطحی را برای افزایش شسته شدن نمک‌های انباشته شده، بهبود دهید.

• از طغیان ورود آب شور به مزرعه جلوگیری کنید

• استفاده از گچ، وقتی سیستم زهکشی اصلاح شود، می‌تواند مفید باشد.

۱-۹-۵-۲- خاک‌های سدیمی[1]

سطوح بالای سدیم در خاک باعث از بین رفتن ساختمان خاک شده، تهویه و نفوذ آب در خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در خاک‌های سدیمی، سدیم جایگزین بخش زیادی از کاتیون‌های دیگر مثل کلسیم، منیزیم و پتاسیم می‌شود. ذرات رس به‌دلیل حضور مقدار زیاد سدیم پراکنده می‌شوند. ذرات رس می‌توانند در آب معلق بمانند یا می‌توانند فلوکوله شده و ته‌نشین شوند. خاک‌های با کاتیون غالب سدیم، دارای درصد سدیم قابل‌تبادل[2] (ESP) بیشتر از ۶ درصد می‌باشند و در حالت مرطوب ناپایدار بوده و پراکنده می‌شوند. رس‌هایی که پراکنده می‌شوند، منافذ را به‌راحتی پر کرده و نفوذپذیری هوا و آب در خاک را کاهش می‌دهند.

مقادیر بالای سدیم تبادلی (بیشتر از ۶ درصد) ساختمان خاک را تخریب و مناطقی به نام لکه‌های سودا، ایجاد می‌کند. در بیشتر خاک‌ها درصد سدیم تبادلی بیش از ۱۵ درصد نشان دهنده تخریب شدید ساختمان خاک می‌باشد. خاک‌های سدیمی در هنگام مرطوب بودن حالت باتلاقی داشته و ذرات آن پراکنده می‌شوند. این خاکها نفوذپذیری ضعیفی دارند

1. Sodic soils
2. Exchangeable Sodium Percentage

و کشت و کار و مدیریت آن‌ها نیز دشوار است. محلول خاک در این نوع خاکها مانند خاک‌های شور، شور نیست. تهویه خاک‌های سدیمی ضعیف بوده و جذب عناصر غذایی توسط گیاهان نیز محدود است. خاک‌های سدیمی به دلایل مختلف از جمله وجود سطوح زیاد سدیم طبیعی در خاک و آبیاری با آب با کیفیت پایین، می‌توانند به وجود آیند (شکل‌های ۱۸ و ۱۹).

اصلاح خاک‌های سدیمی

- زهکشی سطحی و زیرسطحی را برای افزایش آبشویی نمک‌های سدیم نیمرخ خاک، بهبود دهید.
- اطمینان حاصل کنید که میزان سدیم و یا بی‌کربنات در آب آبیاری، بیشتر از استانداردهای توصیه شده نباشد.
- برای جایگزینی سدیم توسط کلسیم بر روی ذرات رس و همچنین بهبود ساختمان خاک (جدول ۷)، از گچ یا خاکستر آسیاب، استفاده کنید.

شکل‌های ۱۷-۱۶-۱۵- خاک‌های شور معمولاً با نفوذ آب‌شور در ارتباط هستند که این می‌تواند باعث مرگ گیاه نیشکر شود. مناطق آسیب دیده را می‌توان با ایجاد زهکشی سطحی و زیرسطحی، جلوگیری از نفوذ آب شور و افزایش آبشویی نمک جمع شده از نیمرخ خاک، احیا کرد.

شکل ۱۸- در منطقه تحت کشت نیشکر بوردکین استرالیا، وجود برخی از پوشش‌های گیاهی مانند چوب بیف و اکالیپتوس آلبا و *E. papuana*، شاخصی برای یک خاک طبیعی سدیمی است.

شکل ۱۹- سدیمی شدن شدید خاک باعث تخریب شدید ساختمان خاک و در نتیجه فرسایش شدید شده است. لکه‌های کربنات کلسیم (با شکل دایره مشخص‌شده) شاخصی سدیمی شدن شدید در خاک‌های قلیایی است.

کیفیت گچ می‌تواند بسیار متفاوت باشد. گچ حاصل از برخی رسوبات طبیعی حلالیت بسیار کمتری نسبت به سایر منابع دارند. در شکل ۲۰، نمونه خاک زیرسطحی در یک خاک اسیدی (در یک آزمایش اصلاحی)، به‌وضوح گچ حل‌نشده در نتیجه کاربرد نواری ۱۰ تن در هکتار گچ (در شکاف باریک ریپر و به عمق حدود ۳۰ سانتی‌متری) را با وجود گذشت ۵ سال، نشان می‌دهد. کریستال‌های گچ هنوز هم قابل مشاهده هستند.

جدول ۷- مقادیر کاربرد گچ برای اصلاح خاک‌های سدیمی

درصد سدیم تبادلی (ESP %)	مقدار گچ (تن در هکتار)*	
	همه مناطق به‌جز بوردکین	بوردکین
کمتر از ۵	۰	۰
۵-۱۰	۲	۵
۱۰-۱۵	۴	۷/۵
بیشتر از ۱۵	۶	۱۰

*** بوردکین به دلیل داشتن انواع مختلف خاک رس، مقدار مصرف گچ متفاوتی دارد. سایر مناطق بیشتر دارای رس‌های ۱:۱ (رس‌های انبساط ناپذیر) بوده ولی رس‌های بوردکین ۲:۱ (رس‌های منبسط شونده) می‌باشند که اصلاح آن‌ها دشوارتر است.**

طبق قوانین استرالیا، گچ در درجه ۱ تا ۳ طبقه‌بندی می‌شود که به‌ترتیب غلظت گوگرد و کلسیم کم‌تری دارند. اندازه ذرات گچ مهم است. انواع گچ که حلالیت کمی دارند باید به‌اندازه کافی ریز بوده تا به عنوان یک اصلاح‌کننده مفید باشند. اندازه ذرات باید روی برچسب محصولات گچی ثبت شود. اکثر گچ‌هایی که به‌طور طبیعی وجود دارند، دارای اندازه درشت هستند، به این معنی که نسبت به انواع محصولات ریزتر، زمان حل شدن آن‌ها طولانی‌تر می‌باشد. گچ با اندازه ریز وقتی که در آب آبیاری حل می‌شود یا زمانی که به پاسخ سریع آن در خاک نیاز است، حائز اهمیت می‌باشد.

۱-۹-۵-۳- خاک‌های شور و قلیا

خاک‌های شور و قلیا دارای مقادیر زیادی املاح محلول در خاک و مقادیر زیادی سدیم متصل به ذرات خاک، هستند.

هدایت[1]

هدایت معیاری برای مقدار کل ترکیبات نمکی محلول، در محلول خاک است. این معیار، نمک‌های محلول را به‌طور جداگانه شناسایی نمی‌کند اما شاخصی قابل قبول از مشکل شوری که احتمالاً رخ خواهد داد، ارائه می‌دهد. آب حاوی نمک، هادی جریان الکتریسیته است. هرچه مقدار نمک موجود در یک محلول بیشتر باشد، هدایت جریان الکتریکی در آن آسان‌تر است. به پتانسیل یک محلول برای عبور جریان الکتریکی، هدایت الکتریکی[2] (EC) یا هدایت الکتریکی ویژه[3] (SEC) گفته می‌شود. هر چه غلظت نمک محلول بیش‌تر باشد، مقدار هدایت الکتریکی یا هدایت الکتریکی ویژه بیش‌تر خواهد بود. اگر مقادیر نمک محلول بیش از حد باشد، رشد گیاه آسیب خواهد دید. غلظت زیاد نمک در اطراف سیستم ریشه‌ای، جذب آب از خاک را برای گیاه دشوارتر می‌سازد. خاک‌های شور اغلب دارای یون‌هایی مانند سدیم و کلرید، در سطوحی که برای گیاهان سمی هستند، می‌باشند. جدول ۸ تأثیر شوری خاک بر عملکرد نیشکر را در ارقامی با حساسیت شوری مختلف نشان می‌دهد.

1. Conductivity
2. Electrical conductivity
3. Specific electrical conductivity

شکل ۲۰- کیفیت گچ در اثربخشی آن تأثیر می‌گذارد. این تصویر، گچ حل‌نشده در خاک زیرسطحی، پنج سال پس از کاربرد آن را نشان می‌دهد.

۱-۹-۶- عناصر غذایی مورد نیاز گیاه و کمبود آن‌ها

مهم‌ترین راهکار تأمین عناصر غذایی توسط ریشه گیاه، جذب آن‌ها از محلول خاک است. فعالیت سلول‌های در حال رشد نوک ریشه و در منطقه تارهای کشنده ریشه، باعث جذب عناصر غذایی مورد نیاز گیاه می‌شود. اگر گیاهان نتوانند مقدار کافی از عناصر غذایی مورد نیاز را برای رشد مناسب دریافت کنند، دچار کمبود عناصر غذایی می‌شوند.

دلایل کمبود عناصر غذایی:

• عناصر غذایی به مقدار کافی در خاک وجود ندارند

• عناصر غذایی به مقدار کافی در خاک وجود دارند اما تثبیت شده هستند و به اندازه‌ای که برای رشد بهینه گیاه لازم است، برای گیاه قابل دسترس گیاه نیستند.

• رشد محدود گیاه (ناشی از عواملی مانند خشک‌سالی، شرایط غرقابی، خاک با تراکم شدید، هوای بسیار سرد، خسارات آفات) از جذب کافی عناصر غذایی جلوگیری می‌کند.

جدول ۸- تأثیر شوری خاک بر عملکرد نیشکر (ECe در عمق ۰ تا ۰/۵ متر)

کلاس افت عملکرد	بدون خسارت	خفیف	متوسط	شدید
افت عملکرد (درصد)	۰	۰-۱۰	۱۰-۲۰	بیش‌تر از ۲۰
ارقام نسبتاً حساس تا حساس				
ECe (dS/m)	۰-۱	۱-۲	۲-۳	بیش‌تر از ۳
ارقام حساس				
ECe (dS/m)	۰-۰/۵	۰/۵-۱	۱-۱/۵	بیش‌تر از ۱/۵

۱-۱۰- اثر اراضی قدیم - اراضی جدید[1]

کاهش حاصلخیزی خاک به‌دلیل تولید محصول گاهی "اثر اراضی قدیم - اراضی جدید" نامیده می‌شود. وقتی زمین از حالت طبیعی خود به منبع تولید غذا یا فیبر تبدیل شود، حاصلخیزی ذاتی از جنبه‌های شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی خاک (اگر مداخله انجام نشود) کاهش می‌یابد. شواهد اثر اراضی قدیم - اراضی جدید را می‌توان در زمانی مشاهده کرد که بخشی از زمین که قبلاً کشت نشده در کنار بخش دیگری از زمین که سابقه کشت دارد، به زیر کشت برده شود. در چنین شرایطی بهبود در عملکرد کاملاً واضح است. با این‌حال، پس از یک دوره برداشت مداوم، بازدهی در آن "زمین جدید" با بخش دیگر زمین مشابه می‌شود.

کاهش کربن آلی، pH خاک و تعداد زیادی از عناصر غذایی با از بین بردن پوشش گیاهی طبیعی و پس از آن به زیر کشت بردن زمین، در جدول‌های ۴ و ۶ نشان داده شده است. در همین مدت، مس و روی خاک نیز کاهش یافته بود، درحالی‌که آلومینیوم تبادلی و هیدروژن

1. Old land-new land effect

تبادلی تا اندازه‌ای که می‌تواند سلامت خاک را تحت تأثیر قرار دهد، افزایش یافت. در همان زمان، پتانسیل تخریب در شرایط بیولوژیکی و ساختمان خاک نیز وجود داشت.

برای کود وارد شده به خاک چه اتفاقی می‌افتد؟

فرآیندهای زیادی برای کود استفاده شده در خاک، اتفاق می‌افتد. عوامل بسیاری (مانند مدیریت محصول، نوع خاک، شرایط آب و هوایی، زمان و نحوه کوددهی) این فرآیندها را کنترل می‌کنند. عناصر غذایی نیز با شدت متفاوت، تحت تأثیر این فرایندها هستند.

• خارج شدن در اثر برداشت محصول

کود توسط گیاه جذب شده و هنگام برداشت از مزرعه خارج می‌شود. وقتی ورودی یک عنصر غذایی کم‌تر از جذب (برداشت) آن توسط گیاه باشد، خارج شدن آن عناصر غذایی از منبع تأمین عناصر غذایی، رخ می‌دهد.

• سهم ذخیره عناصر غذایی

نیتروژن کود با مواد آلی و مواد معدنی خاک واکنش داده و به بخشی از ذخیره خاک تبدیل می‌شود که به‌طور بالقوه می‌تواند برای رشد محصول آینده استفاده شود.

• هدر رفت گازی

نیتروژن کود می‌تواند از طریق تصعید و نیترات‌زدایی به‌صورت گاز به اتمسفر وارد شده و هدر رود.

• هدر رفت ناشی از رواناب

کود رسوب یافته در خاک می‌تواند از طریق فرسایش و حل شدن در رواناب سطحی، حرکت کرده و از خاک خارج شود.

• هدر رفت از طریق آب‌شویی

کود می‌تواند با آب به سمت پایین حرکت کرده و به زیر منطقه ریشه شسته شود.

از بین همه عناصر غذایی ضروری گیاه، نیتروژن تحت پیچیده‌ترین فعل و انفعالات قرار می‌گیرد. نیتروژن تابع همه پنج فرآیند بالا است. علاوه بر این، کود نیتروژن به سه شکل مختلف نیترات، آمونیوم یا اوره وجود دارد. برای دسترسی گیاهان به نیتروژن، این عنصر باید به نیترات یا آمونیوم تبدیل شود. برای اطلاعات بیشتر به فصل ۸ مراجعه شود.