

## اصلاح خاک

### هدف کلی

اصلاح خاک تحت نظر متخصصین خاکشناسی

هدفهای رفتاری: پس از پایان این پیمانه مهارتی از فراگیران انتظار می‌رود که:

۱- اصلاح خاک را با استفاده از مواد آلی انجام دهد.

۲- اصلاح خاک با استفاده از مواد شیمیایی و معدنی را انجام دهد.

۳- اصلاح خاک با استفاده از آبیاری را انجام دهد.

۴- اصلاح خاک با استفاده از انواع زهکشی را بداند.

زمان (ساعت)	
عملی	نظری
۱۷/۵	۳/۵

### مقدمه

مضمون کلی این کتاب این است که پیشرفت‌های علمی سال‌های اخیر نه تنها کنترل فرسایش خاک را آسان‌تر می‌کنند، بلکه در عین حال موجب افزایش تولیدات کشاورزی نیز می‌شوند. تنها در سال‌های اخیر ما توانستیم بفهمیم که چرا دو رگبار شدید با مشخصات ظاهری یکسان سبب فرسایش متفاوتی می‌شوند و یا اینکه چرا فرسایش در زمین‌های یک استان دیگر از همان کشور است. همچنین توانستیم به عوامل مؤثر در فرسایش مقدار عددی بدهیم و بالاخره به طور کلی مقدار فرسایشی را که در تحت شرایط معین صورت می‌گیرد، پیش‌بینی کنیم. حال ما قادر هستیم تمام این کارها را انجام دهیم و عمده‌ترین نتیجه حاصله از این آگاهی این است که به ما نشان می‌دهد تا چه اندازه راه‌های جلوگیری از فرسایش سهل و ساده هستند.

با برنامه‌های عمرانی که خوشبختانه در حال حاضر در دست اجرا است، از سویی به تدریج اراضی تازه‌ای زیرکشت قرار خواهد گرفت و از سوی دیگر زمین‌هایی که هم‌اکنون مورد استفاده است، اصلاح خواهد شد تا فرآورده‌های کشاورزی بتواند پاسخ‌گوی جمعیت روزافزون ایران و شکوفایی اقتصادی باشد که شایسته آن هستیم. در کشور ما به علت شرایط آب و هوایی و موقعیت جغرافیایی خاص، اراضی شور و قلیا به حد وفور یافت می‌شود و خوشبختانه استفاده از بسیاری از این اراضی، به آسانی ممکن است. زیرا شرایط لازم برای حاصلخیزی را دارند و فقط شوری و قلیایی آنها مانع آبادانی شده است که آن نقیصه نیز با آبشویی و تعبیه سیستم‌های زهکشی به سهولت مرتفع خواهد شد. به عبارت دیگر، با عمل زهکشی یعنی خارج کردن آب و املاح اضافی از خاک می‌توان قسمت عمده‌ای از زمین‌های شور و قلیایی کشور را برای کشت و زرع آماده کرد.

## کودها

تاریخ زندگی بشر نشان می‌دهد که همواره برای افزایش مقدار عناصر غذایی قابل استفاده گیاهان و در نتیجه تولید بیشتر مواد غذایی کوشش فراوان کرده است. آهک، رسوبات رسی آهکی، خاکستر، استخوان، کودهای دامی، گل ولای و بالاخره گیاهان لگومینوز طی هزاران سال برای افزایش مواد غذایی در خاک مورد استفاده بشر قرار گرفته‌اند. کشاورزی کنونی مراحل گوناگونی را پشت سر گذاشته و زمان حاضر را نیز می‌توان عصر کودهای شیمیایی به‌شمار آورد.

**تعریف کود:** کود به معنای اعم شامل کلیه موادی است که برای تأمین عناصر مشخص و ضروری برای رشد گیاه به خاک اضافه می‌شود که شامل دو دسته هستند. کودهای آلی، کودهای شیمیایی.

### ۴-۱ کودهای آلی

کود آلی به موادی گویند که از لاشه و بقایای حیوانی و گیاهی و فضولات حیوانات و انسان و زوائد زندگی آنها بوجود آمده باشد.

به کود آلی حاصل از لاشه گیاه کمپوست گفته می‌شود. در صورتی که گیاه را سبز و تازه در خاک دفن کنند، آن را کود سبز می‌گویند. لاشه حیوانات می‌تواند کود آلی خوبی تولید کند، هم‌چنانکه آرد ماهی را در پسته‌کاری‌های کرمان با صرفه اقتصادی خوب به کار می‌برند.

بقایای گیاهی مانند کنجاله، دانه‌های روغنی و تفاله چغندر، کود آلی مناسبی هستند. همچنین شاخ، مو، سم، خون و نظایر آن بقایای حیوانی هستند که کود آلی می‌سازند. کود اصطیلی یا کود دامی از فضولات دام‌ها و طیور حاصل می‌شود.

فضولات انسانی یا کود مستراحی کود رایج صیفی‌کاری‌های ایران (از جمله اصفهان) است. مواد زاید زندگی انسان شامل خاکروب و فضولات در غالب کشورها به صورت کود درمی‌آید و در ایران

(اصفهان) نیز از خاکروب، کود خاکروب (کمپوست) می‌سازند. با توجه به توضیحات فوق می‌توان کودهای آلی را به سه دسته حیوانی، گیاهی و زوائد زندگی انسان تقسیم کرد.

**۱-۱-۴ کودهای حیوانی:** کودهای حیوانی دو دسته مهم را تشکیل می‌دهند. کودهایی که از فضولات حیوانات به دست می‌آید مانند کودهای دامی که درصد بزرگی از کودهای آلی مصرفی دنیا را تشکیل می‌دهند و اهمیت آن نسبت به سایر کودهای حیوانی آنقدر زیاد است که تقریباً منظور تمام زارعین از کود حیوانی کود دامی است. دسته دوم مرده تمام و یا قسمتی از بدن حیوانات است مانند شاخ، خون، استخوان و آرد ماهی که از بین آنها دو کود آخر در ایران مصرف زیاد دارد.

**کود دامی:** کود دامی از فضولات مایع و جامد حیوانات و کاه و کلش که برای تهیه بسته دام به کار رفته است، تشکیل می‌شود. این کود از دو قسمت مایع و جامد تشکیل شده است. از لحاظ وزنی تولید کود دامی جامد سه برابر مایع است.  $\frac{1}{4}$  ازت،  $\frac{2}{5}$  پتاس و تمام فسفر موجود در کود دامی در قسمت جامد آن متمرکز شده است ولی قسمت مایع به علت آنکه دارای مقدار زیادی ازت قابل جذب است، از لحاظ اقتصادی دارای ارزش زیادی است. قسمت جامد کود دامی در واقع از علوفه مورد مصرف جانور است که تحت تأثیر شیره دستگاه گوارش قرار گیرد ولی به صورت قابل جذب برای حیوان در نیامده و برای آنکه مورد استفاده گیاه قرار گیرد، باید ابتدا پوسیده شده و مواد آلی آن به صورت ترکیبات معدنی درآیند. در صورتی که قسمت عمده مایع کود دامی از موادی تشکیل شده است که در اثر فعالیت سلولی بدن در خون تولید شده و قسمت عمده ازت و پتاسیم موجود در آن فوراً قابل جذب است. در جدول پیوست ترکیب شیمیایی کودهای دامی به تفکیک مایع و جامد آمده است (جدول ۴-۱).

**آماده کردن کود دامی:** در طول عمل گوارش، علوفه و مواد خوراکی کم و بیش پوسیده شده‌اند. این شرایط بدین طریق پیش می‌آید که عمل آزیم و دیاستازهای گوارشی روی علوفه و

غذایی محلول مانند ازت و پتاسیم است. لذا باید کود دامی را هرچند روز یکبار به مزرعه برد. در صورتی که شرایط فصلی و زراعت ایجاب کند، می‌توان آن را روی اجبار انبار کرد و پوساند و باید در نظر داشت که کود نپوسیده، نزدیک زمان کشت به خاک داده نشود زیرا باعث بروز کمبود در گیاهان می‌شود.

همچنین عمل موجودات ذره‌بینی موجود در دستگاه گوارش اثر می‌کند. در نتیجه، کود دامی تازه مخلوطی است از مواد نپوسیده و کاملاً پوسیده که با یکدیگر درآمیخته‌اند. کودی که از زیر پای دام خارج می‌شود، مخلوطی است از فضولات دام و کاه و کلش که تماماً با ادرار دام مخلوط شده و دارای مقدار زیادی عناصر

جدول ۱-۴ ترکیب شیمیایی چند کود مهم دامی

نوع کود	شکل و درصد	درصد آب	درصد ازت	درصد فسفر	درصد پتاس	کود تازه تن در سال هر دام
اسبی	جامد ۸۰	۷۵	۰/۵۵	۰/۳۰	۰/۴۰	
	مایع ۲۰	۹۰	۱/۳۵	—	۱/۳۵	
	کل ۱۰۰	۷۸	۰/۷۸	۰/۲۴	۰/۵۷	۱۰
گاو	جامد ۷۰	۸۵	۰/۴۰	۰/۲۰	۰/۱۰	
	مایع ۳۰	۹۲	۱/۰۰۰	—	۱/۳۵	
	کل ۱۰۰	۸۷/۱	۰/۵۸	۰/۱۴	۰/۴۷۵	۱۶
گوسفندی	جامد	۶۰	۰/۷۵	۰/۵۰	۰/۴۵	
	مایع	۸۵	۱/۳۵	۰/۰۵	۲/۱۰	
	کل	۶۸	۰/۹۵	۰/۳۵	۱/۰۰	۰/۶
مرغی	کل	۵۵	۱/۰۰	۰/۸۰	۰/۴	

مثل ذرت، پنبه، چغندر قند و سیب زمینی همچنین گلکاری و سبزیکاری و اصولاً تولید گیاهان نویر است.

موقع و روش مصرف کود دامی: به طور کلی برای کشت گیاهان پرتوقع باید در بهار کود پوسیده مصرف شود و اگر امکان تهیه کود پوسیده موجود نباشد، کود نپوسیده را در پاییز مصرف می‌کنند. روش مصرف کود بدین صورت است که باید قبلاً به طور تقریب مقدار کود لازم برای هر قطعه تخمین زده شود

خاک‌ها و زراعت‌های نیازمند به کود دامی: خاک‌های

شنی و سبک و خاک‌های سنگین و رسی در درجه اول اهمیت قرار دارند. پس از این خاک‌ها می‌توان، مواد آلی را برای اصلاح وضعیت عناصر کم مصرف خاک به کار برد و بالاخره خاک‌های آهکی بخصوص آنهایی که در مناطق خشک قرار دارند، نیاز فراوانی به کود دامی دارند تا وضعیت فیزیکی خود را بهبود بخشند. زراعت‌هایی که کود دامی نیاز دارند، شامل گیاهان پرتوقع

نظر به اینکه عمل تجزیه موقعی خوب انجام می‌شود که رطوبت به اندازه کافی وجود داشته باشد. لذا باید هرچند وقت یکبار مخلوط کمپوست را به وسیله ادرار حیوانات و یا آب مرطوب کرده و آن را دوباره خوب مخلوط کرد تا هوای آزاد در آن وارد شود. مدت کمپوست شدن در حدود یکسال یا بیشتر است.

### ۳-۱-۴ کود سبز: از زمان‌های خیلی قدیم، برگرداندن

گیاهان سبز به منظور تقویت و اصلاح اراضی روش معمول کشاورزان بوده است. ایرانیان و رومیان می‌دانستند که می‌توان لوبیا، باقلا، ماش را کاشت و برای این منظور به خاک برگرداند. عمل برگرداندن انساج سبز و نپوسیده گیاهی را به خاک «دادن کود سبز» و گیاهی را که به این منظور به کار می‌رود، به نام کود سبز می‌خوانند.

### مشخصات کود سبز مناسب: یک کود سبز دلخواه باید

دارای چهار خاصیت اصلی باشد. اول آنکه سریع رشد کند، دوم آنکه شاخ و برگ فراوان و پرآب داشته باشد. سوم بتواند به راحتی در خاک‌های فقیر رشد کند و بالاخره چهارم آنکه انساج آن از لحاظ مواد غذایی غنی باشد.

### فواید کود سبز: برای دادن کود سبز فواید بسیاری قائل

شده‌اند ولی مهم‌ترین آن‌ها، افزایش مواد آلی خاک، اضافه کردن ازت، افزایش فعالیت‌های حیاتی خاک و بالاخره حفاظت و قابل جذب نگه داشتن عناصر غذایی است. یک هکتار کود سبز معمولاً بین ۳۵ تا ۵۰ تن شاخ و برگ و انساج گیاهی تازه وارد خاک می‌کند که این خود معادل ۱۰ تا ۲۰ تن کود حیوانی است و می‌تواند تقریباً یک تا دو تن هوموس به خاک اضافه کند.

### موارد کاربرد کود سبز: کود سبز را می‌توان برای تمام

خاک‌ها توصیه کرد. چون به طور کلی باعث بهبود شرایط فیزیکی و بیولوژیکی خاک می‌شود ولی باید در نظر داشت که در تمام شرایط نمی‌توان کود سبز را به کار برد. در نواحی خشک، کاشت کود سبز بسیار گران تمام می‌شود زیرا این گونه گیاهان احتیاج فراوانی به آب دارند. در صورتی که آب لازم در اختیار این

و کود را در آن قطعه زمین به صورت تل کوچکی بریزند. آن‌گاه با وسایلی که در مزرعه در دسترس است، کود را روی خاک آن نقطه پخش کرده و با دیسک یا شخم به درون خاک برمی‌گردانند. **کود دامی مصنوعی:** مواد آلی مانند کاه (اگر گران نباشد) و علف‌های نواحی باتلاقی و برگ‌های خزان باغات و خار و علف‌های بیابانی را در گودالی به ارتفاع ۸۰-۷۰ سانتیمتر روی هم انباشته و روی آن یک طبقه پهن به ضخامت ۱۵-۱۰ سانتیمتر به عنوان مایه می‌افزایند. سپس با آب مخلوط به ادرار حیوانات آن را آبیاری می‌کنند به تدریج تخمیر شروع می‌شود و در طول مدت ۲ تا ۳ روز حرارت داخل توده به ۶۰ درجه سانتی‌گراد می‌رسد. در این موقع، آن را لگد مال کرده و پس از افزایش پهن و آب‌پاشی هنگامی که درجه حرارت به ۶۰ رسید، دوباره آن را می‌فشارند و بدین طریق بعد از طبقه دوم طبقه سوم و بعد از آن طبقات دیگری را تا ۶ و ۷ طبقه بر روی هم انبار می‌کنند و مدت شش ماه تا یک سال وقت لازم است تا تل کود، پوسیده و قابل استفاده شود. در زراعت‌های مکانیزه که کود دامی کمیاب می‌شود، به جای پهن و آب مخلوط با ادرار از نترات آمونیم و اوره و مخلوطی از فسفات‌های طبیعی استفاده می‌کنند و لابه‌لای طبقات اضافه می‌کنند تا مواد از ته لازم برای تغذیه باکتری‌ها و آهک برای خنثی کردن محیط تأمین شود.

### ۳-۱-۲ کمپوست: برای تهیه کمپوست از زباله‌هایی که

برای استفاده کود مناسبند، مثل بقایای اندام‌های گیاهی مانند ساقه منداب، بوته سیب‌زمینی، برگ درختان، ساقه آفتابگردان و... زباله منازل، تورب و غیره استفاده می‌شود. این مواد را معمولاً با خاک مخلوط کرده و می‌گذارند تا تحت شرایط هوازی تجزیه شود. اگر خاکی که به این منظور استفاده می‌شود، دارای قدرت تبدیلی خوبی است. عناصر غذایی بر روی کلوئیدهای خاک جذب شده و از خطر شست و شو در امان می‌مانند. هدف از کمپوست کردن آن است که ترکیبات آلی تا سرحد امکان تجزیه شده و یک تولیدی را که از نظر غذایی بسیار غنی باشد، ایجاد کند.

جلوگیری از جریان هرز آب و بروز سیل و فرسایش خاک خواهد شد. جذب آب و جریان آن در خاک، بخصوص در خاک‌های با بافت نرم سبب تهویه آن می‌شود و تبدیل به خاکی می‌شود که کشاورزان آن را خاک زراعی می‌گویند.

وجود مواد آلی، کار و اعمال زراعی را بر روی خاک سهل و آسان تر می‌کند، ریشه گیاهان در محیط مناسبی قرار گرفته و قادر خواهند بود مواد غذایی لازم را از آن خاک جذب کنند. وقتی که قطرات باران به زمین سخت بدون گیاه و فاقد مواد آلی برخورد کند، فرسایش آبی اولین اثرات خود را با ضربه زدن به سطح خاک و متلاشی کردن ساختمان آن را آغاز کرده و خاک متلاشی شده به آسانی در اختیار هرز آب قرار گرفته و از محل اصلی خود دور خواهد شد.

در مواقع بارندگی، زمین‌های زراعی در اثر فرسایش شسته شده و خاک حاصلخیز و باارزش در پشت سدها و یا در قعر دریاچه و دریا وارد و از دسترس انسان دور می‌شود، حال آنکه اگر خاک دارای پوشش گیاهی بوده و مواد آلی آن به حد کافی باشد، اثرات آب و باد بر روی آن به مراتب کمتر خواهد بود و آسیب پذیری آن کاهش می‌یابد.

گیاهان گذاشته نشود، رشد کافی حاصل نمی‌شود و یا آنکه از ذخایر آب زیرزمینی استفاده خواهد شد که با توجه به کمبود آب در این مناطق، مقرون به صرفه نیست.

**طرز دادن کود سبز:** برگرداندن کود سبز موقعی انجام می‌شود که با وجود آبدار بودن گیاه، مقدار کافی آب در دسترس باشد تا پوسیدگی آن در خاک به سرعت انجام شود. در شرایط کم آبی، پوسیدگی مواد آلی خیلی کند و با اصولاً انجام نمی‌شود. یا از نظر فصل نیز می‌توان کود سبز را هم در بهار و هم در پاییز به زمین داد ولی عامل اصلی در تعیین موقع، فراهم بودن آب لازم است. در نواحی که طول مدت فصل تابستان کوتاه است مانند قسمت‌هایی از آذربایجان و همدان برگرداندن کود سبز در پاییز فرصت کافی برای رسیدن به آن می‌دهد. در حالی که در مناطق دارای تابستان و بهار طولانی، بهتر است آنها را در بهار زیر خاک کرد.

## ۲-۴ مواد آلی

مواد آلی، اثرات مهمی در خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک دارند. مواد آلی کمک می‌کنند تا خاک یک منطقه آب بیشتری را در خود حفظ کند و جذب و نگهداری آب سبب



شکل ۴-۱

آلی انجام داده و اعداد به دست آمده را یادداشت کنید. چه تفاوتی را بین آنها می‌بینید؟

۵- در سطح خاک در هریک از گلدان‌ها چه اتفاقی افتاده است؟ یادداشت کنید.

بازدید: کاه و کلش و کودسبز در مزرعه مشاهده شود.

### ۳-۴ اصلاح خاک‌های شور

چگونه می‌توان خاک‌های شور را اصلاح کرد؟

همان‌طور که گفتیم، به دلیل کمبود بارندگی، املاح محلول خاک در سطح جمع می‌شوند، چنانچه مدت طولانی خاک را غرقاب نگه داریم، املاح تجمع یافته به تدریج به وسیله آب شسته شده و از عمق ریشه‌های گیاه پایین رفته و به این ترتیب شوری خاک از بین می‌رود.

بنابراین، بهترین روش اصلاح خاک‌های شور، آبشویی خاک است. به این ترتیب که برای مدت نسبتاً طولانی (۲ الی ۶ ماه) خاک را غرقاب نگه می‌دارند تا املاح موجود در سطح خاک شسته شده و به اعماق خاک برود. اما نمک‌هایی که به این ترتیب از سطح خاک به عمق می‌رود، پس از مدتی دوباره بر اثر صعود کاپیلاری به سطح خاک بازمی‌گردد، برای جلوگیری از این کار خاک نیاز به زهکشی دارد. به این منظور، پس از مطالعات لازم که توسط کارشناسان مربوطه انجام می‌شود، در فواصل و عمقی معین از خاک، لوله‌های زهکشی تعبیه می‌شود تا آب حاوی املاح محلول را به خارج از مزرعه هدایت کند. عمل آبشویی توسط سیستم آبیاری بارانی نیز قابل اجراست.

آزمایش: (نقش آبیاری در شستشوی خاک)

آزمایش شماره ۲۴

وسایل و مواد موردنیاز:

گلدان‌ها همانند آزمایش قبل

بذر لوبیا

آب شیرین

### ۱-۲-۴ اصلاح خاک با استفاده از مواد آلی:

کودهای آلی به موادی گویند که از لاشه و بقایای حیوانی و گیاهی و فضولات حیوانات و انسان و زواید زندگی آنها به وجود آمده باشد. مثلاً به کود آلی حاصل از لاشه گیاه، کمپوست می‌گویند و در صورتی که گیاه را سبز و تازه در خاک دفن کنند، آن را کود سبز گویند. لاشه حیوانات نیز در تولید کود آلی کاربرد دارد. مثلاً از آرد ماهی به عنوان کود برای پسته کاریها استفاده می‌کنند. بنابراین، شاخ، مو، سُم، خون و نظایر آنها می‌توانند به کود آلی تبدیل شوند. کود اصطبلی یا دامی از فضولات دامها و طیور به دست می‌آید. فضولات انسانی نیز کود مستراحی را به وجود می‌آورد. از مواد زاید زندگی انسان مانند فاضلاب، زباله و مانند آنها نیز به عنوان کود آلی استفاده می‌شود با توجه به موارد فوق کودهای آلی به ۳ دسته تقسیم می‌شوند.

۱- حیوانی ۲- گیاهی ۳- زواید زندگی انسان

آزمایش: شناخت اهمیت کود آلی در اصلاح خاک

آزمایش شماره ۲۳

وسایل و مواد مورد نیاز:

گلدان ۳ عدد

خاک شنی

خاک رسی

کود دامی پوسیده یا کمپوست

آب

شرح:

۱- در هریک از گلدان‌ها یک نوع خاک و در یکی از آنها ماده آلی بریزید به طوری که از لبه گلدان‌ها ۲cm پایین تر باشد.

۲- ۱۰۰ سانتیمتر مکعب آب را در مزور یا هر ظرف مدرج

دیگری بریزید.

۳- آب را در گلدان شنی بریزید و مشاهده کنید که پس از

چه زمانی بعد از آب ریختن، آب از ته گلدان خارج می‌شود.

۴- عمل فوق را برای گلدان‌های با خاک رسی و مواد

شرح:

۱- گلدان‌ها را مطابق آزمایش (از گلدان‌های آزمایش شماره ۱۹ در پیمانه مهارتی تشخیص برخی از خصوصیات شیمیایی خاک استفاده کنید) قبل آماده کنید (گیاهان را بیرون آورید).

۲- به همه گلدان‌ها به قدری آب شیرین اضافه کنید که مقدار زیادی آب از ته گلدان خارج شود.

۳- هرچند روز یکبار هدایت الکتریکی آب خروجی از گلدان‌ها را اندازه بگیرید.

۴- پس از این که هدایت الکتریکی خاک از ۴ میلی‌موس کمتر شد، اقدام به کشت دانه‌های لوبیا (در هر گلدان ۳ عدد بذر) کنید.

۵- گلدان‌ها را مانند قبل با آب معمولی آبیاری کنید.

۶- کلیه مشاهدات خود را یادداشت کنید.

۴-۴ اصلاح خاک‌های سدیمی (قلیا)

برای اصلاح این خاک‌ها، باید موادی به خاک اضافه کرد که مقدار کلسیم محلول خاک را افزایش داده تا جایگزین سدیم در سطح ذرات خاک شوند. به این مواد، مواد اصلاح‌کننده گویند. برای احیای خاک‌های قلیا بیشتر از گچ و گوگرد به عنوان مواد اصلاح‌کننده استفاده می‌شود. این مواد به خاک اضافه شده و خاک مرتباً آبیاری می‌شود. به تدریج این مواد به اسید سولفوریک تبدیل و سبب افزایش صلاحیت املاح کلسیم موجود در خاک می‌شوند و این کلسیم محلول سدیم را از سطح ذرات خاک جدا کرده و خود جایگزین آن می‌شود. سدیم جابه‌جا شده به وسیله آب اضافه‌شده به خاک شسته شده و از طریق زهکش‌ها به خارج از مزرعه هدایت می‌شود.

مقدار مواد اصلاحی بستگی به خصوصیات شیمیایی خاک دارد، محاسبات مربوط به میزان مواد اصلاحی موردنیاز، توسط

کارشناسان مربوط انجام می‌گیرد. موادی که برای اصلاح خاک به کار می‌روند، باید کاملاً با خاک مخلوط شوند. به همراه کاربرد مواد اصلاح‌کننده باید آب کافی نیز به زمین داده شود تا فعل و انفعالات شیمیایی لازم در خاک انجام و سدیم اضافی نیز از خاک خارج شود.

آزمایش: شناخت اصلاح خاک‌های قلیایی (این آزمایش دارای دو مرحله است)

آزمایش شماره ۲۵

وسایل و مواد مورد نیاز:

گلدان محتوای خاک قلیا

بذر لوبیا

گچ

آب شیرین

شرح:

مرحله اول

۱- در سه گلدان (با گنجایش حدود ۲ کیلوگرم خاک)

خاک قلیایی بریزید.

۲- در هر گلدان ۳ بذر لوبیا کشت و آنها را آبیاری

کنید.

۳- مشاهدات خود را یادداشت کنید (از نظر نفوذپذیری -

شکل ظاهری خاک مانند سله - پراکندگی خاک و غیره)

مرحله دوم

۱- به گلدان‌ها به ترتیب ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ گرم گچ اضافه

کرده و با خاک خوبی مخلوط کنید (حتی‌الامکان از گچ طبیعی یا سنگ گچی که خرد کرده‌اید، استفاده کنید).

۲- گلدان‌ها را هر روز با مقدار زیادی آب آبیاری کنید.

به طوری که آب از زهکشی زیر گلدان خارج شود.

۳- پس از یک الی دو ماه اقدام به کشت لوبیا کنید.

۴- مشاهدات خود را یادداشت کنید.



## ۴-۵ اصلاح خاک‌های رسی

اصلاح یا آباد کردن خاک‌های رسی در سطح وسیع، هزینه زیادی دارد. در سطوح کوچک با اضافه کردن شن و سیلت به اینگونه خاک‌ها، می‌توان خواص فیزیکی نامساعد (از قبیل چسبندگی و نفوذناپذیر بودن) را برطرف کرد. در صورت ضرورت می‌توان با یکی از روش‌های زیر خاک‌های رسی را اصلاح کرد.

۴-۵-۱ اضافه کردن کود سبز و بقایای گیاهی: در خاک‌های رسی، غیر رسی و غیرشور در صورتی که امکان کاشت گیاهان علوفه‌ای (خانواده بقولات) وجود داشته باشد، می‌توان با کشت و برگردان محصول در خاک به تدریج خاک رسی را اصلاح کرد. در صورتی که به علت سنگینی شدید بافت خاک، امکان جوانه‌زدن بذر نباشد، بهتر است از بقایای گیاهی به‌ویژه پاشیدن کاه و به زیر خاک کردن آن استفاده کرد. با این عمل شرایط خاک به تدریج برای جوانه‌زدن بذر آماده می‌شود.

۴-۵-۲ اصلاح خاک‌های رسی از طریق اضافه کردن کود حیوانی: نظر به این که کود حیوانی، هم دارای ماده آلی بوده و هم از نظر مواد غذایی غنی است، بیشترین تأثیر را در بهبود خاک‌های رسی خواهد داشت.

تذکر: در اصلاح خاک‌های رسی با کود حیوانی یا کود سبز، باید به این نکته توجه کرد که چون در خاک‌های رسی قابلیت نفوذ هوا و آب خیلی کم است، به منظور بهتر پوسیده شدن مواد آلی اضافه شده نباید زمین را پس از اضافه کردن مواد آلی شخم عمیق زد. (برای مطالب فوق، آزمایش ۲۳ اصلاح خاک با استفاده از مواد آلی صفحه ۹۷ آمده است)

برداشتن قشر رس: در مناطقی که در زیر خاک‌های رسی، نوع دیگر خاک با بافت درشت‌تر وجود داشته باشد، می‌توان از قسمت فوقانی که خاک رس دارد، به منظور تهیه آجر یا سرامیک استفاده کرد. هنگامی که به خاک زیرین نزدیک شدیم می‌توان با شخم و مخلوط کردن خاک فوقانی (رس) با خاک زیرین (ماسه) بافت خاک را تغییر داد و آن را اصلاح کرد.

آزمایش: آشنایی با خصوصیات خاک‌های رسی و اصلاح آن

آزمایش شماره ۲۶

۱- دو گلدان انتخاب کنید (A و B)

۲- در گلدان A خاک رسی بریزید.

۳- در گلدان B خاک رسی + شن (به نسبت ۱ به ۲) بریزید.

۴- به هر دو گلدان آب اضافه کنید.

۵- زمان خروج آب از هر دو گلدان را اندازه‌گیری کرده،

در جدول زیر یادداشت کنید.

۶- میزان چسبندگی خاک در حالت مرطوب را در هر دو

گلدان بررسی کنید.

۷- گلدان‌ها را در مجاورت نور خورشید قرار داده، مدت

زمان لازم برای خشک شدن را یادداشت کنید.

۸- بعد از خشک شدن خاک، دو گلدان را از نظر ایجاد

سله و ترک مقایسه کنید.

۹- جدول زیر را کامل کرده، علت پدیده‌های اندازه‌گیری

شده را توضیح دهید.

جدول ۲-۴

گلدان B	گلدان A	
		زمان خارج شدن آب (دقیقه)
		زمان خشک شدن خاک (ساعت)
		حالت چسبندگی در حالت مرطوب
		وجود ترک و سله

تذکر: آزمایش فوق در شرایط مزرعه انجام شود.

## ۴-۶ اصلاح خاک‌های شنی

خاک‌هایی که بیش از ۹۰-۸۵ درصد شن داشته باشند،

خاک شنی نامیده می‌شوند. بافت این خاک‌ها شنی یا لومی شنی

است.

**خواص خاک‌های شنی: خاک‌های شنی، خواص فیزیکی**

و شیمیایی خاصی دارند که مهم‌ترین آنها عبارتند از:

۱- خاک‌های شنی معمولاً بافت سبک دارند، در نتیجه

بسیار نفوذپذیرند.

۲- ظرفیت و قدرت نگهداری آب در خاک‌های شنی کم

بوده، در نتیجه زود خشک می‌شوند.

۳- چون خاک‌های شنی مواد کلوئیدی ندارند در نتیجه

نمی‌توانند عناصر غذایی را در سطح خود جذب کنند و در صورت نیاز در اختیار گیاه قرار دهند. بنابراین، از لحاظ مواد غذایی فقیرند.

۴- خاک‌های شنی به علت عدم وجود مواد کلوئیدی که

باعث چسبیدن ذرات به یکدیگر می‌شوند، ساختمان فیزیکی خوبی ندارند.

۵- در خاک‌های شنی به علت وجود هوا، اکسیداسیون

مواد آلی به شدت صورت می‌پذیرد در نتیجه در این خاک‌ها کودها سریع می‌پوسند و بر اثر اکسیداسیون با شست و شو زود از دسترس گیاه خارج می‌شوند.

۶- خاک‌های شنی زود گرم و زود سرد می‌شوند.

توضیح: عکس مطالب فوق در مورد خاک‌های رسی

صادق است. خاک‌هایی که محتوای بیش از ۲۸٪ رس باشند خاک رسی نامیده می‌شوند و وجود حداقل همین مقدار رس کافی است که به خاک خصوصیات رسی بدهد.

**۱-۶-۴ روش‌های اصلاح خاک‌های شنی: به منظور**

استفاده و بهره‌برداری از خاک‌های شنی در جهت زراعت و آماده کردن آن برای کشت و کار، می‌توان از روش‌های زیر استفاده کرد. ذکر این نکته ضروری است که در اصلاح این گونه خاک‌ها باید به اقتصادی بودن و ضرورت عمل دقت کافی مبذول داشت.

**اضافه کردن رس:** با اضافه کردن رس، نواقص خاک‌های

شنی (عدم حاصلخیزی، نفوذپذیری زیاد، ظرفیت نگهداری رطوبت کم و ...) رفع شده خواص خاک بهتر می‌شود. اضافه کردن رس در سطح وسیع، مقرون به صرفه نیست. در نتیجه، در

مساحت‌های کم می‌توان از این روش استفاده کرد. در صورتی که در خاک زیرین مناطقی که خاک شنی دارند، رس وجود داشته باشد، می‌توان با زدن شخم عمیق رس زیرین را با شن مخلوط کرد. با این طریقه، خاک‌های شنی در سطح وسیع اصلاح می‌شوند.

**اضافه کردن کود دامی و کود سبز: این روش در اصلاح**

خاک‌های شنی بسیار مفید است. زیرا این مواد با داشتن مواد کلوئیدی باعث نگهداری آب و مواد غذایی در خاک شده از شسته شدن و انتقال مواد غذایی به طبقات زیرین جلوگیری می‌کنند. در هنگام افزودن کود حیوانی به خاک‌های شنی، باید به این نکته توجه شود که کود به مقدار کم و به دفعات به زمین اضافه شود تا بتدریج پیوسند و خاک همیشه مواد آلی کافی داشته باشد، در غیر این صورت، به علت اکسیداسیون شدید در این گونه خاک‌ها، مواد آلی زود تجزیه شده از بین می‌روند. به همین دلیل باید کودها را در عمق بیشتری در داخل خاک قرار داد. در ضمن در صورت استفاده از کود سبز، باید دقت کرد که آب کافی برای آبیاری گیاهانی که به عنوان کود سبز کشت می‌شوند، در دسترس باشد. (در بخش‌های بعد با کود سبز و خواص آن بیشتر آشنا خواهید شد).

**بستن سیلاب یا پخش سیلاب بر روی خاک‌های شنی:**

در صورتی که در منطقه سیلاب مناسب و به مقدار کافی وجود داشته باشد، با هدایت و پخش سیلاب‌ها به مناطقی که خاک شنی دارند، می‌توان آنها را اصلاح کرد. این روش، مناسب‌ترین روش اصلاح خاک‌های شنی در سطح وسیع است.

**آزمایش: اصلاح خاک شنی با آب گل‌آلود (این**

آزمایش در دو مرحله انجام می‌شود.)

آزمایش شماره ۲۷

وسایل لازم:

گلدان

کرونومتر (ساعت)

خاک شنی

آب

در مرحله دوم آب گل آلود

شرح:

مرحله اول

۱- گلدانی را با شن پر کرده به آن آب زلال اضافه کنید.  
۲- زمان لازم برای خروج آب از گلدان را یادداشت کرده و در جدول زیر یادداشت کنید.

۳- گلدان را در مقابل نور خورشید قرار داده، مدت لازم برای خشک شدن را یادداشت کنید.

مرحله دوم

۱- گلدان مرحله اول را به مدت چهار هفته (هفته‌ای ۲-۳ بار) با آب گل آلود که قبلاً تهیه کرده‌اید، آبیاری کنید.

۲- نتایج به دست آمده را با مرحله اول (از نظر سرعت خروج آب از ته گلدان و ...) مقایسه کنید و تغییرات مشاهده شده را شرح دهید.

جدول ۳-۴

مدت زمان خشک شدن (ساعت)	زمان خروج آب (دقیقه)	
		گلدان شن قبل از آبیاری با آب گل آلود
		گلدان شن بعد از آبیاری با آب گل آلود

آزمایش: اصلاح خاک شنی با افزایش رس

وسایل لازم:

گلدان

شن

رس و ماسه

آب

شرح:

۱- دو گلدان انتخاب کنید. (A و B)

۲- در گلدان A شن و ماسه بریزید.

۳- در گلدان B شن و رس (به نسبت ۱ به ۱) بریزید.

۴- بر هر دو گلدان آب اضافه کرده مدت لازم برای خروج

آب را در هر دو گلدان اندازه گیری کنید.

با توجه به نتایج به دست آمده به سؤالات زیر پاسخ دهید:

۱- در کدام گلدان آب دیرتر خارج می‌شود؟ چرا؟

۲- خاک کدام گلدان می‌تواند حاصلخیزتر باشد؟ چرا؟

۳- در کدام گلدان چسبندگی ذرات به یکدیگر کمتر است؟

چرا؟

۴- کدام گلدان قدرت جذب و نگهداری رطوبت بیشتر

دارد؟ چرا؟

۵- کدام گل تهویه بیشتری دارد؟ چرا؟

۷-۴ اصلاح خاک‌های اسیدی

هنگامی که pH خاک به پایین‌تر از ۵ برای کشت مورد نظر

برسد، به طور معمول، گیاه قادر به رشد در آن خاک نبوده، محصول آن به شدت کاهش می‌یابد و سرانجام ممکن است از بین برود.

بنابراین، باید به طریقی از کاهش بیش از حد pH خاک جلوگیری کرد. در کشور ما این مسأله فقط در نواحی پرباران گیلان اتفاق

می‌افتد. برای اصلاح این خاک‌ها از آهک استفاده می‌شود. با

آزمایش خاک، pH آن مشخص شده و از روی مقدار pH و با

توجه به وسعت زمین پس از انجام محاسبات، آهک لازم برای

افزایش pH به حد مناسب را به زمین می‌دهند و در واقع آن را با

شخم زیر خاک می‌کنند. افزایش آهک موجب افزایش کلسیم

محلول در خاک شده و از این طریق pH خاک را افزایش می‌دهد.

۸-۴ زهکشی

مقدمه و تعریف: خارج کردن آب و املاح اضافی از

رشد گیاهان در شرایط اشباع خاک از آب (شرایط ماند آبی) - گیاهان را از نظر نیاز به آب به سه دسته هیدروفیت (آبدوست- آبی) گزروفیت (آب گریز - خشک‌زی) و مزوفیت (گیاهان حدوسط) تقسیم می‌کنند:

گروه اخیر، همان‌گونه که تحمل بی‌آبی ندارند، تاب تحمل رطوبت زیاد نیز نخواهند داشت. اکثر گیاهان زراعتی (به استثنای برنج) جزء این دسته هستند. مطالعه در زندگی اکثر گیاهان زراعتی روشن می‌کند که همه این گیاهان در دوره رشد و نمو به آبیاری و زهکشی نیاز دارند. بدین معنی که اگر رطوبت محیط به اندازه کافی نباشد، باید آنها را آبیاری کرد.

چنانچه بستر کشت، زیاد خیس باشد و تهویه به خوبی صورت نگیرد، باید زهکشی شوند. اولین اثر نامطلوب آب اضافی در خاک، پرکردن خلل و فرج خاک، کم شدن هوا و در نتیجه کمبود اکسیژن است.

کم شدن اکسیژن محیط از یک طرف، زیاد شدن گازکربنیک به وجود آمده در نتیجه تنفس ریشه‌ها از طرف دیگر و بالاخره حل شدن  $CO_2$  در آب، اختلالات عمده‌ای در جذب عناصر مورد نیاز گیاه به وجود می‌آورد. در چنین حالتی پتاسیم و فسفر به دشواری جذب می‌شوند. در جذب نیتروژن و سایر عناصر مورد نیاز گیاه نیز اختلالاتی به وجود می‌آید و در نتیجه گیاه از بین می‌رود.

به علت کاهش اکسیژن در خاک به تدریج میکروب‌های هوازی جای خود را به میکروب‌های غیرهوازی می‌دهند و همان‌طور که گفته شد نتیجه این پدیده کاهش تجزیه مواد آلی و آزاد نشدن نیتروژن معدنی در خاک است.

در شرایط غیرهوازی آهن، منگنز و گوگرد احیا می‌شوند و محیطی سمی برای گیاه به وجود می‌آورند. بالا رفتن میزان رطوبت خاک موجب سرد شدن آن و دیررس شدن محصول و پایین آمدن میزان عملکرد می‌شود.

به طور کلی اگر خاک از آب اشباع باشد و امکان زهکشی

خاک را زهکشی می‌نامند. در حقیقت، زهکشی عکس آبیاری است. کلیه زمین‌هایی که آبیاری می‌شوند، به زهکشی نیاز دارند. زهکشی می‌تواند طبیعی باشد و یا به علت نوع خاک، مصنوعاً اجرا شود. در هر صورت در شبکه‌های آبرسانی به‌ویژه در اراضی شور و دریایی که تحت الارض غیرقابل نفوذ دارند چون به‌طور طبیعی زهکشی نمی‌شوند، اجرای طرح زهکشی ضروری است.

همچنین زهکشی به منظور خارج کردن آب اضافی از خاک نیز انجام می‌گیرد. آب اضافی می‌تواند مربوط به سطح الارض و یا تحت الارض باشد. در هر دو حالت، مانع فعالیت ریشه گیاه می‌شود (مانند مناطق مردابی) به‌طور کلی کشور ایران از لحاظ زهکشی به چهار منطقه به شرح زیر تقسیم می‌شود:

الف - مناطقی که عملاً نیازی به زهکشی ندارند، مانند مناطق پرآب شمالی.

ب - مناطقی که به علت شوری بیش از حد مورد استفاده قرار نمی‌گیرند ولی اگر به‌طور منظم آبیاری شوند و زهکشی آنها صحیح انجام گیرد، قابل کشت و زرع خواهند شد.

ج - مناطقی که به علت کمبود آب، مورد استفاده قرار نمی‌گیرند. ولی چنانچه آب زراعتی تأمین و در آنها شبکه زهکشی ایجاد شود، به راحتی قابل کشت و زرع خواهند بود.

د - مناطق کوهستانی و کویرها: مناطق کوهستانی به‌طور طبیعی زهکشی می‌شوند و چنانچه منطقه‌ای به زهکشی احتیاج داشت، اهمیت مسأله چندان نیست. در کویرها نیز فعلاً تثبیت خاک، جلوگیری از فرسایش‌های مختلف، کشت گیاهان مقاوم به خشکی و بی‌نیاز از آبیاری بیش از سایر مسائل حائز اهمیت است.

#### ۱-۸-۴ هدف از زهکشی:

- الف - ایجاد بستری مناسب برای کاشت بذر  
ب - به وجود آوردن شرایط زیست برای زندگی گیاه مانند امکان تنفس و تغذیه

شرایطی چند می‌توان گیاهانی نظیر سیب، گلابی، پنبه و مرکبات نیز کشت کرد. در چنین مواردی استفاده از کود نیتروژنه ضروری است.

نباشد، باید گیاهانی کاشته شوند که مقاوم به کمبود اکسیژن در خاک هستند مانند برنج. چنانچه سطح آب تحت‌الارض در نیم‌متری عمق خاک باشد، باید از گیاهانی نظیر سیب‌زمینی، توت‌فرنگی و نیشکر استفاده کرد. چنانچه آب تحت‌الارضی بالا باشد، با رعایت



شکل ۲-۴ زهکشی

فعالیت‌هایی که باید برای زهکشی روباز (سطحی) انجام گیرد، عبارتند از:

۱- تسطیح خاک به نحوی که حداکثر شیب از نیم‌درصد تجاوز نکند.

۲- کشت نواری

۳- تراس‌بندی یا ایجاد نه‌رهای کوچک

معایب زهکشی روباز:

الف - زمین به قطعات کوچکتر تقسیم می‌شود.

ب - مساحتی از زمین صرف حفر کانال‌های زهکشی می‌شود.

ج - در کانال‌های زهکشی، علف‌های هرز رشد می‌کنند و

دبی زهکشی را کاهش می‌دهند که انجام لایروبی چند سال یک‌بار را ایجاب می‌کند.

۲-۸-۴ اقسام زهکشی‌ها: اگر منطقه‌ای احتیاج به زهکشی داشته باشد، باید نوع و سیستم زهکشی را تعیین کنیم.

زهکشی‌های مصنوعی به روش بسته یا روباز خواهد بود.

زهکشی‌های روباز: زهکشی سطحی (روباز): برای انتقال آب اضافی از خاک است. این آب در اثر بارندگی و یا آبیاری، در سطح مزرعه جمع می‌شود و چون با سرعت لازم در خاک نفوذ نمی‌کند، مانعی برای رشد گیاهان و عملیات کشاورزی می‌شود، برای تعبیه زهکشی سطحی باید علت تجمع آب معلوم شود. اگر زهکشی‌های طبیعی قادر به تخلیه آب از مزرعه نباشند، احداث زهکشی‌ها می‌تواند به نحو قابل ملاحظه‌ای به این امر کمک کرده و میزان تخلیه آب را افزایش دهد. ولی اگر حل مسأله بدین ترتیب امکان‌پذیر نباشد، بدیهی است که سرعت نفوذ آب در خاک بطئی است و می‌توان زهکشی سطحی تعبیه کرد.

اگر مقادیر معتناهی از آب انتقال داده شود، در این صورت زهکشی های باز ترجیح دارد.

انهار زهکشی باز باید به نحوی طرح شوند که :

اولاً بتوان به سهولت به مزرعه دسترسی داشت.

ثانیاً کار ماشین آلات کشاورزی با اشکال نیز مواجه نشود.

به طور کلی، زهکشی های زیرزمینی یا سفالی بر سایر انواع

برتری دارد.

زیرا :

اولاً مانعی برای عملیات کشاورزی نیست.

ثانیاً از هدر رفتن مقداری از مساحت زمین جلوگیری می کند.

زهکشی با لوله های سفالی، سیمانی، پلاستیکی

در این روش گودالی در خاک تا عمق مورد نظر حفر

می شود. بعد لوله های زه از انواع سفالی، سیمانی، پلاستیکی

در کف گودال کار گذاشته می شود. معمولاً مقداری جسم

متخلخل برای تسهیل ورود آب به زهکشی ها روی لوله ها می ریزند

و سپس خاکی را که در اثر حفر گودال به وجود آمده به جای خود

می ریزند.

آزمایش: مشاهده زهکشی در خاک های مختلف

آزمایش شماره ۲۸

وسایل و مواد مورد نیاز:

دو جعبه شیشه ای (۶۰×۵۰×۱۰۰) مانند آکواریوم

آبیاش

متر

کرونومتر

ظرف مدرج

شرح:

۱- دو جعبه شیشه ای به ابعاد مورد نظر را انتخاب کنید.

(ته ظرف خروجی داشته باشد)

۲- از خاک منطقه مورد نظر دو نمونه خاک با بافت متفاوت

انتخاب کنید که حدود ۵۰ cm از جعبه های شیشه ای را پر کند.

۳- در ته جعبه ها مقداری سنگریزه بریزید. (۲/۵ cm)

۴- خاک را به آرامی در جعبه ها بریزید.

۵- در سطح خاک با آبیاش به قدری آب بریزید که در ته

ظرف جمع شده و سطح آب بالا بیاید. (سوراخ ته ظرف بسته

است).

۶- حجم آب مصرفی را یادداشت کنید.

۷- همزمان با برداشتن سوراخ، کرونومتر را به کار

می اندازیم.

۸- زمان پایان خروج آب را از هر جعبه به طور جداگانه

یادداشت می کنیم.

۹- با مقایسه دو زمان در دو جعبه می توانید سرعت زهکشی

در خاک های مختلف را تشخیص دهید.

۱۰- آب خروجی از هر جعبه را با ظرف مدرج اندازه گیری

کنید.

۱۱- با مقایسه مقدار آب خروجی، می توان به قابلیت

زهکشی اراضی پی ببرید.

کار عملی: توصیه می شود برای درک بهتر، هنرجویان

به همراه مربیان خود از آثار فرسایش و مزارع زهکشی شده بازدید

نمایند.

### آزمون نهایی:

- ۱- زهکشی عبارت است از :
  - الف - خارج کردن تمام آب اضافی از خاک
  - ب - وارد کردن آب کافی به منطقه ریشه
  - ج - خارج کردن آب کافی از خاک
  - د - خارج کردن آب و املاح اضافی از خاک
- ۲- هدف زهکشی
  - الف - ایجاد بستری مناسب برای کاشت بذر
  - ب - ایجاد شرایط مناسب برای عملیات کشت
  - ج - به وجود آوردن شرایط زیست برای زندگی گیاه مانند امکان تنفس و تغذیه
  - د - الف و ب و ج
- ۳- هدف از زهکشی سطحی عبارت است :
  - الف - انتقال آب اضافی از داخل خاک
  - ب - خارج کردن آب اضافی از خاک
  - ج - وارد کردن آب به منطقه ریشه
  - د - انتقال آب اضافی از سطح خاک
- ۴- مزیت زهکش‌های بسته (تمبوشه)
  - الف - می‌توان به سهولت به مزرعه دسترسی داشت.
  - ب - کار ماشین آلات کشاورزی با اشکال مواجه نمی‌شود.
  - ج - از هدر رفتن مقداری از مساحت زمین جلوگیری نمی‌کند.
  - د - الف و ب صحیح است.
- ۵- اصلاح خاک‌های اسیدی چگونه انجام می‌شود؟
- ۶- مواد اصلاح کننده چه نوع موادی هستند؟
- ۷- گوگرد در چه خاک‌هایی و به چه دلیل به کار می‌رود؟
- ۸- مواد آلی را تعریف کنید.
- ۹- برخی از اثرات اصلاحی مواد آلی را در خاک بنویسید.
- ۱۰- به چه موادی کود می‌گویند؟

## منابع مورد استفاده

- ۱- بای بوردی، محمد، فیزیک، دانشگاه تهران، ۱۳۶۶
- ۲- سالاردینی، علی اکبر، حاصلخیزی خاک، دانشگاه تهران، ۱۳۶۶
- ۳- شیرازی، محمدحسین، حفاظت آب و خاک (ترجمه)، وزارت آموزش و پرورش، ۱۳۷۶
- ۴- زراعت عمومی، سال دوم دبیرستان، کد ۵۵۱
- ۵- آموزش عملی زراعت، سال چهارم هنرستان، کد ۹۸۲/۱
- ۶- آب و خاک (۱)، نظام جدید آموزشی
- ۷- آب و خاک (۲)، نظام جدید آموزشی
- ۸- امین پور، جزوه درسی نمونه برداری، انستیتو تکنولوژی اهواز
- ۹- زرین کفش، منوچهر، خاکشناسی کاربردی، دانشگاه تهران، ۱۳۶۷
- ۱۰- خانم محمودی، مبانی خاکشناسی (ترجمه)، دانشگاه تهران، ۱۳۷۴
- ۱۱- احمدی، نعمت الله، فیزیولوژی گیاهی، نشر دانشگاهی، ۱۳۶۸
- ۱۲- ملکوتی، محمدجعفر، حاصلخیزی خاک و کودها، نشر دانشگاهی، ۱۳۷۳
- ۱۳- رادنیاء، حسین، کمبود مواد غذایی در نباتات زراعی و درختان میوه و سبزیجات، سازمان ترویج کشاورزی، ۱۳۶۹

