

بسم الله الرحمن الرحيم

تعدادات شیمیایی در خاک‌ها

ترجمه

دکتر علیرضا حسین پور و دکتر حمیدرضا متقیان

(استاد و استادیار گروه علوم و مهندسی خاک دانشگاه شهرکرد)

سرشناسه	:	لیندزی، ویلارد لایمن، ۱۹۲۶ - م.
عنوان و نام پدیدآور	:	Lindsay, Willard Lyman
مشخصات نشر	:	تعاللات شیمیایی در خاکها / ویلارد لایمن لیندزی؛ ترجمه علیرضا حسین پور، حمیدرضا متقیان.
مشخصات ظاهری	:	شهرکرد: جهاد دانشگاهی، واحد چهارمحل و بختیاری، انتشارات، ۱۳۹۶.
شابک	:	۴۸۷ ص: مصور، جدول.
وضعیت فهرست نویسی	:	۲۰۰۰۰۰ ریال : ۶-۸-۹۶۲۳۶-۹۷۸-۶۰۰
یادداشت	:	فیبا
موضوع	:	عنوان اصلی: ۱۹۷۹، Chemical equilibria in soils
موضوع	:	خاک -- شیمی
موضوع	:	Soil chemistry
موضوع	:	تعاللات شیمیایی
موضوع	:	Chemical equilibrium
شناسه افزوده	:	متقیان، حمیدرضا، ۱۳۶۱ - مترجم
شناسه افزوده	:	حسین پور، علیرضا، ۱۳۴۷ - مترجم
شناسه افزوده	:	جهاد دانشگاهی، واحد استان چهارمحل و بختیاری، انتشارات
رده بندی کنگره	:	۱۳۹۶ ت ۵۹۱/۵۱، ۱۶
رده بندی دیویی	:	۴۱/۶۳۱
شماره کتابشناسی ملی	:	۵۰۷۵۶۰۱



واحد چهارمحل و بختیاری

تعاللات شیمیایی در خاکها

تألیف: ویلارد لایمن لیندزی، Willard Lyman Lindsay

ترجمه: علیرضا حسین پور (استاد دانشگاه شهرکرد)، حمیدرضا متقیان (استادیار دانشگاه شهرکرد)

چاپ اول: زمستان ۱۳۹۶

ناشر: جهاد دانشگاهی واحد استان چهارمحل و بختیاری

تیراژ: ۵۰۰

قیمت: ۲۰۰۰۰۰ ریال

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۹۶۲۳۶-۸-۶

پیشگفتار نویسنده

این کتاب نتیجه حدود ۲۰ سال تجربه نویسنده در آموزش شیمی خاک و هدایت دانشجویان تحصیلات تکمیلی رشته علوم خاک است. هدف آن کمک به پر کردن شکاف بین علوم خاک و شیمی است و نشان می‌دهد که بیشتر واکنش‌هایی که در خاک‌ها رخ می‌دهند را می‌توان بر اساس روابط شیمیایی درک و پیش‌بینی کرد. در این کتاب، تأکید بر کانی‌ها و فازهای جامد خاک‌ها است که در نتیجه‌ی واکنش‌های حل و رسوب، ترکیب محلول خاک را کنترل می‌کنند. روابط حلالیت اهمیت زیادی دارند، زیرا تحرک عناصر شیمیایی را در خاک تعیین می‌کنند و بر مقدار در دسترس آنها برای گیاهان مؤثر هستند.

این کتاب برای دانشجویانی که حداقل یک دوره درس شیمی معدنی را گذرانده‌اند، طراحی شده است. مطالب این کتاب برای دانش‌اندازان خاک، تغذیه گیاه، متخصصین آبریان، ژئوشیمی، مهندسين آب و بهداشت، محیط‌زیست و همه کسانی که با واکنش‌ها، روابط حلالیت و سرنوشت مواد شیمیایی در خاک‌ها سر و کار دارند، مفید است.

مطالب این کتاب به صورت متوالی بیان شده است. بنابراین، باید از ابتدای کتاب مطالعه شروع شود و اصول جدید از ابتدا درک گردند. سؤال‌های هر فصل به منظور کمک به خواننده در فهم موضوع و توسعه مهارت‌های لازم برای کاربرد روابط حلالیت آورده شده است. بدون چنین مهارت‌هایی، قبل از این که خواننده در مورد روابط تعادلی اطلاعات کاملی به دست آورد، اغلب خوانندگان از ادامه مطالعه ناامید می‌شوند.

واکنش‌های اکسایش و کاهش در خاک‌ها بسیار مهم هستند، زیرا باعث تغییر روابط حلالیت می‌شوند و بر بسیاری از تبدیل‌های کانی‌ها تأثیر می‌گذارند. در فصل دوم خواننده با پارامتر جدیدی به نام $pe+pH$ آشنا می‌شود که کاربرد روابط نظری اکسایش و کاهش را ساده می‌کند. این پارامتر یون‌های H^+ یک واکنش شیمیایی را به بخش‌های مرتبط با اکسایش و کاهش این واکنش و بخشی که با اسید و باز ارتباط دارد، تفکیک می‌کند. بیشتر خوانندگان برای کاربرد این پارامتر مرسوم با مشکل مواجه می‌شوند.

روابط حلالیت استفاده شده در این کتاب بر اساس انرژی‌های آزاد است. ندارد تشکیل (پیوست) محاسبه شده‌اند. در این مورد، نویسنده بررسی جامع و دقیقی به همراه دکتر محمد صدیق انجام داده است. این مقادیر، در صورت لزوم قابل تغییر و به‌روزرشدن هستند. امیدواریم این مجموعه داده‌های ترمودینامیک در کنار جنبه‌های مهم این کتاب کاربرد داشته باشند. در صورتی که اطلاعات جدید حلالیت در دسترس قرار گیرند، آنها را می‌توان برای توسعه و تغییر داده‌های ارائه شده استفاده کرد.

در این کتاب از تئوری جنبشی برای پیش‌بینی سرعت واکنش شیمیایی در خاک استفاده نشده است، زیرا حضور موجودات زنده، کاتالیزورها و اجزای ناشناخته در خاک، اغلب عوامل کنترل‌کننده سرعت واکنش هستند. در مقابل، مطالعه‌های حلالیت کانی‌ها در خاک‌ها برای کاربرد عملی بسیاری از روابط حلالیت ترمودینامیکی بیان شده در این کتاب، استفاده شده‌اند. روابط حلالیت در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد بررسی شده‌اند. تغییر دما روابط حلالیت را کمی تغییر می‌دهد، اما پیچیدگی ناشی از این تغییرات به سادگی قابل توجه نیست.

برخی عناصر در این کتاب گنجانده نشده است. محدودیت‌های زمان و سختی کار مانع پوشش کامل همه عناصر مهم خاک‌ها شد. خوانندگان تشویق می‌شوند که اصول بیان شده در این کتاب را بر عناصر مورد نظر خود نیز اعمال کنند. پاداش انجام این کار، رضایت‌بخش‌تر از مطالعه نتایج حاصل از بررسی‌های اشخاص دیگر است.

ویلارد ال. لیندزی

فصل ۱-----	۱
مقدمه-----	۱
۱-۱- پویایی تعادلات در خاک-----	۱
۱-۲- عوامل شدت و کمیت-----	۴
۱-۳- ترک عنصری خاک-----	۶
منابع ورودی ماده-----	۹
سؤال‌ها-----	۹
فصل دوم-----	۱۱
تعادلات شیمیایی-----	۱۱
۱-۲- ثابت‌های تعادل-----	۱۱
۲-۲- ثابت‌های تعادل غلظت و فعالیت-----	۱۲
۳-۲- قدرت یونی-----	۱۲
۴-۲- ضرایب فعالیت-----	۱۳
۵-۲- معادله‌های دبی-هاکل-----	۱۳
۶-۲- برآورد ضریب فعالیت با استفاده از قابلیت هدایت الکتریکی-----	۱۸
۷-۲- تبدیل ثابت‌های تعادل-----	۱۹
مثالی برای محاسبه-----	۲۰
۸-۲- تعیین ثابت تعادل از داده‌های ترمودینامیکی-----	۲۱
مثالی برای محاسبه-----	۲۲
۹-۲- روابط اکسید و احیا-----	۲۳
۱۰-۲- $pe+pH$ -----	۲۳
۱۱-۲- E^0 در برابر $\log K^0$ -----	۲۶
۱۲-۲- pe در مقابل Eh -----	۲۷
۱۳-۲- اندازه‌گیری پتانسیل اکسید و احیا در محیط طبیعی-----	۲۹
منابع مورد استفاده-----	۳۰
سؤال‌ها-----	۳۱
فصل ۳-----	۳۵
آلومینیم-----	۳۵
۱-۳- حلالیت اکسیدها و هیدروکسیدهای آلومینیم-----	۳۵

۳۹	۲-۳- حلالیت سولفات‌های آلومینیم
۴۱	۳-۳- هیدرولیز Al^{3+}
۴۴	۴-۳- کمپلکس‌های فلئوئور با آلومینیم
۴۶	۵-۳- سایر کمپلکس‌های آلومینیم
۴۸	۶-۳- برآرد فعالیت Al^{3+}
۴۹	مثال:
۴۹	۷-۳- زاندا، پتانسیل اکسید و احیا با آلومینیم
۵۰	۸-۳- آلومینیم تری
۵۱	منابع مورد استفاده
۵۲	سؤال‌ها
۵۵	فصل ۴
۵۵	سیلیسیم
۵۵	۱-۴- شکل‌های سیلیسیم در خاک
۵۷	۲-۴- گونه‌های سیلیسیم در محلول
۵۸	منابع مورد استفاده
۵۹	سؤال‌ها
۶۱	فصل ۵
۶۱	کانی‌های آلومینوسیلیکات
۶۱	۱-۵- آلومینوسیلیکات‌های بدون جانشینی
۶۶	۲-۵- آلومینوسیلیکات‌های سدیم‌دار
۶۹	۳-۵- آلومینوسیلیکات‌های پتاسیم‌دار
۷۱	۴-۵- آلومینوسیلیکات‌های کلسیم‌دار
۷۳	۵-۵- آلومینوسیلیکات‌های منیزیم‌دار
۷۶	۶-۵- خلاصه نمودار پایداری آلومینوسیلیکات
۷۹	۷-۵- کنترل فعالیت Al^{3+} در خاک
۸۲	۸-۵- بحث کلی درباره آلومینوسیلیکات‌ها
۸۳	منابع مورد استفاده
۸۴	سؤال‌ها
۸۵	فصل ۶
۸۵	تعادل کربنات

۸۵	۱-۶- سیستم $\text{CO}_2\text{-H}_2\text{O}$
۹۰	۲-۶- سیستم CO_2 خاک
۹۰	منابع مورد استفاده
۹۱	سؤال‌ها
۹۳	فصل ۷
۹۳	کلسیم
۹۳	۱-۷- آلومینوسیلیکات‌ها و سیلیکات‌های کلسیم‌دار
۹۸	۲-۷- کانی‌های دیگر کلسیم
۱۰۰	۳-۷- کمپلکس‌های کلسیم در محلول
۱۰۴	۴-۷- روابط اکسید و احیا کلسیم
۱۰۵	۵-۷- سیستم $\text{CaCO}_3\text{-CO}_2\text{-H}_2\text{O}$
۱۰۸	۶-۷- قانون فاز
۱۰۸	۷-۷- سیستم $\text{CO}_2\text{-H}_2\text{O}$
۱۰۹	۸-۷- سیستم $\text{CaO-CO}_2\text{-H}_2\text{O}$
۱۰۹	۹-۷- سیستم $\text{CaO-CO}_2\text{-H}_2\text{O-H}_2\text{SO}_4$
۱۱۰	سؤال‌ها
۱۱۳	فصل ۸
۱۱۳	منیزیم
۱۱۳	۱-۸- حلالیت سیلیکات‌های منیزیم
۱۱۹	۲-۸- آلومینوسیلیکات‌های منیزیم‌دار
۱۲۱	۳-۸- اکسیدها، هیدروکسیدها، کربنات‌ها و سولفات‌ها
۱۲۴	۵-۸- اثر پتانسیل اکسید و احیا بر منیزیم
۱۲۴	سؤال‌ها
۱۲۷	فصل ۹
۱۲۷	سدیم و پتاسیم
۱۲۷	۱-۹- حلالیت کانی‌های سدیم
۱۳۲	۲-۹- حلالیت کانی‌های پتاسیم
۱۳۴	۳-۹- کمپلکس‌های سدیم و پتاسیم
۱۳۶	۴-۹- روابط اکسید و احیا
۱۳۷	سؤال‌ها

۱۳۷	فصل ۱۰
۱۳۷	آهن
۱۳۷	۱-۱۰- حلالیت اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن (III) در خاکها
۱۴۲	۲-۱۰- سایر کانی‌های آهن (III)
۱۴۳	۳-۱۰- گونه‌های حاصل از هیدرولیز آهن (III)
۱۴۶	۴-۱۰- کپلک‌های آهن (III) در خاکها
۱۴۸	۵-۱۰- اثر پتانسیل اکسید و احیا بر حلالیت آهن (II)
۱۵۱	۶-۱۰- اثر اکسید حیات بر پایداری کانی‌های آهن
۱۵۷	۷-۱۰- هیدرولیز و کمپلکس‌های آهن (II)
۱۶۰	منابع مورد استفاده
۱۶۱	سؤال‌ها
۱۶۳	فصل ۱۱
۱۶۳	منگنز
۱۶۵	۱-۱۱- اثر پتانسیل اکسید و احیا و pH بر فعالیت منگنز
۱۷۱	۲-۱۱- گونه‌های محلول منگنز
۱۷۴	منابع مورد استفاده
۱۷۵	سؤال‌ها
۱۷۷	فصل ۱۲
۱۷۷	فسفات‌ها
۱۷۷	۱-۱۲- اسید ارتوفسفریک
۱۸۲	۲-۱۲- فسفات‌های آلومینیم
۱۸۷	۳-۱۲- فسفات‌های آهن
۱۹۱	۱-۱۲- اثر پتانسیل اکسید و احیا بر پایداری فسفات‌های آهن و آلومینیم
۱۹۵	۵-۱۲- حلالیت فسفات‌های کلسیم
۲۰۲	۶-۱۲- اثر پتانسیل اکسید و احیا بر پایداری فسفات‌های کلسیم
۲۰۲	۷-۱۲- حلالیت فسفات‌های منیزیم
۲۰۴	۸-۱۲- فسفات‌های منگنز
۲۰۷	۹-۱۲- سایر ارتوفسفات‌ها
۲۰۷	۱۰-۱۲- شکل‌های احیایی فسفر
۲۰۸	۱۱-۱۲- پایداری پلی‌فسفات‌ها در خاکها

۲۱۴	۱۲-۱۲- کمپلکس‌های ارتوفسفات در محلول
۲۱۷	۱۲-۱۳- واکنش‌های کودهای فسفره با خاک‌ها
۲۲۵	منابع مورد استفاده
۲۲۷	سؤال‌ها
۲۳۱	فصل ۱۳
۲۳۱	روی
۲۳۱	۱-۱۳- حالت اسنایش روی
۲۳۱	۲-۱۳- حرلیت کانی‌ها، روی در خاک‌ها
۲۳۷	۳-۱۳- گونه‌های بی در محلول
۲۴۱	منابع مورد استفاده
۲۴۲	سؤال‌ها
۲۴۳	فصل ۱۴
۲۴۳	مس
۲۴۳	۱-۱۴- حالیت کانی‌های مس (II) در خاک‌ها
۲۵۱	۲-۱۴- هیدرولیز و کمپلکس‌های مس (II)
۲۵۴	۳-۱۴- اثر پتانسیل اکسید و احیا بر مس
۲۵۷	۴-۱۴- کمپلکس‌های مس (I)
۲۶۰	منابع مورد استفاده
۲۶۰	سؤال‌ها
۲۶۳	فصل ۱۵
۲۶۳	تعدادلات کلات‌ها
۲۶۴	۱-۱۵- کلات‌کننده‌های فلزات و ثابت پایداری آنها
۲۷۰	۲-۱۵- پایداری کلات‌ها تابع pH
۲۷۷	۳-۱۵- اثر پتانسیل اکسید و احیا بر پایداری کلات- فلز
۲۸۳	۴-۱۵- کلات‌ها در هیدروپونیک
۲۸۶	۵-۱۵- استفاده از کلات برای برآورد فعالیت فلزات در خاک
۲۸۸	۶-۱۵- استفاده از کلات‌کننده‌ها برای آزمون خاک
۲۹۱	۷-۱۵- کلات‌کننده‌های طبیعی در خاک
۲۹۱	منابع مورد استفاده
۲۹۵	فصل ۱۶

۲۹۵	نیتروژن
۲۹۵	۱-۱۶- حالت‌های اکسایش نیتروژن
۲۹۸	۲-۱۶- تعادل بین N_2 اتمسفر و O_2 اتمسفر
۲۹۹	۳-۱۶- اثر پتانسیل اکسید و احیا بر پایداری نیتروژن
۳۰۳	عدم تعادل با $N_2(g)$
۳۰۵	عدم تعادل با $N_2(\alpha)$ و N_2O^0
۳۰۶	عدم تعادل $N_2(g)$ ، N_2O و N_3^-
۳۱۰	منابع مورد استفاده
۳۱۰	سؤال‌ها
۳۱۳	فصل ۱۷
۳۱۳	گوگرد
۳۱۳	۱-۱۷- اثر پتانسیل اکسید و احیا بر گونه‌های گوگرد
۳۲۰	۲-۱۷- تفکیک اسیدهای گوگرددار
۳۲۲	۳-۱۷- تشکیل گوگرد عنصری در خاک‌ها
۳۲۴	۴-۱۷- تشکیل سولفیدهای فلزی
۳۳۰	۵-۱۷- اثر سولفیدها بر حلالیت فلزات
۳۳۲	منابع مورد استفاده
۳۳۳	سؤال‌ها
۳۳۳	فصل ۱۸
۳۳۳	نقره
۳۳۳	۱-۱۸- اثر پتانسیل اکسید و احیا بر پایداری کانی‌های نقره
۳۳۸	۲-۱۸- حلالیت هالیدها و سولفیدهای نقره
۳۴۱	۳-۱۸- پایداری سایر کانی‌های نقره
۳۴۳	۴-۱۸- پایداری کمپلکس هالیدهای نقره
۳۴۵	۵-۱۸- گونه‌های هیدرولیز و سایر کمپلکس‌های نقره
۳۴۹	منابع مورد استفاده
۳۴۹	سؤال‌ها
۳۴۱	فصل ۱۹
۳۴۱	کادمیم
۳۴۱	۱-۱۹- حالت‌های اکسایش کادمیم در خاک‌ها

۳۴۲	۱۹-۲- کانی‌های کادمیم در خاک‌ها
۳۴۶	۱۹-۳- گونه‌های هیدرولیز Cd^{2+}
۳۴۸	۱۹-۴- کمپلکس‌های آمونیوم و هالیدها با کادمیم
۳۴۹	۱۹-۵- سایر کمپلکس‌های کادمیم
۳۵۲	۱۹-۶- مطالعات آینده
۳۵۳	منابع مورد استفاده
۳۵۳	سؤال‌ها
۳۵۵	فصل ۲۰
۳۵۵	سرب
۳۵۵	۲۰-۱- حلالیت کانی‌های سرب
۳۶۶	۲۰-۲- گونه‌های هیدرولیز سرب
۳۶۶	۲۰-۳- کمپلکس هالیدهای سرب
۳۶۸	۲۰-۴- سایر کمپلکس‌های سرب
۳۷۰	منابع مورد استفاده
۳۷۰	سؤال‌ها
۳۷۳	فصل ۲۱
۳۷۳	جیوه
۳۷۳	۲۱-۱- پایداری کانی‌ها و کمپلکس‌های $Hg(II)$
۳۸۷	۲۱-۲- پایداری کانی‌ها و کمپلکس‌های $Hg(I)$
۳۸۹	۲۱-۳- پایدار جیوه عنصری
۳۹۴	۲۱-۴- حلالیت سولفیدهای جیوه در خاک‌ها
۳۹۵	۲۱-۵- خلاصه‌ای از اثر پتانسیل اکسید و احیا بر جیوه
۳۹۸	۲۱-۶- واکنش‌های مواد آلی با جیوه
۳۹۸	منابع مورد استفاده
۳۹۹	سؤال‌ها
۳۹۹	فصل ۲۲
۳۹۹	مولیبدن
۳۹۹	۲۲-۱- گونه‌های مولیبدن در محلول
۴۰۳	۲۲-۲- پایدار کانی‌های مولیبدن در خاک
۴۰۴	۲۲-۳- اثر پتانسیل اکسید و احیا بر فعالیت مولیبدن

منابع مورد استفاده	۴۰۷
سؤال‌ها	۴۰۸
فصل ۲۳	۴۰۹
تغییرات ماده آلی	۴۰۹
۱-۲۳- حالت‌های اکسایش کربن	۴۰۹
۲-۲۳- فرورده‌های سوخت و ساز گلوکز	۴۱۰
۳-۲۳- واکنش‌های اسید استیک	۴۱۶
۴-۲۳- اکسایش $CO(g)$ و احیا به $CH_4(g)$	۴۱۷
۵-۲۳- پایداری توافقت	۴۱۹
منابع مورد استفاده	۴۲۰
سؤال‌ها	۴۲۰
پوست	۴۲۳