دفتر صحافی مبارک

مرکز تخصصی صحافی پایان نامه

تبریز: فلکه دانشگاه پاساژ نسیم، زیرزمین پلاک ۲۶ تلفن: ۳۳۶۴۶۸۰
مدیریت: ۰۹۱۴۱۱۵۰۰۴۹ مدیر اجرائی ۰۹۱۴۳۱۰۰۰۴۸

۱۴۴۲۰۵ - ۲.۲.۹۹۹

دانشگاه تبریز
دانشکده کشاورزی
گروه خاکشناسی

پایان نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته خاکشناسی
(گرایش فیزیک و حفاظت خاک)

عنوان

اثر سیمانی کننده‌ها بر دامنه رطوبتی با حداقل محدودیت در خاک با استفاده از توابع انتقالی

استاد راهنما
دکتر محمدرضا نیشابوری

استادان مشاور
دکتر شاهین اوستان
دکتر محمد مقدم

پژوهشگر
زهرا کاظمی
بهمن ۱۳۸۸

۱۳۸۹/۸/۲
شعبه مدارک

۱۴۴۲۰۵

اگر تنهاترین تنها شوم باز هم خدا هست (دکتر شریعتی)

تقدیم به پدر و مادر عزیزم که سهمی از خورشید را در دل دارند

تشکر و سپاس از:

پدر و مادر عزیز و خانواده گرامی ام که اگر محبت های بی دریغشان نبود بی تردید نمی توانستم این مسیر را بپیمایم.

استاد راهنمای محترم جناب آقای دکتر نیشابوری، که بسیار آموختم از محضرشان

اساتید مشاور: جناب آقای دکتر اوستان و جناب آقای دکتر مقدم

داور محترم پایان نامه جناب آقای دکتر ناظمی

مدیر گروه محترم گروه خاکشناسی جناب آقای دکتر علی اصغر زاده و سایر اساتید محترم گروه خاکشناسی

دوستان گرامی خانم ها بابایی و بهاری و آقایان غفاری و بیرامی

و همه آنهاکه در این راه گام هایشان همراهم بود.

نام خانوادگی : کاظمی نام : زهرا

عنوان پایان نامه: اثر سیمانی کننده‌ها بر دامنه رطوبتی با حداقل محدودیت در خاک با استفاده از توابع انتقالی

استاد راهنما : دکتر محمدرضا نیشابوری استادان مشاور: دکتر شاهین اوستان - دکتر محمد مقدم

مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد رشته: خاکشناسی گرایش: فیزیک و حفاظت خاک
دانشگاه: تبریز دانشکده : کشاورزی تاریخ فارغ‌التحصیلی: ۲۷ بهمن ۱۳۸۸ تعداد صفحات: ۱۸۲
کلید واژه‌ها: دامنه رطوبتی با حداقل محدودیت ، منحنی مشخصه رطوبتی خاک، منحنی مشخصه مقاومت خاک، تخلخل تهویه‌ای، مقاومت مکانیکی خاک، سیمانی کننده‌ها.

چکیده:

دامنه‌ای از رطوبت حجمی خاک که در آن، محدودیت‌ها برای رشد گیاه در ارتباط با پتانسیل آب، تهویه و مقاومت مکانیکی خاک در کمترین مقدار خود باشد، دامنه رطوبتی با حداقل محدودیت (LLWR) نامیده می‌شود. محاسبه LLWR بر اساس منحنی مشخصه نگهداری آب خاک (WRC) و منحنی مشخصه مقاومت خاک (SRC) انجام می‌گیرد. در زمینه اثر سیمانی کننده‌ها بر LLWR اطلاعات بسیار محدودی در دست هست.این پژوهش به منظور ارزیابی اثر برخی ویژگی های خاک به ویژه سیمانی کننده‌ها (اکسیدهای آزاد آهن- ،آلومینیوم و منگنز، کربنات کلسیم معادل و کربن آلی)، بافت ، SAR، D_b و CEC بر LLWR و ایجاد توابع انتقالی (PTF) برای تخمین LLWR صورت گرفت. بدین منظور نمونه‌های خاک دست نخورده و دست خورده از ۳۲ خاک با ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی متفاوت از منطقه‌ای با طول جغرافیایی "۵۹ ٬۷۲ ° ۶۹ الی "۳۴ ٬۷۸ ° ۷۱ و عرض جغرافیایی "۵۰ ٬ ۷۷ ° ۴۲ الی " ۸۶ ٬۲۳ ° ۴۳، واقع در اطراف اهر و هوراند در استان آذربایجان شرقی تهیه شد. نمونه‌های دست نخورده ازعمق صفر تا ۵ سانتی‌متر برای تعیین منحنی های WRC و SRC خاک و نمونه های دست خورده برای اندازه گیری دیگر صفات به کار گرفته شد. نمونه‌های دست نخورده پس از اشباع، در ستون‌های آب آویزان و دستگاه صفحات فشاری در ۷ مکش ماتریک ۰/۰، ۰/۰۰۴، ۰/۰۱، ۰/۰۳، ۰/۱، ۰/۵ و ۱/۵ مگاپاسکال به تعادل رسیدند و مقاومت مکانیکی آنها به وسیله فروسنج مخروطی آزمایشگاهی در هر مکش اندازه‌گیری شد. مقادیر رطوبت در ظرفیت مزرعه‌ای در ۰/۰۱ مگاپاسکال (θ_{fc}) و نقطه پژمردگی دائم در ۱/۵ مگاپاسکال(θ_{wp}) با استفاده از مدل WRC و رطوبت در مقاومت مکانیکی ۲ مگاپاسکال (θ_{sr}) با استفاده از مدل SRC پیش‌بینی شد. مقدار رطوبت نظیر تخلخل تهویه‌ای ۱۰ درصد (θ_{afp}) خاک برابر $\theta s-0/1$ منظور گردید. در هر چگالی ظاهری LLWR از روی چهار ضریب رطوبتی θ_{wp}، θ_{fc}، θ_{sr} و θ_{afp} محاسبه شد. میزان تأثیر نسبی هر یک از خصوصیات خاک به عنوان متغیرهای مستقل بر چهار ضریب رطوبتی θ_{fc}، θ_{wp}، θ_{sr} و θ_{afp} و در نهایت بر LLWR از طریق تجزیه رگرسیون چند گانه بررسی و توابع انتقالی برای تخمین LLWR ایجاد شدند. در خاک‌های با چگالی ظاهری بزرگتر و مساوی ۱/۴ مگاپاسکال، θ_{fc}- ، θ_{wp} و θ_{sr} با درصد رس خاک همبستگی مثبت و LLWR با درصد رس همبستگی منفی و معنی‌دار داشتند. θ_{fc} و θ_{sr} با کربنات کلسیم معادل خاک همبستگی مثبت نشان داد امّا به دلیل اثر مشابه آن بر θ_{fc} و θ_{sr}، اثر متغیر مذکور بر LLWR معنی‌دار نشد. θ_{sr} همبستگی مثبت و θ_{afp} همبستگی منفی بالایی با چگالی ظاهری نشان داد و در نهایت اثر چگالی ظاهری بر LLWR منفی شد. در میان ضرایب رطوبتی اثر کربن آلی فقط بر θ_{fc} معنی‌دار و مثبت بود بنابراین اثر آن بر LLWR نیز مثبت به دست آمد. اکسیدهای آزاد آلومینیوم دیتیونیتی بر θ_{wp} و θ_{sr} اثر مثبت و بر θ_{fc} و LLWR اثر منفی داشت. θ_{sr} و LLWR با اکسیدهای منگنز اگزالاتی همبستگی مثبت و θ_{wp} با آن همبستگی منفی داشتند. θ_{fc} و θ_{sr} با اکسیدهای آهن اگزالاتی همبستگی منفی داشت ولی متغیر مذکور بر LLWR اثر معنی‌دار نداشت. همچنین θ_{fc}، θ_{wp} و θ_{sr} با SAR همبستگی مثبت داشتند اما اثر SAR بر LLWR معنی‌دار نشد. در تابع انتقالی به دست آمده برای برآورد LLWR بزرگترین ضریب متعلق به رس بوده و پس از آن به ترتیب OC، D_b و اکسیدهای منگنز اگزالاتی بر LLWR تاثیرگذار

بودند. محاسبه LLWR از روی چهار ضریب رطوبتی θ_{fc}، θ_{wp}، θ_{sr} و θ_{afp} که برای هر کدام PTFهای معین از متغیرهای مستقل مورد بررسی ایجاد شدند، در مقایسه با برآورد مستقیم LLWR از طریق PTFهای ایجاد شده، از دقت بالاتری برخوردار بود. در ایجاد PTFهای برآورد کننده برای چهار ضریب رطوبتی، گروه‌بندی خاک‌ها به D_b های مساوی یا بزرگتر از ۱/۴ و کوچکتر از ۱/۴ مگاگرم بر متر مکعب خطای برآورد (RMSE) را به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش داد. به عبارت دیگر تلاش در ایجاد یک PTF برای برآورد هر یک از چهار ضریب رطوبتی در کل ۳۲ خاک با کاهش دقت برآورد در LLWR روبرو گردید. گروه‌بندی خاک‌ها بر اساس درصد رس نیز توانست دقت PTF-های برآوردکننده چهار ضریب رطوبتی و در نهایت LLWR را بالا ببرد.مقایسه RMSE توابع انتقالی برآوردکننده بر اساس گروه‌بندی D_b و گروه‌بندی درصد رس نشان داد که گروه‌بندی خاک‌ها بر اساس D_b خطای برآورد چهار ضریب رطوبتی θ_{fc}، θ_{wp}، θ_{sr}، θ_{afp} و LLWR را در مقایسه با گروه‌بندی بر اساس درصد رس به میزان بیشتری کاهش دهد.

واژه‌های کلیدی: دامنه رطوبتی با حداقل محدودیت منحنی مشخصه رطوبتی خاک، منحنی مشخصه مقاومت خاک، تخلخل تهویه‌ای، مقاومت مکانیکی خاک، سیمانی کننده‌ها.

عنوان | فهرست مطالب | صفحه

مقدمه ۱

فصل اول: بررسی منابع

۱-۱ تهویه خاک ۴

۱-۲- مقاومت مکانیکی خاک ۵

۱-۳- مادهٔ آلی خاک ۱۰

۱-۳-۱- تاثیر ماده آلی بر ویژگیهای هیدرولیکی خاک ۱۰

۱-۴- اثر ترکیبات خاک در خاکدانه سازی ۱۱

۱-۵- آب قابل استفاده گیاه (*AWC*) ۱۵

۱-۵-۱ - اثر گچ بر *AWC* ۱۶

۱-۵-۲- اثر کربنات کلسیم معادل بر *AWC* ۱۶

۱-۵-۳ اثر *SAR* بر *AWC* ۱۷

۱-۵-۳-۱- اثر نوع رس بر تاثیر سدیم بر خاک ۱۷

۱-۵-۴- اثر شوری بر *AWC* ۱۸

۱-۵-۴-۱- نقش شوری در هماوری خاک ۱۸

۱-۵-۵- اثر سیمانی کننده‌ها بر *AWC* ۱۹

۱-۶- مفهوم دامنه رطوبتی بدون محدودیت در خاک (*NLWR*) ۲۰

۱-۶-۱- کاربرد *NLWR* برای توضیح کیفیت ساختمان خاکها ۲۱

۱-۶-۲- اثر مدیریت بر *NLWR* ۲۱

۱-۶-۳- اثر کربن آلی بر *NLWR* ۲۱

۱-۷- مفهوم دامنه رطوبتی با حداقل محدودیت در خاک (*LLWR*) ۲۳

۱-۷-۱- کاربرد *LLWR* به عنوان شاخص باردهی خاک ۲۵

۱-۷-۲- کاربرد *LLWR* به عنوان شاخص کیفیت ساختمان خاک ۲۵

۱-۷-۳- استفاده از توابع انتقالی برای برآورد *LLWR* ۲۶

۱-۷-۴- ویژگیهای موثر بر دامنه رطوبتی با حداقل محدودیت ۲۸

۱-۷-۴-۱- اثر بافت خاک بر *LLWR* ۲۸

۱-۷-۴-۲- اثر فشردگی و چگالی ظاهری بر *LLWR* ۳۱

۱-۷-۴-۳- اثر خاکورزی و مدیریت بر *LLWR* ۳۴

۱-۷-۴-۴- اثر ماده آلی بر *LLWR* ۳۹

۱-۸- توانع انتقالی و اهمیت آن ۴۰

فصل دوم: مواد و روش‌ها

۲-۱- نمونه برداری خاک ۴۴

۲-۲- اندازه گیری ویژگیهای فیزیکی و شیمیایی خاک ۴۴

۲-۲-۱- تعیین بافت به روش هیدرومتر ۴۴

۲-۲-۲- کربن آلی ۴۵

۲-۲-۳- کربنات کلسیم معادل ۴۶

۲-۲-۴- ظرفیت تبادل کاتیونی ۴۶

عنوان | فهرست مطالب | صفحه

۲-۲-۵- نسبت جذب سدیم (*SAR*) ۴۷
۲-۲-۶- آهن و آلومینیوم دیتیونیتی (Fe_{dit} و Al_{dit}) ۴۷
۲-۲-۷- آهن و منگنز اگزالاتی (Fe_{ox} و Mn_{ox}) ۴۸
۲-۳- تعیین پارامترهای مرتبط با دامنه رطوبتی با حداقل محدودیت ۴۸
۲-۴- تعیین منحنی مشخصه رطوبتی خاک ۴۹
۲-۵-۱- مدل سازی منحنی مشخصه رطوبتی خاک ۵۰
۲-۵-۲- ظرفیت مزرعه (*FC*)، نقطه پژمردگی دائمی (*WP*)، آب قابل دسترس خاک (*AWC*) و مقدار رطوبت در تخلخل تهویه‌ای ۱۰ درصد ۵۳
۲-۶- تعیین منحنی مشخصه مقاومت خاک ۵۴
۲-۸- تجزیه و تحلیل آماری و ارائه نتایج ۵۵
فصل سوم: نتایج و بحث
۳-۱- ویژگیهای فیزیکی و شیمیایی خاکهای بررسی شده ۵۸
۳-۲- حدود *LLWR* ۵۸
۳-۲-۱- منحنی *WRC* ۵۹
۳-۲-۲- منحنی مشخصه مقاومت خاک ۶۲
۳-۳- دامنه رطوبتی با حداقل محدودیت در خاک ۶۴
۳-۳-۱- محاسبه *LLWR* خاک شماره ۱ ..... ۶۴
۳-۳-۲- محاسبه *LLWR* خاک شماره ۲ ..... ۶۵
۳-۳-۳ محاسبه *LLWR* خاک شماره ۳ ..... ۶۷
۳-۳-۴- محاسبه *LLWR* خاک شماره ۴ ..... ۶۸
۳-۳-۵- محاسبه *LLWR* خاک ۵ شماره ۷۰
۳-۳-۶- محاسبه *LLWR* خاک شماره ۶ ..... ۷۲
۳-۳-۷- محاسبه *LLWR* خاک شماره ۷ ..... ۷۴
۳-۳- ۸محاسبه*LLWR* خاک شماره ۸ ..... ۷۶
۳-۳-۹محاسبه *LLWR* خاک شماره ۹ ..... ۷۷
۳-۳-۱۰- محاسبه *LLWR* خاک شماره ۱۰ ..... ۸۰
۳-۳-۱۱- محاسبه *LLWR* خاک شماره ۱۱ ..... ۸۱
۳-۳-۱۲- محاسبه *LLWR* خاک شماره ۱۲ ..... ۸۳
۳-۳-۱۳- محاسبه *LLWR* خاک شماره ۱۳ ..... ۸۵
۳-۳-۱۴- محاسبه*LLWR* خاک شماره ۱۴ ..... ۸۷
۳-۳-۱۵- محاسبه *LLWR* خاک شماره ۱۵ ..... ۸۸
۳-۳-۱۶- محاسبه *LLWR* خاک شماره ۱۶ ..... ۹۰
۳-۳-۱۷- محاسبه *LLWR* خاک شماره ۱۷ ..... ۹۲
۳-۳-۱۸- محاسبه*LLWR* خاک شماره ۱۸ ..... ۹۳
۳-۳-۱۹- محاسبه *LLWR* خاک شماره ۱۹ ..... ۹۵
۳-۳-۲۰- محاسبه *LLWR* خاک شماره۲۰ ..... ۹۷

عنوان | فهرست مطالب | صفحه

۳-۳-۲۱- محاسبه *LLWR* خاک شماره ۲۱ ..... ۹۹
۳-۳-۲۲- محاسبه *LLWR* خاک شماره ۲۲ ..... ۱۰۰
۳-۳-۲۳- محاسبه*LLWR* خاک شماره ۲۳ ..... ۱۰۲
۳-۳-۲۴- محاسبه *LLWR* خاک شماره ۲۴ ..... ۱۰۳
۳-۳-۲۵- محاسبه *LLWR* خاک شماره ۲۵ ..... ۱۰۵
۳-۳-۲۶- محاسبه *LLWR* خاک شماره ۲۶ ..... ۱۰۷
۳-۳-۲۷- محاسبه *LLWR* خاک شماره ۲۷ ..... ۱۰۸
۳۳-۲۸- محاسبه *LLWR* خاک شماره ۲۸ ..... ۱۱۰
۳-۳-۲۹- محاسبه *LLWR* خاک شماره ۲۹ ..... ۱۱۲
۳-۳-۳۰- محاسبه *LLWR* خاک شماره ۳۰ ..... ۱۱۴
۳-۳-۳۱- محاسبه *LLWR* خاک شماره ۳۱ ..... ۱۱۶
۳-۳-۳۲- محاسبه *LLWR* خاک شماره ۳۲ ..... ۱۱۸
۳-۳۳-مقایسه *LLWR* و *AWC* اندازه‌گیری شده در ۳۲ نوع خاک (۱۸۸نمونه خاک دست نخورده) ۱۲۱
۳-۴- برآورد ضرایب رطوبتی تعیین کننده و *LLWR* از مدلهای رگرسیونی چندگانه ۱۲۱
۳-۴-۱- برآورد رطوبت خاک در مقاومت مکانیکی خاک مگاپاسکال (θ*sr*) ۱۲۲
۳-۴-۲- - برآورد رطوبت خاک در نقطه پژمردگی دائم (θ*wp*) ۱۲۵
۳-۴-۳- برآورد رطوبت خاک در ظرفیت مزرعه (θ*fc*) ۱۲۶
۳-۴-۴- برآورد رطوبت خاک در تخلخل تهویه ای ۱۰ درصد (θ*afp*) ۱۲۹
۳-۴-۵- برآورد مستقیم *LLWR* از طریق ویژگی های خاک ۱۲۹
۳-۴-۶- برآورد *LLWR* به دو روش مستقیم و غیر مستقیم و مقایسه آن با *LLWR* تجربی ۱۳۱
۳-۵- برآورد ضرایب رطوبتی تعیین کننده و *LLWR* از مدل‌های رگرسیونی چندگانه برای خاک‌های گروه اول ($Db \geq 1/4 Mg/m^3$) ۱۳۳
۳-۵-۱- برآورد رطوبت خاک در مقاومت مکانیکی ۲ مگاپاسکال (θ*sr*) ۱۳۳
۳-۵-۲- برآورد رطوبت خاک در نقطه پژمردگی دائم (θ*wp*) ۱۳۵
۳-۵-۳- برآورد رطوبت خاک در تخلخل تهویه ای ۱۰ درصد (θ*afp*) ۱۳۶
۳-۵-۴- برآورد رطوبت خاک در ظرفیت مزرعه (θ*fc*) ۱۳۷
۳-۵-۵- برآورد مستقیم *LLWR* از طریق ویژگی های خاک($Db \geq 1/4\ Mg/m^3$) ۱۳۹
۳-۵-۶- برآورد *LLWR* به دو روش مستقیم و غیر مستقیم برای خاک‌های با چگالی ظاهری مساوی یا بزرگتر از ۱/۴ Mg/m^3 و مقایسه آن با*LLWR* تجربی ۱۴۱
۳-۶- برآورد ضرایب رطوبتی تعیین کننده و *LLWR* از مدل‌های رگرسیونی چندگانه برای خاک‌های گروه دوم ($Db < 1/4 Mg/m^3$) ۱۴۲
۳-۶-۱- برآورد رطوبت خاک در مقاومت مکانیکی ۲ مگاپاسکال (θ*sr*) ۱۴۲
۳-۶-۲- برآورد رطوبت خاک در نقطه پژمردگی دائم (θwp) ۱۴۳
۳-۶-۳- برآورد رطوبت خاک در تخلخل تهویه ای ۱۰ درصد (θ*afp*) ۱۴۳
۳-۶-۴- برآورد رطوبت خاک در ظرفیت مزرعه (θ*fc*) ۱۴۴

عنوان | فهرست مطالب | صفحه

۳-۶-۵- برآورد مستقیم *LLWR* از طریق ویژگی های خاک ($D_b < 1/4 Mg/m^3$) ۱۴۵

۳-۶-۶- برآورد *LLWR* به دو روش مستقیم و غیر مستقیم برای خاک‌های با چگالی ظاهری کوچکتر از ۱/۴ Mg/m^3 و مقایسه آن با *LLWR* تجربی ۱۴۵

۳-۷- برآورد ضرایب رطوبتی تعیین کننده و *LLWR* از مدل‌های رگرسیونی چندگانه برای خاک‌های گروه سوم ($Clay \geq ٪۲۰$) ۱۴۶

۳-۷-۱- برآورد رطوبت خاک در مقاومت مکانیکی ۲ مگاپاسکال (θsr) ۱۴۶

۳-۷-۲- برآورد رطوبت خاک در نقطه پژمردگی دائم (θwp) ۱۴۸

۳-۷-۳- برآورد رطوبت خاک در تخلخل تهویه ای ۱۰ درصد (θafp) ۱۵۰

۳-۷-۴- برآورد رطوبت خاک در ظرفیت مزرعه (θfc) ۱۵۰

۳-۷-۵- برآورد مستقیم *LLWR* از طریق ویژگی های خاک ($Clay \geq ٪۲۰$) ۱۵۲

۳-۷-۶- برآورد *LLWR* به دو روش مستقیم و غیر مستقیم *LLWR* برای خاک‌های با درصد رس مساوی یا بزرگتر از ۲۰٪ و مقایسه آن با *LLWR* تجربی ۱۵۴

۳-۸- برآورد ضرایب رطوبتی تعیین کننده و *LLWR* از مدل‌های رگرسیونی چندگانه برای خاک‌های گروه چهارم ($Clay < ٪۲۰$) ۱ ۱۵۵

۳-۸-۱- برآورد رطوبت خاک در مقاومت مکانیکی ۲ مگاپاسکال (θsr) ۱۵۵

۳-۸-۲- برآورد رطوبت خاک در نقطه پژمردگی دائم (θwp) ۱۵۶

۳-۸-۳- برآورد رطوبت خاک در تخلخل تهویه ای ۱۰ درصد (θafp) ۱۵۶

۳-۸-۴- برآورد رطوبت خاک در ظرفیت مزرعه (θfc) ۱۵۷

۳-۸-۵- برآورد مستقیم *LLWR* از طریق ویژگی های خاک ($Clay < ٪۲۰$) ۱۵۸

۳-۸-۶ برآورد*LLWR* به دو روش مستقیم و غیر مستقیم برای خاک‌های بادرصد رس کوچکتر از ۲۰٪ و مقایسه آن با *LLWR* تجربی ۱۵۸

۳-۹- برآورد ضرایب رطوبتی تعیین کننده و *LLWR* با استفاده از توابع انتقالی حاصل توسط داسیلوا و کی (۱۹۹۷) برای ۱۸۸خاک دست نخورده و مقایسه آن با *LLWR* تجربی ۱۶۰

۳-۱۰- نتیجه گیری کلی ۱۶۱

۳-۱۱- پیشنهادها ۱۶۲

واژه‌نامه ۱۶۳

منابع: ۱۶۶

مقدمه

مقدمه

ظرفیت آب قابل استفاده (AWC) خاک بین دو حد رطوبتی FC و WP تصور و توصیف شده است. حد بالای آب قابل استفاده که پس از خروج آب ثقلی حاصل می‌شود رطوبت ظرفیت مزرعه(FC) نام دارد. این حد رطوبتی متناسب با بافت خاک تغییر می‌کند. برای مثال خاکهای با بافت سبک در پتانسیل ماتریک ۵- تا ۱۰- کیلوپاسکال، خاکهای با بافت متوسط در پتانسیل ماتریک ۳۳- کیلوپاسکال و خاکهای دارای بافت ریز در پتانسیل ماتریک ۵۰- کیلوپاسکال به حد FC می‌رسند. لذا به طور متوسط برای تمامی خاک‌ها مقدار رطوبت در پتانسیل ماتریک ۳۳- کیلوپاسکال به عنوان FC در نظر گرفته می‌شود. حد پائین آب قابل استفاده در خاک نقطه پژمردگی دائمی (WP) نامیده می‌شود (ناچابه، ۱۹۹۸). در این حد رطوبتی گیاه پژمرده می‌شود و پژمردگی غیرقابل برگشت می‌باشد. مقدار رطوبت خاک در این نقطه در خاکهای مختلف در دامنه‌ای از پتانسیل‌های ماتریک ۱۰۰۰- تا ۲۰۰۰- کیلوپاسکال تغییر می‌کند. با توجه به اینکه اختلاف مقدار رطوبت نگه‌داری شده در محدوده این پتانسیل ماتریک کم است، مقدار رطوبت خاک در پتانسیل ماتریک ۱۵۰۰- کیلوپاسکال به عنوان WP پذیرفته شده است (برزگر، ۱۳۸۰). بنابراین میزان آب نگهداری شده در بین دو حد رطوبتی FC و WP آب قابل استفاده (AWC)می‌نامند (ناچابه،۱۹۹۸). در خاکهای غیر شور کشاورزی، در حالت غیر اشباع مولفه عمده پتانسیل آب، پتانسیل ماتریک است. لذا در این خاکها منظور از پتانسیل آب همان پتانسیل ماتریک است. رشد گیاه به پتانسیل آب خاک بستگی دارد و حداکثر آن، زمانی ممکن است که پتانسیل آب خاک بالا و نزدیک حد FC باشد. زمانی که پتانسیل آب خاک از حد آستانه بگذرد، رشد و عملکرد گیاه با کاهش محصول روبرو می‌شود. بنابراین برای هر گیاه یک حد آستانه رطوبتی یا پتانسیل آب وجود دارد که در فاصله بین FC و حد مذکور، گیاه بهترین شرایط رطوبتی را برای رشد دارد. آب نگهداری شده بین FC و حد آستانه به آب سهل الوصول (RAW) یا آب قابل استفاده واقعی مشهور است. در این تعریف فرض بر این است که در محدوده RAW، عامل محدود کننده دیگری برای رشد گیاه در خاک وجود ندارد. امّا در

شرایط خاصی دو عامل دیگر در محدودهRAW می‌توانند برای رشد گیاه محدودیت ایجاد کنند. این دو عامل عبارت از تهویه کافی و مقاومت مکانیکی خاک برای رشد و گسترش ریشه در خاک هستند (لتی،۱۹۸۵). در رطوبتFC (حد بالای RAW) که معادل مکش ۳۳کیلو پاسکال تلقی می‌شود در شرایطی که منافذ خاک بسیار ریز باشد غالب منافذ پر از آب باقی می‌مانند. بنابراین محدودیت تهویه برای ریشه به وجود می‌آید. برای اکثر گیاهان اگر تخلخل تهویه‌ای (تفاوت رطوبت اشباع و رطوبت معادل ۳۳ کیلو پاسکال) کمتر از۱۰ درصد باشد این مشکل پیش می‌آید. محدودیت دیگر به ویژه در خاک‌های فشرده با چگالی ظاهری بالا ایجاد می‌شود در این شرایط خاک علیرغم داشتن رطوبت کافی یک مقاومت مکانیکی بالایی دارد که ریشه نمی‌تواند در آن رشد و گسترش یابد. لتی (۱۹۸۵) دامنه رطوبتی بدون محدودیت (NLWR) را که در آن هیچگونه محدودیتی از نظر فراهم بودن رطوبت، تهویه و مقاومت مکانیکی برای رشد گیاه وجود نداشته باشد مطرح کرد. این دامنه با دو رطوبت شاخص به نام تخلخل تهویه‌ای (θ_{afp}) در حد بالا و رطوبت مقاومت خاک (θ_{sr}) در حد پائینی مشخص می‌شود ($NLWR=\theta_{afp}-\theta_{sr}$).مقدار θ_{afp} را در منابع مختلف (گرابل و زایمر، ۱۹۶۸، تورمنا و همکاران، ۱۹۹۴ و داسیلوا و همکاران، ۱۹۹۴) معادل ۱۰ درصد حجمی گرفته‌اند. مقدار θ_{sr} در منابع مختلف (تیلور و همکاران، ۱۹۶۶، داسیلوا و همکاران، ۱۹۹۴، داسیلوا و کی، ۱۹۹۷ و تورمنا و همکاران، ۱۹۹۴) معادل رطوبت حجمی خاک در مقاومت مکانیکی ۲ مگاپاسکال منظور شده است. به عبارت دیگر فرض بر این شده است که مادامی که رطوبت خاک به حدی تنزل نکند که مقاومت مکانیکی خاک به ۲ مگاپاسکال برسد، ریشه از نظر رشد و گسترش با مانع مقاومت مکانیکی در خاک مواجه نمی‌گردد.

در تعریف NLWR تنها پارامترهای پتانسیل ماتریک، تهویه و مقاومت خاک در نظر گرفته شده‌اند در حالی‌که عوامل محیطی و شرایط متغیر مزرعه‌ای دیگر نیز ممکن است بر رشد گیاه تاثیرگذار باشند. به همین دلیل با در نظر گرفتن تاثیر توام سایر عوامل به ویژه شرایط محیطی بر رشد گیاه به جای NLWR، داسیلوا و همکاران (۱۹۹۴) دامنه رطوبتی با حداقل محدودیت (LLWR) را ابداع و پیشنهاد کردند لذا LLWR محدوده‌ای از محتوای رطوبت در خاک است که در آن رشد گیاه در ارتباط با پتانسیل

آب، تهویه و مقاومت مکانیکی با کمترین محدودیت روبرو است. بنابراین محدوده LLWR اثرات توام تهویه، مقاومت مکانیکی و فراهم بودن آب در خاک برای رشد گیاه و عملکرد را در قالب یک پارامتر و به صورت کمی بیان می‌کند و در دهه اخیر مورد توجه فوق العاده‌ای قرار گرفته است. به کارگیری LLWR به عنوان شاخص تولید محصول بالقوه (بنجامین و همکاران، ۲۰۰۳) و شاخص کیفیت ساختمان خاک در مقیاس مزرعه‌ای برای ارزیابی سیستم‌های مدیریتی پیشنهاد شده است (کی و همکاران،۲۰۰۶).

دقت در توصیف و مفهوم LLWR نشان می‌دهد که این محدوده رطوبتی در واقع مشابه با محدوده RAW است که علاوه بر فراهم بودن آب، وضعیت تهویه در خاک و مقاومت مکانیکی خاک را نیز لحاظ می‌کند. تاکنون اثر متغیرهای مختلفی از جمله جرم مخصوص ظاهری، کربن آلی و بافت (درصد رس) بر LLWR نیز مطالعه شده است (داسیلوا و کی، ۱۹۹۷). در کنار این متغیرها اثر عوامل سیمانی‌کننده (ون‌دن برگ و همکاران، ۱۹۹۷) و CEC (اوزدمیر و همکاران، ۲۰۰۰) بر AWC نیز گزارش شده ولی اثر آنها بر LLWR بررسی نشده است. با توجه به اینکه LLWR مشابه با AWC شاخصی از فراهم بودن آب برای گیاه است، شناخت نحوهٔ تاثیر این عوامل بر LLWR از جنبه اعمال مدیریت صحیح و یا ارزیابی نوع مدیریت بر کیفیت خاک بسیار مفید و کاربردی خواهد بود.

حدود ۹۰ درصد مساحت ایران در شرایط اقلیمی خشک و نیمه خشک قرار دارد و بنابراین رطوبت خاک به ویژه در شرایط دیم، عامل مهم محدودکننده تولید محصول زراعی است بنابراین مشخص کردن LLWR در این خاک‌ها و مطالعه عوامل تاثیرگذار در آن بسیار مفید و ضروری می‌باشد. هدف این تحقیق مطالعه اثر سیمانی کننده‌های مختلف در خاک مانند اکسیدهای آهن و آلومینیوم و منگنز، آهک و کربن آلی بر LLWR در خاکهای اهر و هوراند در منطقه‌ای به طول جغراغیایی "۵۹ ‘۷۲ °۶۹ الی "۳۴ ‘۷۸ °۷۱ و عرض جغراغیایی "۵۰ ‘ ۷۷ °۴۲ الی " ۸۶ ‘۲۳ °۴۳، در استان آذربایجان شرقی بود. مشخص کردن محدوده‌ای از رطوبت خاک که حداقل محدودیت برای رشد گیاه را دارا باشد اطلاعات ارزشمندی را در مدیریت آب و خاک منطقه مورد مطالعه در اختیار ما قرار خواهد داد.

فصل اول

بررسی منابع

۱-۱- تهویه خاک

ظرفیت هوای خاک بخشی از تخلخل خاک است که خالی از آب بوده و از هوا پر شده و مقدار آن دائماً بر حسب رطوبت خاک تغییر می‌کند. علاوه بر این مقدار آن تابع ساختمان خاک نیز است. معمولاً هنگامی که آب زیرزمینی پائین بوده و خاک دارای بافت درشت است ظرفیت هوا زیاد می‌باشد (بای-بوردی، ۱۳۷۲). ریشه گیاهان در حین رشد در اثر تنفس، اکسیژن جذب کرده و در اثر فعالیت متابولیسمی دی‌اکسیدکربن و مقدار کمی اتیلن دفع می‌کنند. نیاز ریشه گیاهان به اکسیژن تقریباً برابر نیاز قسمتهای هوایی است. از طریق منافذ اشغال شده با هوا اکسیژن به طور مستمر از سطح خاک وارد خاک شده و به طرف ریشه گیاهان حرکت کرده و دی اکسید کربن نیز از ناحیه رشد به طرف اتمسفر جریان دارد. حرکت این دو گاز با مکانیزم انتشار از خلل و فرج پر از هوا می‌باشد. به استثنای ریشه گیاهان آب دوست مثل برنج، پنج دقیقه پس از قطع کامل اکسیژن رشد ریشه متوقف می‌شود (برزگر، ۱۳۸۰). البته پس از این مدت کوتاه، در صورت برقراری مجدد جریان اکسیژن رشد ریشه مجدداً شروع می‌گردد. ولی اگر شرایط غیر هوازی در خاک ادامه یابد رشد ریشه برای همیشه متوقف خواهد شد. حد بحرانی تخلخل تهویه‌ای (AFP) برای رشد ریشه غالب گیاهان ۱۰ درصد می‌باشد (تیلور و همکاران، ۱۹۶۶، داسیلوا و همکاران، ۱۹۹۴، داسیلوا و کی، ۱۹۹۷ و تورمنا و همکاران، ۱۹۹۴). تهویه خاک شامل دو بخش مربوط به منافذ بین خاکدانه‌ای و منافذ درون خاکدانه‌ای بوده و تابع اندازه خاکدانه‌ها و رطوبت خاک است. افزایش اندازه خاکدانه‌ها تهویه خاک را افزایش می‌دهد و در نتیجه انتشار اکسیژن از طریق منافذ درشت و پیوسته پر از هوا افزایش می‌یابد (برزگر، ۱۳۸۰). فعالیت‌های شیمیایی و بیوشیمیایی در شرایط غیرهوازی باعث تولید ترکیباتی مثل NO_2^-، Mn_2^+، Fe_2^+ و S می‌شود که برای ریشه گیاهان مضر هستند. افزون بر این، در شرایط غیرهوازی، ریشه گیاهان تولید موادی مانند اتانل و استالدهید می-کند که غلظت زیاد این مواد برای گیاهان سمی است (ویلد، ۱۹۸۸).

کاهش نرخ رشد ساقه ناشی از شرایط تهویه‌ای ضعیف در خاک توسط کانیل (۱۹۷۷) ون کرت و همکاران (۱۹۸۱) و احمد و کانوار (۱۹۹۱) گزارش شده است. آنها مشاهده کردند که شرایط تهویه ای

ضعیف باعث افزایش غلظت اتیلن در خاک و ریشه می شود. وضعیت تهویه در خاک‌ها اساساً تابع بافت و به ویژه ساختمان خاک است. به علت غالب بودن بخش منافذ درشت (قابل زهکشی پس از خیس شدن خاک) خاک‌های شنی نسبت به خاک‌های رسی تخلخل تهویه‌ای بیشتری دارند. خاک‌های لاتوسول هرچند رس زیاد دارند ولی چون ساختمان قوی دارند تخلخل تهویه‌ای آنها نیز زیاد است. ماده آلی خاک نیز تابعی از چگونگی تهویه خاک است. در خاکهای شنی در مناطق خشک تهویه زیاد سبب اکسیداسیون سریع ماده آلی و کاهش آن می‌گردد. می‌توان گفت هر چه قدر تهویه شدیدتر باشد مقدار ماده آلی کمتر است. با افزایش چگالی ظاهری خاک به دلیل کم شدن منافذ درشت خاک با محدودیت تهویه روبرو می-شود.

کمبود اکسیژن در خاک موجب عدم جذب آب توسط گیاه و سبب بروز خشکی فیزیولوژیکی می‌شود. بر عکس تهویه خاک در جذب عناصر غذایی تاثیر می‌گذارد. به نظر می‌رسد تهویه مهمترین عامل تعیین کننده عمق نفوذ و قوی بودن سیستم ریشه باشد (رفیع، ۱۳۵۹).

روش‌های متعددی برای اندازه‌گیری تخلخل تهویه‌ای و یا وضعیت تهویه در خاک وجود دارد که از جمله آنها می‌توان به روش پیکنومتر (برزگر، ۱۳۸۰) ،کروماتوگرافی (هیلل، ۱۹۸)، نفوذپذیری به هوا (گرور، ۱۹۵۶) اشاره کرد. جزئیات اندازه‌گیری در منابع مربوطه آمده است.

۱-۲- مقاومت مکانیکی خاک

مقاومت خاک در کشاورزی و مهندسی دارای اهمیت زیادی می‌باشد (برزگر، ۱۳۸۰). حداکثر تحمل خاک در برابر اعمال تنشهای مکانیکی بدون تغییر شکل و گسیختگی را مقاومت مکانیکی خاک می گویند. به عبارت دیگر مقاومت خاک، پایداری آرایش منافذ خاک در برابر تنشهای خارجی محسوب می‌شود (سوئن و ون اوور کرک، ۱۹۹۴) مقاومت خاک بر نیروی قابل تحمل به وسیله خاک، تراکم پذیری، قابلیت شخم، نفوذ ریشه و آب قابل استفاده گیاه اثر می‌گذارد. رابطه بین مقاومت مکانیکی خاک و محتوای رطوبت خاک یا پتانسیل آب خاک به عنوان منحنی مشخصه مقاومت مکانیکی خاک (SRC) در نظر گرفته می‌شود.

مقاومت خاکها را به روش‌های مختلفی می‌توان ارزیابی کرد. این روشها عبارت از برش مستقیم، برش سه محوری، پره برش، مقاومت کششی، مقاومت فرو سنجی، ضریب شکست و مقاومت خاکدانه‌ها هستند. مقاومت خاک در مزرعه را می‌توان با اندازه‌گیری فشار لازم در وارد کردن یک میله با سرعت ثابت اندازه‌گیری کرد. در اینجا در واقع مقاومت خاک اندازه‌گیری نمی‌شود، بلکه یک پارامتر که به مقاومت خاک بستگی دارد برآورد می‌شود. برای اندازه‌گیری مقاومت خاک از فروسنج خاک استفاده می‌کنند. نوک سوزن یا میله‌ای که وارد خاک می‌شود دارای اشکال متفاوتی به صورت مسطح و یا مخروطی است. در کشاورزی معمولاً از نوک مخروطی با زاویه ۳۰ درجه استفاده می‌شود و فروسنج مخروطی نام دارد (برزگر، ۱۳۸۰).

مقاومت خاک ناشی از پیوندهای اتصال دهنده ذرات درشت تر به ذرات رس از یک طرف و پیوند بین ذرات رس در خاک از طرف دیگر می‌باشد. این پیوندها شامل نیروهای وان دروالس و جاذبه بین سطوح با بار مخالف، مواد آلی مختلف و مواد سیمانی کننده غیر آلی می‌باشد. با افزایش درصد رطوبت خاک این پیوندها ضعیف می‌شود زیرا مولکول‌های آب با داشتن ضریب دی‌الکتریک بالا به عنوان عایق برای نیروهای الکترواستاتیک عمل می‌کند (برزگر، ۱۳۸۰). نیروی اتصال بین ذرات ممکن است در اثر وجود فشار منفی آب در منافذ موئینگی نیز ایجاد شود. معمولاً با افزایش رطوبت خاک مقاومت خاک به صورت نمایی کاهش می‌یابد. با افزایش درصد رس تعداد پیوند بین ذرات در واحد وزن خاک افزایش یافته و فضای بین ذرات سیلت و شن با درات رس پر شده و در نتیجه مقاومت خاک افزایش می‌یابد. این افزایش در رسهای ۲:۱ که انبساط پذیر هستند بیشتر است. این نوع رس‌ها دارای انعطاف و بار منفی بیشتر بوده و در نتیجه ذرات خاک را بیشتر به هم متصل می‌کنند و از این رو مقاومت کششی افزایش می‌یابد. برزگر و همکاران (a ۱۹۹۵) مقاومت کششی خاکها را با درصد یکسان ولی نوع رس متفاوت اندازه‌گیری کرده و نشان دادند که با افزایش درصد رس مونت‌موری‌لونیت مقاومت افزایش و با بالا رفتن درصد رس کائولینیت مقاومت کششی کاهش می‌یابد. با افزایش درصد سدیم تبادلی، رس پراکنده شده مکانیکی و خود به خودی افزایش یافته و در

نتیجه مقاومت کششی افزایش می‌یابد. با بالا رفتن شوری خاک، به علت هماوری ذرات رس و تشکیل دمین‌ها نقاط تماس بین ذرات کاهش یافته و در نتیجه مقاومت کششی کاهش پیدا می‌کند (برزگر و همکاران، a و b ۱۹۹۴، a ۱۹۹۵).

تر و خشک شدن باعث افزایش درز و شکاف شده و مقاومت کششی کاهش می‌یابد. هرچه درصد رس ۲:۱ بیشتر باشد درز و شکاف به وجود آمده در اثر تر و خشک شدن بیشتر می‌شود (دکستر، ۱۹۸۸).

مقاومت مکانیکی خاک با زمان و مکان تغییر می‌کند و به مقدار زیاد تحت تاثیر محتوای رطوبت یا پتانسیل آب و تغییرات آن در طول فصل رشد قرار می‌گیرد که ممکن است به عنوان قسمتی از تغییرات زمانی در مقاومت مکانیکی خاک در نظر گرفته شود (تو و کی، ۲۰۰۵).

اندازه‌گیری مقاومت مکانیکی در نمونه‌های خاک دست‌نخورده تحت خاک‌ورزی متفاوت نشان داد که منحنی SRC به خصوصیات خاک مانند بافت، کربن آلی و چگالی ظاهری بستگی دارد (داسیلوا و همکاران، ۱۹۹۷). بنابراین تغییر در این ویژگی‌های خاک نیز ممکن است به عنوان تغییرپذیری مکانی و بخشی از تغییرپذیری زمانی درSRC در نظر گرفته شود (تو و کی، ۲۰۰۵).

میرح و کت چسن (۱۹۷۲) و ورهیس و همکاران (۱۹۷۵) گزارش کردند که مقاومت فروسنجی خاک اغلب با D_b و محتوای رطوبت خاک مرتبط است. با این حال در خاکهای با ساختمان تک‌دانه-ای یا فشرده ممکن است بافت خاک بر مقاومت خاک تاثیرگذار باشد. این تاثیر از وجود رابطه رطوبت و D_b با بافت نیز قابل نتیجه گیری است (گوپتا و لارسون، ۱۹۷۹).

اسپیوی و همکاران (۱۹۸۶) اثر بافت بر مقاومت مکانیکی ۱۷ خاک جلگه‌ای را مورد بررسی قرار دادند. پس از اینکه نمونه‌ها در مکش ۱ بار به تعادل رسیدند مقاومت به نفوذ آنها اندازه‌گیری شد. نمونه‌ها هم به روش مکانیکی و هم به روش تحکیم فشرده شدند. مقاومت مکانیکی خاک در نمونه‌هایی که به روش تحکیم فشرده شدند با شن، رس و محتوای ماده آلی همبستگی معنی‌داری نشان داد. همبستگی مقاومت مکانیکی با شن مثبت و با رس و ماده آلی منفی بود. این یافته‌ها با مشاهدات قبلی گوپتا و

لارسون (۱۹۷۹) مغایر بود. اما نمونه‌هایی که به روش مکانیکی فشرده شده و به چگالی ظاهری ثابتی رسیدند همبستگی ضعیفی را بین کلاس اندازه ذرات و مقاومت مکانیکی نشان دادند با افزایش محتوای سیلت (۱۱-۲ درصد) مقاومت مکانیکی خاک نیز افزایش یافت (r^2= ۰٫۷). بنابراین اگر یک خاک با یک فشار ثابت و به یک حجم ثابت فشرده شود مقاومت مکانیکی آن با بافت خاک ارتباط پیدا می‌کند. فرایند تحکیم که به طور طبیعی فشردگی در آن در یک سرعت ثابت اتفاق می‌افتد یک مثال برای این وضعیت می‌باشد (اسپیوی و همکاران، ۱۹۸۶).

فرآیند سخت شدن خاک به خصوص در خاک‌های محتوی درصد بالای سیلت یا رس اتفاق می‌افتد (مولینس و همکاران، ۱۹۹۰). بررسی‌ها نشان دادند که خاکهای حاوی درصد بالای شن یا سیلت ریز نیز ممکن است درشرایط خشک بالاترین فروروی را نشان دهند. برای مثال این شرایط درخاکهای قرمز قهوه‌ای جنوب استرالیا حاکم می‌باشد. کوک رافت و مارتین (۱۹۸۱) و فرنچ (۱۹۸۱) نشان دادند علاوه بر بافت، عوامل سیمانی کننده قابل انحلال در آب نظیر کربناتها، هیدروکسیدهای فلزی و سیلیکای بی-شکل نیز باعث ایجاد مقاومت در خاک در طی فرایند خشک شدن خاک می‌گردند. به هر حال دو فرضیه مخالف دربارهٔ شرکت هیدروکسیدهای فلزی بر افزایش مقاومت خاک وجود دارد. کارترز و همکاران (۱۹۹۰) و فرانزمیر و همکاران (۱۹۹۶) افزایش مقاومت مکانیکی خاکهای سخت شونده جنوب استرالیا را به دلیل سیمانی شدن موقتی ناشی از تماس ذره به ذره توسط سیلیکای بی شکل و احتمالاً اکسیدهای آهن گزارش کردند. اما برور و شوراتمن (۱۹۹۹) مشاهده کردند که در دو خاک سخت شونده در جنوب کامرون با افزایش هیدروکسیدهای آهن و آلومینیوم مقاومت کششی خاک کاهش پیدا کرد. آنها کاهش مقاومت کششی خاک را به دلیل خاکدانه‌سازی قوی‌تر تفسیر کردند. بعداً یونگ وهمکاران (۱۹۹۱)، هارپروگیلکس (۱۹۹۴) و چان هولوتال (۱۹۹۹) دلیل فرآیند سخت شدن خاک را کاهش محتوای مادهٔ آلی خاک عنوان کردند که به دلیل تغییر کاربری اراضی از چراگاه گسترده به کشاورزی مفرط و یا اعمال خاک‌ورزی نامناسب می‌باشد.