استفاده از پارامترهای تراکم محصور برای تخمیین دامنه رطوبتی با حداقل محدودیت

لادن حیدری [۱]، حسین بیات [۲]، زینب زنگنه بیغش [۱]
۱-دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه بوعلی سینا همدان، ۲-استادیار گروه خاکشناسی دانشگاه بوعلی سینا همدان

چکیده
دامنه رطوبتی با حداقل محدودیت (LLWR) دامنه‌ای از رطوبت خاك است که در آن رشد گیاه در ارتباط با مکش ماتریك، تهویه و مقاومت مکانیکی خاك با کمترین محدودیت روبه‌رواست. همچنین LLWR یکی از خصوصیات مهم برای ارزیابی ساختمان خاک است که اندازه‌گیری آن مشکل و وقت‌گیر است. تراکم خاک از جمله شاخص‌های نشان دهنده تخریب ساختمان فیزیکی خاک می‌باشد که به صورت افزایش در جرم مخصوص ظاهری خاک یا کاهش تخلخل تعریف می‌شود.بسیاری از ویژگی‌های موثر بر تراکم محصور همان ویژگی و عوامل تعیین کننده و تاثیر گذار بر LLWR می‌باشند. ۲۴ نمونه خاک دست نخورده از استان آذربایجان غربی جمع‌آوری گردید و منحنی رطوبتی، منحنی مقاومت و منحنی تراکم محصور اندازه‌گیری شد. توانایی هریک از پارامترهای تراکم محصور در بهبود تخمین LLWR به کمک مدل‌های رگرسیونی ارزیابی گردید. LLWRتحت تاثیر تراکم قرار می‌گیرد. بنابراین استفاده از پارامترهای تراکم محصور باعث بهبود تخمیین LLWR گردید.

واژه های کلیدی: تراکم محصور، دامنه رطوبتی با کمترین محدودیت، توابع انتقالی

مقدمه
دامنه رطوبتی با حداقل محدودیت [۱۸۲](LLWR) دامنه‌ای از مقدار رطوبت خاك است که در آن رشد گیاه در ارتباط با تهویه، مقاومت مکانیکی و مکش آب خاك با کمترین محدودیت مواجه بوده و در خارج از این دامنه، محدودیت‌ها از نظر دسترسی گیاه به آب افزایش می‌یابد (داسیلوا وهمکاران، ۱۹۹۴). کی و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند که LLWR شاخص مفیدی برای ارزیابی کیفیت ساختمان خاك در مقیاس مزرعه‌ای برای ارزیابی سیستم‌های مدیریتی همچنین شاخصی مفید برای تولید بالقوه محصول ، برنامه‌ریزی‌های آبیاری و تصمیم‌های خاکورزی (نوع و عمق شخم) است (بنجامین و همکاران، ۲۰۰۳) .چنانچه به دنبال یک مدیریت خاص، LLWR در یک خاك افزایش یابد و یا کاهشی در مقدار نداشته باشد نشان دهنده مناسب بودن مدیریت است و کاهش این شاخص به این مفهوم است که قدرت تولید خاك کاهش یافته و عملیات مدیریتی نامناسب می‌باشد (زو وهمکاران، ۲۰۰۰). بنابراین بسته به اهمیت LLWR و دشواری‌های اندازه‌گیری آن و از آنجایی که اندازه‌گیری این پارامتر کاری زمان بر و سخت است به همین علت روش‌های غیر مستقیم در تخمین LLWR ترجیح داده می‌شود. یکی از این روش‌ها توابع انتقالی(PTFs)[۱۸۳] خاک است که داده‌های دیر یافت را از داده‌های زودیافت برآورد می‌کنند (مانریکووهمکاران، ۱۹۹۱).

با توجه به عوامل موثر بر پارامترهای تراکم محصور مانند مقاومت فروروی، چگالی ظاهری، تخلخل، مکش آب خاک که چندین ویژگی فیزیکی هستند که در مشخصه تراکم خاک استفاده می‌شوند به خوبی می‌توان این موضوع را دریافت که بسیاری از ویژگی‌های موثر بر پارامترهای تراکم محصور همان ویژگی‌ها و عوامل تعیین کننده و تاثیر گذار بر LLWRهستند. نفوذپذیری، تخلخل، چگالی ظاهری و مقاومت فروروی خاک عوامل کنترل کننده LLWRهستند (داسیلوا و کی، ۱۹۹۴).منحنی تراکم محصور و LLWR (که با استفاده از منحنی مقاومت و منحنی رطوبتی به‌دست می‌آید) وابستگی شدیدی به توزیع اندازه منافذ خاک و ساختمان خاک دارند. دکستر و همکاران(۲۰۰۸) بیان کردند که منحنی نگهداری آب خاک[۱۸۴](SWRC) با ساختمان خاک ارتباط دارد. سوان و ون اورکرک (۱۹۹۴) نیز گزارش کردند که منحنی تراکم تابعی از ساختمان خاک است.پس این فرضیه مطرح می‌شود که مقدار LLWRخاک را می‌توان از پارامترهای تراکم محصور پیش بینی کرد.

احتمال می‌رود که بنا به دلایل فوق بهره‌گیری از این پارامترها باعث بهبود در برآورد LLWR گردد.تاکنون تحقیقات اندکی در مورد تخمین مستقیم LLWR با استفاده از خصوصیات خاک صورت گرفته است.هدف از این پژوهش بررسی اندازه بهبود صحت برآورد مستقیم LLWR در اثر افزودن ویژگی‌های فیزیکو_شیمیایی متعدد و پارامترهای تراکم محصور در مکش‌های مختلف، به عنوان تخمین گر در مدل‌های رگرسیونی است.

مواد و روش‌ها
نمونه برداری و خصوصیات خاک‌ها

[۱۸۲]. Least limiting water range
[۱۸۳] Pedotransfer functions.
[۱۸۴].Soil water retention curve

برای انجام این پژوهش نمونه برداری از ۲۴ منطقه مختلف از استان آذربایجان غربی صورت گرفت. نمونه‌های دست نخورده با استفاده از سیلندرهای فلزی به قطر ۳/۵ و ارتفاع ۵/۴ سانتی متر برای تعیین منحنی رطوبتی، منحنی مقاومت، وزن مخصوص ظاهری خاک و منحنی فشردگی محصور جمع آوری شدند. خاک‌های مورد استفاده در این تحقیق دارای بافت متوسط تا درشت هستند.

اندازه‌گیری رطوبت در ظرفیت زراعی (θ_{FC}) و نقطه پژمردگی دایم خاک (θ_{PWP}) به ترتیب در مکش ۱۰۰ و ۱۵۰۰۰ سانتی متر توسط دستگاه صفحات فشاری، و رطوبت در مقاومت فروروی دو مگا پاسکال () از مدل رگرسیون بوسچر (۱۹۹۰) و رطوبت در تخلخل تهویه‌ای ۱۰ درصد (θ_{AFP}) از رابطه $\theta_{AFP} = \theta_S - 0.1$ تعیین گردیدند. مقدار LLWR از روی چهار رطوبت ذکر شده و روابط ارایه شده توسط داسیلوا و همکاران (۱۹۹۴) محاسبه گردید.

آزمایش فشردگی محصور در درون سیلندر صلب توسط پیستون متحرک به سمت پایین متراکم شد و تنش روی پیستون و تغییر حجم به طور پیوسته ثبت شد. این آزمایش بر روینمونه‌های دست نخورده که از دستگاه صفحات فشاری در مکش ۱۰۰، ۶۰ سانتی متر خارج و رطوبت آن تعیین می‌شود اندازه‌گیری گردید.

گام‌های ساخت توابع

در این پژوهش از مدل‌های رگرسیون چندگانه خطی برای اشتقاق PTFهای دامنه رطوبتی با کمترین محدودیت استفاده شد. مدل رگرسیونی با دو متغییر ورودی لای به شن و رس (PTF۱)به عنوان مدل پایه انتخاب شد (جدول ۲). چون معروف‌ترین تخمین‌گرها در PTFها در روش‌های مختلف (رگرسیون، شبکه عصبی و مدیریت گروهی داده‌ها) اطلاعات بافتی و وزن مخصوص ظاهری می‌باشند (هاز، ۱۹۶۷ و شیپ، ۱۹۷۸). از سوی دیگر اطلاعات بافتی به سادگی قابل اندازه گیری بوده و یا در دسترس می باشند. بنابراین در سطح اول از لای به شن و رس به‌عنوان تخمین‌گر استفاده و سایر سطوح با آن مقایسه شدند. بر پایه ترکیبات متفاوت از متغییرهای ورودی ۶ مدل اصلی برای برآورد LLWR تشکیل شد (جدول ۲). خصوصیات مکانیکی خاک تحت تاثیر شرایط رطوبتی مختلف قرارمی‌گیرد. همچنین خصوصیات مکانیکی خاک در شرایط رطوبتی متفاوت تاثیر متفاوتی را بر ساختمان خاک و در نتیجه LLWR ایجاد می‌کند.

بنابراین در این پژوهش از پارامترهای تراکم در مکش‌های مختلف جهت تخمیین LLWR استفاده شد.برای بررسی درستی توابع انتقالی از آماره ریشه میانگین مربعات خطا[۱۸۵] (RMSE)، معیار اطلاعات آکایک[۱۸۶] (AIC) (آکایک، ۱۹۷۴) وضریب تبیین[۱۸۷] (R^2)بهره‌گیری شد.

نتایج و بحث

ویژگی‌های آماری کلیه متغییرهای مورد استفاده برای تخمیین LLWRدر این پژوهش در جدول شماره ۱ نشان داده شده است.

مکش(cm)	پارامتر	میانگین	انحراف استاندارد	حداقل	حداکثر	مکش (cm)	پارامتر	میانگین	انحاف استاندارد	حداقل	حداکثر
		۲۲۶/۳									
	Pc	۸	۲۹/۰۴	۱۷۰	۲۷۵		Pc	۲۱۴/۴۴	۱/۱۰$^{-۲}$	۶۳/۱	۴۷۸/۶
۶۰	Cc	۰/۳۹	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۷۵	۱۰۰	Cc	۰/۵۲	۰/۱۶	۰/۱۰	۱/۰۰
	Cs	۰/۰۰۹	۰/۰۰۵	۰/۰۰	۰۲/۰		Cs	۰/۰۰۹	۰/۰۰۵	۰/۰۰	۰/۰۲
	(%)Si/S	۱/۱۵	۰/۶۸	۰/۱۷	۲/۶۴		MWD(mm)	۰-/۱۰	۰/۵۷	۱-/۰۰	۰/۸۸
	(%)Clay	۱/۰۰	۰/۱۹	۰/۶۱	۱/۴۲		(%)OC	۱/۷۷	۰/۴۰	۱/۰۱	۲/۳۸
	$CaCO_۳$	۷/۲۵	۲/۱۵	۴/۰۳	۱۴/۴ ۳		CEC((meq/۱۰۰g	۱۰/۵۴	۵/۸۹	۰/۶۵	۲۳/۷۰
	LLWR	۱۱/۰	۰۷/۰	۰۰/۰	۳۰/۰						

جدول۱- ویژگی‌های آماری متغییرها

pc: تنش پیش تراکمی، Cc: شاخص تراکم، Cs: شاخص تورم، Si/S: نسبت لای به شن، Clay: رس، MWD: میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها،OC : کربن آلی، CEC: گنجایش تبادل کاتیونی، $CaCO_۳$: کربنات کلسیم

[۱۸۵]. Root mean square error
[۱۸۶]. Akaike information criterion
[۱۸۷].Coefficient of determination

مقایسه دقت PTFهای ایجاد شده برای برآورد LLWRبا استفاده از خصوصیات تراکم در مکش ۶۰ و ۱۰۰

PTF۱: در گام نخست از ویژگی‌های پایه خاک (سیلت/ شن و رس) به عنوان تخمین‌گر برای برآورد LLWRبهره‌گیری و به عنوان مدل پایه در این پژوهش انتخاب شد (جدول ۲). در این مرحله پارامترهایی که به عنوان تخمین‌گر استفاده شدند در ارتباط با بافت خاک هستند. برونیک و لال (۲۰۰۵) بیان کردند که با افزایش رس در خاک ساختمان خاک نیز بهبود خواهد یافت. هر چند دامنه رطوبتی با حداقل محدودیت نیز در ارتباط با ساختمان خاک است، ولی استفاده تنها از این دو متغیر تخمین‌های مناسبی را ایجاد نکرد.با مقایسه PTF۱ نسبت به PTFهای ایجاد شده، PTF۱ نسبت به سایر PTFها دارای AICبیشتر و R۲کمتر است(جدول ۲).این نتایج نشان می‌دهد که تنها اطلاعات بافت خاک برای تخمین LLWRکافی نیست.

PTF۲: در این مرحله تنش پیش تراکمی، شاخص تراکم و شاخص تورم به همراه ویژگی‌های پایه‌ای به عنوان برآوردگر وارد مدل شدند. افزودن این برآوردگرها موجب بهبود معنی دار برآورد LLWR نسبت به مدل پایه گردید. یکی از دلایل تخمین مناسب توسط پارامترهای تراکم محصور همبستگی مناسب بین LLWR با شاخص‌های برگرفته از منحنی تراکم (تنش

مکش	PTF	R^2	RMSE(cm/h)	AIC	ورودی مدل
۶۰	PTF_1	۰/۰۰۹	۰/۰۶۹	-۱۲۶/۰۶	(%)si/s+clay
	PTF_2	۲۲/۰	۰۶۱/۰	۰۳/۱۳۲-*	si/s+clay(%)+Pc +Cc+Cs
	PTF_3	۰/۳۲	۰/۰۵۷۴	-۱۳۵/۱۱*	si/s+clay(%)+Pc +Cc+Cs +mwd+OC
	PTF_4	۰/۲۵	۰/۰۶۰۴	-۱۳۲/۶۶*	si/s+clay(%)+Pc +Cc+Cs + CaCO۳
	PTF_5	۰/۳۵	۰/۰۵۵۹	-۱۳۶/۳۶*	si/s+clay(%)+Pc +Cc+Cs+CEC
	PTF_6	۰/۴۹	۰/۰۴۹۵	-۱۴۲/۱۹*	si/s+clay(%)+Pc +Cc+Cs +mwd+OC+ $CaCO_3$+CEC
۱۰۰	PTF_1	۰/۰۰۹	۰/۰۶۹	-۱۲۶/۰۶	(%)si/s+clay
	PTF_2	۳۰/۰	۰۵۸/۰	۲۸/۱۳۴-*	si/s+clay(%)+Pc +Cc+Cs
	PTF_3	۰/۳۷	۰/۰۵۵۰	-۱۳۷/۰۲*	si/s+clay(%)+Pc +Cc+Cs +mwd+OC
	PTF_4	۰/۳۵	۰/۰۵۶۱	-۱۳۶/۲۶*	si/s+clay(%)+Pc +Cc+Cs + CaCO۳
	PTF_5	۰/۳۸	۰/۰۵۵۱	-۱۳۷/۱۲*	si/s+clay(%)+Pc +Cc+Cs+CEC
	PTF_6	۰/۵۴	۰/۰۴۷۳	-۱۴۴/۴۳*	si/s+clay(%)+Pc +Cc+Cs +mwd+OC +$CaCO_3$+CEC

جدول ۱-متغیرهای ورودی مدل‌ها و آماره‌های ارزیابی صحت برآورد PTFهای ایجاد شده برایLLWR

پیش تراکمی، شاخص تراکم و شاخص تورم) است.در این مرحله بهره‌گیریاز تنش پیش تراکمی و شاخص تورم به همراه ورودی‌های دیگر موجب کاهش معنی‌دار AIC و افزایش R۲ نسبت به مدل پایه شد (جدول ۲). شاخص LLWRبراساس منحنی رطوبتی و مقاومت تعیین می‌گردد. اثر این پارامترها بر روی LLWR را می‌توان با بررسی همبستگی این پارامترها بر روی ساختمان خاک، منحنی رطوبتی و منحنی مقاومت مطالعه کرد. دامنه رطوبتی با حداقل محدودیتوابسته به بافت و ساختمان خاک است و هر عاملی که بر ساختمان خاک تاثیر بگذارد بر LLWR تاثیر می‌گذارد. ساختمان و منافذ خاک بر تراکم محصور و مولفه‌های آن یعنی تنش پیش تراکمی، شاخص تورم، و شاخص تراکم اثر می‌گذارند. در طی فشردگی کاهش LLWR صورت می‌گیرد.چان (۲۰۰۵) گزارش کرد که در اثر عبور چرخمقدار LLWRبه صفر کاهش پیداخواهد کرد. در نتیجه در طی فشردگی کاهش LLWR یک فاکتور تاثیر گذار در منحنی فشردگی محصور است.بنابراین تراکم و شاخص‌های مربوط به آن بر روی رطوبت باقیمانده، تخلخل، چگالی ظاهری و مقاومت فروروی موثر هستند. بنا به دلایل فوق بهره‌گیری از پارامترهای تراکم محصور باعث بهبود برآورد LLWRنسبت به مدل پایه و PTF۲ گردید.

PTF۳: در PTF۳از پارامترهای تراکم محصور در مکش‌های ۶۰ و ۱۰۰به همراه کربن آلی و میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها به عنوان برآوردگر برای LLWRبهره‌گیری شد. بهره‌گیری از این برآوردگرها باعث کاهش معنی‌دار AIC و افزایش R۲نسبت بهمدل پایه و PTF۲ گردید (جدول ۳). تجدا و گونزالس (۲۰۰۶) گزارش کردند که مواد آلی دارای چگالی ظاهری کمتر و تخلخل بیشتری نسبت به مواد معدنی بوده و در نتیجه مخلوط کردن آن‌ها با خاک معدنی ممکن است وزن مخصوص ظاهری و تخلخل خاک را بهبود بخشیده (همزا و اندرسون، ۲۰۰۵) و باعث افزایش LLWRمی‌گردد.همچنین میانگین وزنی قطر خاکدانه‌هاشاخصی برای ارزیابی ساختمان خاک است (پیر مرادیان و همکاران، ۲۰۰۵). LLWR نیز شاخصی برای ارزیابی ساختمان خاک و تحت تاثیر ساختمان خاک است.

جدول۳-مقایسه میانگین آماره اکایک برای PTFهای ایجاد شده با استفاده از پارامترهای تراکم در مکش‌های مختلف با استفاده از آزمون دانکن(٪۵)

مکش		PTF_1	PTF_2	PTF_3	PTF_4	PTF_5	PTF_6
۱۰۰	۶۰	۰۶/۱۲۶-^{a}	۵۹/۱۳۲-^{b}	۷۲/۱۳۵-^{c}	۰۷/۱۳۴-^{b}	۱۹/۱۳۶-^{c}	۳۵/۱۴۲-^{d}

حروف متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی دار بین PTFهای ایجاد شده است

PTF۴: در این سطح از پارامترهای تراکم محصور و کربنات کلسیم جهت برآورد LLWR بهره‌گیری شد. با مقایسه بین PTF۳ و PTF۴،PTF ۳ دارای AIC منفی‌تر و R۲ بیشتر نسبت به مدل پایه و PTF۴است. همچنین تفاوت معنی‌داری بین PTF۴با PTF۲که از پارامترهای تراکم به تنهایی استفاده شده استوجود ندارد (جدول ۳).این نتایج نشان می‌دهد که کربنآلی و میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها با توجه به مطالب ذکر شده در فوق نسبت به کربنات کلسیم برآوردگرهای بهتری جهت برآورد LLWR هستند. همچنین وجود کربنات کلسیم پیوند بین ذرات را محکم‌تر کرده و باعث افزایش مقاومت مکانیکی خاک شده و حد پایینی LLWRرا افزایش می‌دهد در نتیجه باعث کاهش LLWR می‌گردد (نصرتی، ۱۳۸۸).

PTF۵: بهره‌گیری از CEC به همراه پارامترهای تراکم محصور به عنوان برآوردگر موجب بهبود معنی‌دار در برآورد LLWR شد. براند و تیسیر (۲۰۰۰) منحنی رطوبتی را در طیف وسیعی از رس‌های آهکی و یا اشباع شده با کلسیم بررسی و بیان کردند که ویژگی رطوبتی از یک خاک رسی به خاک دیگر متفاوت بوده و به مقدار رس، CEC، توزیع اندازه ذرات و تنش هیدرولیکی بستگی دارد. بنابراین احتمالا به دلیل تاثیر گذاری CEC بر منحنی رطوبتی استفاده از CEC باعث بهبود در برآورد LLWRگردید. استفاده از CEC به عنوان برآوردگر بهبود معنی‌داری را نسبت به PTF۳، که از پارامترهای تراکم محصور در مکش‌های ۶۰ و ۱۰۰ به همراه کربن آلی و میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها به عنوان برآوردگر استفاده شد، ایجاد نکرد. با اینکه بین PTF۳ و PTF۵تفاوت معنی‌داری وجود نداشت اما PTF۵نسبت به AIC، PTF۳ منفی‌تری داشت. این نتایج نشان می‌دهد که CECبه تنهایی در مقایسه با ماده آلی و میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها که در PTF۳به عنوانبرآوردگر استفاده شده است، برآوردگر بهتری است. همچنین با مقایسه PTF۵نسبت به PTF۴ نتایج نشان می‌دهد که PTF۵دارای AIC منفی‌تر و R۲بیشترنسبت به PTF۴است بنابراین برآوردگر اثر معنی‌داری نسبت به مدل پایه و PTF۴بر بهبود برآورد LLWRداشت (جدول ۲ و ۳). این نتایج نشان می‌دهد که CEC نسبت به کربنات کلسیم برآوردگر بهتری برای LLWRاست.

PTF۶: با توجه به مطالب گفته شده استفاده از این ورودی‌ها در این سطح باعث بهبود معنی‌دار در برآورد LLWR نسبت به PTFهای دیگر شد.

نتیجه‌گیری

افزودن پارامترهای تراکم محصور در مکش‌های مختلف باعث بهبود معنی دار معیارهای ارزیابی صحت مدل‌ها مانند RMSE، R۲ و AIC گردید. افزودن پارامترهای فیزیکو-شیمیایی متعدد همراه با پارامترهای تراکم محصور به مدل پایه آماره‌های یاد شده را به طور معنی داری بهبود بخشید. اثر مولفه‌های منحنی فشردگی محصور بر بهبود LLWR نشان دهنده ارتباط نزدیک منحنی فشردگی محصور با منحنی رطوبتی و مقاومت خاک می‌باشد. روی هم رفته بهره‌گیری از پارامترهای تراکم به عنوان برآوردگر برای تخمین LLWR پیشنهاد می‌شود.

منابع

Bengamin, J.G., Nielsen, D.C. and Vigil, M.F. ۲۰۰۳. Quantifying effects of soil conditions on plant growth and crop production. Geoderma ۱۱۶, ۱۳۷-۱۴۸.

Brund, A. and Tessier. D. ۲۰۰۰. watrer retention propertice of the clay in soils developed on clayey sediments: significance of parent material and soil history.European journal of Soil Science.۵۱:۶۷۹-۶۸۸.

Baumgartl,Th. And Kock,B. ۲۰۰۴. Modeling volum Change and Mechanical Properties with Hydraulic Models. Soil Sci Soc Am J. ۶۸:۵۷-۶۵

Busscher WJ, ۱۹۹۰. Adjustment of flat-tipped penetrometer resistance data to a common water content. Trans ASAE ۳۳: ۵۱۹-۵۲۴.

Chan, K.Y., Oates, A., Swan, A.D., Hayes, R.C., Dear, B.S., Peoples, M.B., ۲۰۰۵. Agro-nomic consequences of tractor wheel compaction on a clay soil. Soil Till. Res. ۵۴,۱-۹.Clement

Culley J.L.B. and Larson W.E., ۱۹۸۷. Susceptibility to compression of a clay loam Haplaquoll", Soil Sci. Soc. Am. J., ۵۱, ۵۶۲-۵۶۷

Dexter, A.R., Czyz, E.A., Richard, G. and Reszkowska, A. ۲۰۰۸. A User-Friendly Water Retention That Takes Account of the Textural and Structural Pore Spaces in Soil. Geoderma, ۱۷۷-۱۷۸: ۶۳-۷۱.

Da Silva, A. P. and Kay, B. D. ۱۹۹۷. Estimating least limiting water range of soils from properties and management. Soil Science Society of America Journal. ۶۱: ۸۷۷-۸۸۳.
Hamza, M. and Anderson, W. ۲۰۰۵. Soil compaction in cropping systems: a review of the nature, causes and possible solutions. Soil Tillage Research۸۲: ۱۲۱-۱۴۵.
Haise, H. R., Haas, H. J. and Jensen, L. R., ۱۹۵۵. Soil moisture studies of some Great Plains soils. II. Field capacity as related to ۱/۳-atmosphere percentage, and minimum point as related to ۱۵- and ۲۶-atmosphere percentage. Soil Science Society of America Proceedings. ۱۹: ۲۰-۲۵.
Kay, B.D., M.A Hajabbasi, J. Ying, and M. Tollenaar. ۲۰۰۶. Optimum versus nonlimiting water contents for root growth, biomass accumulation, gas exchange and the rate development of maize. Soil Till. Res. ۸۸: ۴۲-۵۴.
Manrique L. A. Jones C. A. and Dyke P. T. ۱۹۹۱. Predicting cation-exchange capacity from soil physical and chemical properties. Soil Science Society of America Journal, ۵۰(۳): ۷۸۷-۷۹۴.
Pirmoradian, N., Sepaskhah, A.R., and M.A.Hajabbasi. ۲۰۰۵. Application of fractal theory to quantify soil aggregate stability as influenced by tillage treatments. Biosystems Engin. ۹۰(۲): ۲۲۷-۲۳۴.
Soane, B.D., P.S. Blackwell, J.W. Dickson and D.J. Painter. ۱۹۸۱. Compaction by agricultural vehicles: a review. I: Soil and wheel characteristics. Soil Till. Res. ۱: ۲۰۷-۲۳۷.
Tejada, M and Gonzalez. J. ۲۰۰۶. The relatiinships betweenThe relationships between erodibility and erosion in a soil treated with two organic amendments" soil and tillage Research. ۹۱:۱۸۶-۱۹۸.
Zou, G., Sands, R., Buchan, G. And Hudson, I. ۲۰۰۰. Least limiting hwater range: A potential indicator of soil physical quality of forest soil. Aust. J. Soil Res. ۳۸: ۹۴۷-۹۵۸.

Abstract

Least limiting water range (LLWR), is the range of the soil water content at which plant growth is limited in relation to water potential, aeration and mechanical resistance of the soil. LLWR is one of the important characteristics of the soil and also is a soil structure identifier Its measurement is difficult and time-consuming.Soil compactionis an index ofsoil structuredestruction which can be shown by increasing or decreasing soil bulk density and porosity, respectively.Estimation of LLWR using the confined compression parameters has not been reported, so far. Manycharacteristicsaffect both of confined compression andLLWR. Since, the measurement of the confined compression curve is relatively quick and simple, therefore it can be used to estimate LLWR. ۲۴ soil samples were taken from West Azarbayjan and soil water retention curve, soil strength characteristic curve and confined compression curve were measured. Improving LLWR by regression models using confined compression parameters as predictors was evaluated. LLWRwas affected by confined compression curve parameters. So the use of confined compression parameters as estimators improved the estimation of the LLWR.