جنگل و فرآورده‌های چوب، مجلهٔ منابع طبیعی ایران
دورهٔ ۷۰، شمارهٔ ۱، بهار ۱۳۹۶
ص ۱۰۳-۱۱۰

دانشکده منابع طبیعی
دانشگاه تهران

برآورد رطوبت زراعی و رطوبت نقطهٔ پژمردگی با استفاده از برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی در خاک‌های جنگلی

سمیه سلگی[۱]، علی صالحی[۲*]، حسن پوربابائی[۳]، محمود شعبانپور[۴]، سید جلیل علوی[۵]

۱. دانشجوی دکتری، گروه جنگلداری، دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران
۲. دانشیار، گروه جنگلداری، دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران
۳. استاد، گروه جنگلداری، دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران
۴. دانشیار، گروه خاک‌شناسی، دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه گیلان، رشت، ایران
۵. استادیار، گروه جنگلداری، دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۷/۳۰، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۰/۱۴

چکیده

حد رطوبت زراعی (FC) و حد رطوبت نقطهٔ پژمردگی (PWP) در محاسبهٔ مقدار آب قابل دسترس و به‌طور کلی مقدار آب مورد نیاز گیاه استفاده می‌شوند. تعیین دقیق این حدود به‌طور معمول وقتگیر است و امکانات لازم برای این کار نیز در همهٔ آزمایشگاه‌ها یافت نمی‌شود. بنابراین با تخمین این حدود از روی برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، می‌توان اطلاعات مفیدی از توانایی نگهداری رطوبت خاک به‌دست آورد. در این پژوهش نمونه‌های خاک از منطقهٔ گیسوم در استان گیلان تهیه شد و پس از انتقال به آزمایشگاه، توزیع اندازهٔ ذرات، درصد مواد آلی، اسیدیته، جرم مخصوص ظاهری، جرم مخصوص حقیقی، رطوبت زراعی و رطوبت نقطهٔ پژمردگی اندازه‌گیری شد. رابطهٔ رطوبت زراعی و رطوبت نقطهٔ پژمردگی با سایر خصوصیات خاک به کمک روش‌های رگرسیون یک‌متغیره و چندمتغیره بررسی شد. نتایج نشان داد که رطوبت زراعی با درصد مادهٔ آلی و درصد ماسهٔ خاک رابطهٔ قوی و معنی‌دار دارد ($r=0/80$ و سطح معنی‌داری ۱ و ۵ درصد). همچنین رطوبت نقطهٔ پژمردگی با درصد سیلت و درصد مادهٔ آلی، رابطهٔ معنادار داشت ($r=0/57$ و سطح معنی‌داری ۵ درصد). به‌طور کلی نتایج گویای آن است که برای برآورد رطوبت زراعی و رطوبت نقطهٔ پژمردگی خاک این مناطق، می‌توان از سایر ویژگی‌های خاک که اندازه‌گیری آنها به‌نسبت ساده‌تر است استفاده کرد.

واژگان کلیدی: آب قابل استفادهٔ گیاه، رطوبت خاک، روش‌های رگرسیونی، نقطهٔ پژمردگی.

مقدمه

میزان رطوبت خاک از عوامل مهم و اساسی در استقرار، پراکنش و میزان رشد گونه‌های مختلف درختی است و برای برنامه‌ریزی و مدیریت بهینهٔ توده‌های درختی طبیعی و جنگلکاری‌ها، اطلاع از میزان ذخیرهٔ رطوبت در دسترس خاک بسیار ضروری است. خاک‌های مختلف مقادیر متفاوتی از آب را در خود نگه می‌دارند و مهم‌ترین عوامل در میزان رطوبت خاک؛ بافت، میزان و توزیع اندازهٔ منافذ و مواد آلی خاک است [۱]. رطوبت در دسترس، مقدار رطوبتی است که بین دو حد رطوبت خاک در رطوبت زراعی و رطوبت نقطهٔ پژمردگی قرار می‌گیرد [۲]. رطوبت خاک در رطوبت زراعی حد بالای آب قابل استفاده بوده و مقدار آبی است که پس از

* نویسندهٔ مسئول، تلفن: ۰۹۱۱۱۳۸۷۷۳۴، فاکس: ۰۱۳۴۴۳۲۳۶۰۰
Email: asalehi@guilan.ac.ir

خروج آب ثقلی در خاک نگهداری می‌شود. رطوبت نقطهٔ پژمردگی حد پایینی آب قابل استفاده است و اعتقاد بر این است که گیاه در آن به‌طور برگشت‌ناپذیری دچار تنش خشکی و پژمردگی می‌شود. حد رطوبت زراعی، اغلب تنها به ویژگی‌های خاک بستگی دارد، اما حد رطوبت نقطهٔ پژمردگی، گذشته از ویژگی‌های خاک، به نوع گونه، تراکم سیستم ریشه‌ای و وضعیت اقلیمی نیز وابسته است [۳]. بدین ترتیب اگر همهٔ این عوامل اندازه‌گیری شوند، برآورد رطوبت نقطهٔ پژمردگی بسیار مشکل و وقتگیر خواهد بود. با توجه به اهمیت ویژگی‌هایی چون رطوبت زراعی و رطوبت نقطهٔ پژمردگی و نقش آنها در حل مسائل مدیریتی آب و خاک، اندازه‌گیری و تعیین آنها اجتناب‌ناپذیر است. اندازه‌گیری مستقیم این ویژگی‌ها به‌دلیل هزینه‌های زیاد، وقتگیر بودن و نیاز به تجهیزات آزمایشگاهی، بسیار دشوار است [۴]. با توجه به مشکلات اندازه‌گیری مستقیم این ویژگی‌ها، روش‌های غیرمستقیم در سال‌های اخیر لحاظ شده‌اند.

برای تعیین حد رطوبت زراعی از روش‌هایی چون روش مزرعه‌ای، روش سانتریفیوژ و روش صفحهٔ فشاری [۳]، و برای تعیین حد رطوبت نقطهٔ پژمردگی از روش‌هایی مانند استفاده از گیاه آفتاب‌گردان و روش صفحهٔ فشاری [۳] می‌توان استفاده کرد. همان‌گونه که در بالا اشاره شد، این روش‌ها اغلب به وسایل و تجهیزات مشخص و گران‌قیمت نیاز دارند یا بسیار وقتگیرند؛ بنابراین برخی از پژوهشگران سعی کرده‌اند مقادیر رطوبت زراعی و رطوبت نقطهٔ پژمردگی را با استفاده از مدل‌های مختلف تخمین بزنند [۱، ۵،۶]. به این‌منظور از سه نوع مدل فیزیکی، رگرسیونی و فیزیکی تجربی می‌توان استفاده کرد. مدل‌های رگرسیونی برای تعیین رطوبت زراعی خاک کاربرد بیشتری دارند [۷]. گوپتا و لارسون (۱۹۷۹) رطوبت زراعی ۱۳ نمونه خاک را در پتانسیل‌های ماتریک مختلف، از طریق رگرسیون چندمتغیره و با استفاده از مقادیر ماسه، سیلت، رس، مواد آلی و جرم مخصوص ظاهری خاک تخمین زدند و نتیجه گرفتند که همبستگی مقادیر واقعی رطوبت و مقادیر پیش‌بینی‌شدهٔ آن زیاد است. مدل به‌دست‌آمده از این ۱۳ نمونه خاک برای ۶۱ نمونه خاک دیگر ایالت میسوری آزمون شد و نشان داد که پیش‌بینی خوبی از مقدار آب دارد [۸]. اپینو و نوادیالو (۱۹۹۴) با استفاده از ۲۰ نمونه خاک از سه منطقهٔ نیجریه، از طریق رگرسیون چندمتغیره رطوبت قابل استفادهٔ خاک را تخمین زدند. درصد سیلت و رس عوامل واردشده به مدل بود. این مدل، آب قابل استفاده را با اطمینان ۹۵ درصد پیش‌بینی کرد [۹]. دی‌جونگ و شیلدز (۱۹۸۸) براساس اطلاعات موجود از آب قابل استفاده در برخی از خاک‌های کشور کانادا، نقشهٔ مربوط به آب قابل استفاده این خاک‌ها را به‌دست آوردند [۱۰]. تعیین این نقشه بر اساس تعیین رطوبت قابل استفاده از روی کلاس بافت خاک صورت گرفت. این پژوهشگران معتقدند که کاربرد این مدل‌ها محدود به خاک‌های غیرشور است، زیرا ممکن است پتانسیل اسمزی تأثیر مهمی در تعیین آب قابل استفادهٔ گیاه داشته باشد. کرن با استفاده از اطلاعات موجود از رطوبت زراعی و سایر خصوصیات، نقشهٔ رطوبت زراعی خاک را برای سراسر ایالات متحدهٔ آمریکا تعیین کرد [۱۱]. افیونی و همکاران (۱۹۹۳) گزارش کردند که عامل اصلی برای تخمین رطوبت زراعی و آب قابل استفادهٔ گیاه در خاک، مقدار رس خاک است [۱]. مانریک و همکاران (۱۹۹۱) نشان دادند که همبستگی مقدار آب در نقطهٔ رطوبت زراعی با درصد رس، بیش از درصد سیلت بوده و ارتباطی خطی بین مقدار رطوبت زراعی و ریشهٔ دوم درصد رس موجود است. همچنین درصد ماسه با درصد رطوبت زراعی رابطهٔ معکوس داشت [۱۲]. افیونی و همکاران در بررسی خود همچنین به رابطهٔ بین رطوبت زراعی و رطوبت نقطهٔ پژمردگی با اسیدیته پرداختند، اما رابطهٔ معنی‌داری بین متغیرهای بررسی‌شده نیافتند [۱].

امرسون (۱۹۹۵) گزارش کرد که با افزایش مادهٔ آلی در علفزارها، مقدار رطوبت در رطوبت زراعی و رطوبت نقطهٔ

پژمردگی افزایش می‌یابد [۱۳]. امرسون و همکاران (۱۹۹۵) نشان دادند که صرف‌نظر از مقدار رس، با افزایش مقدار کربن آلی، رطوبت زراعی در اثر تشکیل ژل‌های حاصل از تجزیهٔ بقایای آلی و ترشحات میکروبی، افزایش می‌یابد [۱۴]. وو و همکاران (۱۹۹۰) ویژگی‌های نگهداری رطوبت را به توزیع اندازهٔ ذرات، توزیع اندازهٔ خلل‌وفرج و توزیع اندازهٔ خاکدانه‌ها مربوط دانستند [۷]. این پژوهشگران عقیده دارند نسبت توزیع اندازهٔ ذرات به توزیع اندازهٔ منافذ و خاکدانه‌ها در تعیین قدرت نگهداری رطوبت خاک بسیار مهم است. بررسی منابع مختلف نشان می‌دهد که امکان ارائهٔ مدلی واحد، برای بیان رابطهٔ خواص فیزیکی و شیمیایی خاک با رطوبت زراعی و رطوبت نقطهٔ پژمردگی وجود ندارد، و این ارتباط همان‌گونه که در منابع فوق نشان داده شده است به مکان مورد بررسی بستگی دارد.

هدف از تحقیق حاضر تعیین مدل‌هایی برای پیش‌بینی رطوبت زراعی (FC) و رطوبت نقطهٔ پژمردگی (PWP) از روی برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک است که در منطقهٔ گیسوم در استان گیلان انجام گرفته است. این منطقه تحت پوشش جنگلکاری گونه‌های مختلف و به‌خصوص صنوبر است. همان‌گونه که ذکر شد اندازه‌گیری حدود رطوبت زراعی و رطوبت نقطهٔ پژمردگی، به‌دلیل دسترسی نداشتن به دستگاه‌های مورد نیاز از قبیل دستگاه صفحهٔ فشاری و همچنین پیچیده بودن اندازه‌گیری‌های مزرعه‌ای، به‌طور روزمره صورت نمی‌گیرد. از سوی دیگر، خواصی چون توزیع اندازهٔ ذرات، درصد مواد آلی، جرم مخصوص ظاهری و جرم مخصوص حقیقی خاک به‌طور روزمره در اغلب آزمایشگاه‌های خاک‌شناسی اندازه گرفته می‌شود. بنابراین وجود مدل‌هایی برای تخمین رطوبت زراعی و رطوبت نقطهٔ پژمردگی ضروری است و می‌تواند راهکار مناسبی برای پیش‌بینی به‌نسبت دقیق در برآورد میزان رطوبت خاک باشد که در میزان رویش صنوبرها اهمیت بسیار دارد.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه

پژوهش حاضر در صنوبرکاری‌های منطقهٔ گیسوم که از گونهٔ *Populus deltoides* کلن ۶۹/۵۵ بوده و با فاصلهٔ کاشت ۴×۳ در سال ۱۳۶۴ کاشته شده، صورت گرفته است. خاک منطقه از تیپ خاک‌های گلی (Gley) بوده و رطوبت خاک زیاد است و آب به حالت ایستابی وجود دارد. زهکشی متوسط تا ضعیف است و پدیدهٔ هیدرومورفی در منطقه دیده می‌شود. این منطقه تقریباً بدون شیب و مسطح بوده و متوسط بارندگی براساس داده‌های ایستگاه هواشناسی پیلمبرا ۱۳۶۵/۸ میلی‌متر در سال و متوسط و حداقل درجهٔ حرارت سالیانه به‌ترتیب ۱۹/۷ و ۱۱/۱ درجهٔ سانتی‌گراد است.

روش پژوهش

در این تحقیق به‌منظور جمع‌آوری اطلاعات با توجه به موضوع پژوهش، ۲۶ نمونه خاک از قطعات نمونه با ابعاد ۲۰ ×۲۰ متر در قالب طرح تصادفی برداشت شدند. در داخل هر قطعه نمونه، نمونه‌برداری از عمق ۲۰-۰ سانتی‌متر خاک صورت گرفت و برای نیل به این هدف پنج نمونه خاک از پنج نقطه در داخل هر قطعه نمونه (چهار گوشه و وسط) برداشت شد و یک نمونهٔ مرکب که معرف نمونهٔ خاک هر قطعه نمونه بود به‌دست آمد [۱۵]. در گام نخست نمونه‌ها در هوای آزاد و دور از تابش مستقیم نور آفتاب خشک شده و کلیهٔ ریشه‌های قابل جداسازی از نمونه‌ها خارج شدند. سپس نمونه‌ها کوبیده شده و از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند. بافت خاک به‌روش هیدرومتری بایکاس، و رطوبت زراعی و رطوبت نقطهٔ پژمردگی با استفاده از دستگاه صفحهٔ فشاری تعیین شد. درصد کربن آلی نیز با روش والکلی و بلک تعیین و برای تبدیل آن به درصد مادهٔ آلی، از ضریب ۱/۷۲۴ استفاده شد. pH نمونه‌های خاک با استفاده از دستگاه pHمتر الکتریکی اندازه‌گیری شد [۱۶]. پس از بررسی نرمال بودن داده‌ها، بین هر یک از حدود رطوبتی و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی اندازه‌گیری‌شدهٔ خاک‌ها، ابتدا رگرسیون ساده و سپس

چندمتغیره صورت گرفت. رگرسیون سادهٔ خطی یک ابزار آماری است که در آن به بررسی رابطهٔ یک متغیر مستقل (پیش‌بین) و یک متغیر وابسته پرداخته می‌شود. حال اگر تعداد متغیرهای مستقل در این رابطهٔ خطی بیش از یک عدد شود، مدل رگرسیون، خطی چندگانه نامیده می‌شود. تجزیه‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخهٔ ۲۲ انجام گرفت.

نتایج و بحث

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نمونه خاک‌های مورد بررسی در جدول ۱ ارائه شده است. به‌طور کلی انواع متفاوتی از نمونه‌های خاک بررسی شده‌اند که در سایر خصوصیات با هم متفاوت‌اند.

مدل برآورد رطوبت زراعی

ابتدا همبستگی سادهٔ خطی بین درصد جرمی رطوبت خاک در رطوبت زراعی و رطوبت نقطهٔ پژمردگی با خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک تعیین شد (جدول ۲). نتایج نشان داد که بین درصد رطوبت خاک در رطوبت زراعی و عوامل درصد ماسه، درصد سیلت (در سطح ۵ درصد) و درصد مادهٔ آلی (در سطح ۱ درصد) همبستگی معنی‌دار وجود دارد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، رطوبت زراعی با درصد رس، pH، جرم مخصوص حقیقی و جرم مخصوص ظاهری ارتباط معنی‌دار ندارد.

معادلهٔ چندمتغیره نهایی برای تخمین رطوبت زراعی (FC)، پس از ورود دو متغیر به مدل، به‌صورت زیر (معادلهٔ ۱) است:

$$FC = ۳۴/۷۶۳ + ۱/۷۶۸ OM\% - ۰/۲۰۱ Sand\% \quad r = ۸۰/۰ \qquad (۱)$$

OM%: درصد مادهٔ آلی

Sand%: درصد ماسه

r: ضریب همبستگی

در جدول ۳ نتایج تجزیهٔ واریانس برای مدل رطوبت زراعی ارائه شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، درصد مادهٔ آلی و درصد ماسه بر رطوبت زراعی تأثیر معنی‌دار داشته است (F=۲۰/۹ ، معنی‌دار در سطح ۱ درصد).

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی اندازه‌گیری‌شدهٔ خاک‌های مورد بررسی

مشخصه	ماسه (٪)	سیلت (٪)	رس (٪)	مادهٔ آلی (٪)	pH	جرم مخصوص ظاهری (درصد)	جرم مخصوص حقیقی (درصد)	رطوبت زراعی (درصد)	رطوبت نقطهٔ پژمردگی (درصد)
حداقل	۲۳/۲	۳۳/۷	۳۸/۶	۳/۱	۵/۴	۱/۷	۲/۱	۳۴/۶	۲۱/۲
حداکثر	۳۲	۳۴/۶	۴۱/۹	۴/۸	۵/۷	۱/۸	۲/۱	۳۷/۶	۲۵/۹
میانگین	۲۶/۲	۳۴	۳۹/۸	۳/۹	۵/۶	۱/۷	۲/۱	۳۶/۵	۲۲/۸
انحراف معیار	۶/۹	۳	۵/۸	۰/۹	۰/۴	۰/۲	۰/۱	۲/۲	۲/۵

جدول ۲. نتایج همبستگی خطی ساده بین درصد رطوبت خاک در رطوبت زراعی و رطوبت نقطهٔ پژمردگی با برخی ویژگی‌های خاک

مشخصه	رطوبت زراعی	رطوبت نقطهٔ پژمردگی
درصد ماسه	$-۰/۴۵^{*}$	$-۰/۳۲^{ns}$
درصد سیلت	$۰/۴۳^{*}$	$۰/۴۴^{*}$
درصد رس	$۰/۳۱^{ns}$	$۰/۱۶^{ns}$
درصد مادهٔ آلی	$۰/۵۲^{**}$	$۰/۴۰^{*}$
pH	$-۰/۳۶^{ns}$	$-۰/۱۵^{ns}$
جرم مخصوص ظاهری	$-۰/۳۱^{ns}$	$۰/۲۹^{ns}$
جرم مخصوص حقیقی	$-۰/۱۸^{ns}$	$۰/۲۱^{ns}$

^{ns}، * و ** به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد

جدول ۳. نتایج تجزیهٔ واریانس مدل نهایی رگرسیون چندمتغیرهٔ رطوبت زراعی

منبع	درجهٔ آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	آمارهٔ فیشر	سطح معنی‌داری
مدل	۲	۷۶/۹	۳۸/۵	۲۰/۹**	۰/۰۰۰
خطا	۲۳	۴۲/۳	۱/۸		

** معنی‌دار در سطح ۱ درصد

گونهٔ صنوبر دلتوئیدس به‌طور وسیعی در مناطق مختلف استان‌های شمالی کشور و به‌خصوص مناطق جلگه‌ای گیلان کشت شده است. این گونه در دامنهٔ وسیعی از شرایط خاکی رشد خوبی دارد، اما در مناطق مختلف تمایزات اکولوژیکی متفاوتی از خود بروز می‌دهد [۱۷] که سبب تولید متفاوت در مناطق مختلف می‌شود. براساس مشاهدات صحرایی و هم‌چنین گزارش‌های صالحی و همکاران (۲۰۱۲) [۱۸]، گوناگونی در میزان رشد قطری و ارتفاعی در یک گونه و یک کلن یکسان که حتی با فواصل یکسان هم کشت شده‌اند در مناطق مختلف، مشخص بوده است. به‌نظر می‌رسد یکی از دلایل اختلاف تولید در مناطق مختلف، میزان رطوبت زراعی و رطوبت نقطهٔ پژمردگی باشد. این همبستگی را با تمایل صنوبر به اکسیژن کافی و میزان معینی رطوبت می‌توان توجیه کرد که باید برای برنامه‌ریزی و مدیریت پایدار جنگل‌ها ارزیابی دقیق‌تری انجام گیرد.

براساس اطلاعات کتابچهٔ طرح جنگلکاری، خاک این منطقه جزء خاک‌های غیرشور محسوب می‌شود. بنابراین استفاده از مدل‌های تخمین حدود رطوبتی برای این خاک‌ها، با توجه به اندک بودن سهم پتانسیل اسمزی در قابلیت استفادهٔ آب خاک، امکان‌پذیر است [۱۰]. بررسی همبستگی‌های ساده نشان می‌دهد که درصد رطوبت زراعی، با بیش از یک عامل همبستگی معنی‌دار دارد، بنابراین استفاده از یک مدل چندمتغیره، تخمین دقیق‌تری از درصد رطوبت زراعی ارائه می‌کند. این عمل از طریق رگرسیون چندمتغیرهٔ مرحله به مرحله صورت گرفت و مشخص شد که درصد مادهٔ آلی و درصد ماسه به‌ترتیب وارد مدل می‌شود و همبستگی مدل چندمتغیره افزایش می‌یابد. به‌طورکلی نتایج رگرسیون مرحله به مرحله نشان می‌دهد که ورود عوامل بیشتر به معادله، تخمین دقیق‌تری از رطوبت زراعی به‌همراه دارد. در مدل برآورد رطوبت زراعی از بین پارامترهای مورد بررسی، درصد مادهٔ آلی بیشترین همبستگی را دارد. این همبستگی‌ها با یافته‌های پژوهشگران دیگر مطابقت دارد [۱۲-۱۴]. به‌نظر می‌رسد که همبستگی زیاد رطوبت زراعی با مادهٔ آلی، در اثر تشکیل ژل‌های حاصل از تجزیهٔ بقایای آلی و ترشحات میکروبی با افزایش مقدار مادهٔ آلی باشد.

مدل برآورد رطوبت نقطهٔ پژمردگی

نتایج همبستگی‌های ساده خطی بین درصد رطوبت خاک در نقطهٔ پژمردگی، با هر یک از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول ۲ نشان می‌دهد که رطوبت نقطهٔ پژمردگی با درصد سیلت و درصد مادهٔ آلی همبستگی معنی‌دار (در سطح ۵ درصد) دارد و با درصد ماسه، درصد رس، pH، جرم مخصوص ظاهری و جرم مخصوص حقیقی ارتباط معنی‌دار ندارد.

با استفاده از رگرسیون چندمتغیرهٔ مرحله به مرحله و ورود متغیرها به مدل تخمین رطوبت نقطهٔ پژمردگی، ملاحظه شد که به‌ترتیب با ورود درصد سیلت و درصد مادهٔ آلی به مدل، همبستگی مدل چندمتغیره افزایش می‌یابد. مدل چندمتغیرهٔ نهایی برای تخمین رطوبت نقطهٔ پژمردگی (PWP)، پس از ورود متغیرها در معادلهٔ ۲ آمده است:

$$PWP = ۶/۸۶۳ + ۰/۳۴۱Silt\% + ۱/۰۹۴OM\% \qquad r = ۰/۵۷ \qquad (۲)$$

در جدول ۴ تجزیهٔ واریانس رگرسیون برای مراحل بالا نشان داده شده است. نتایج تجزیهٔ واریانس در جدول ۴ نشان می‌دهد که درصد سیلت و درصد مادهٔ آلی بر رطوبت نقطهٔ پژمردگی تأثیر معنی‌دار داشته است (F=۵/۶، معنی‌دار در سطح ۱ درصد)، بنابراین مدل ارائه‌شده دارای قدرت پیش‌بینی است.

جدول ۴. نتایج تجزیهٔ واریانس مدل نهایی رگرسیون چندمتغیرهٔ رطوبت نقطهٔ پژمردگی

منبع	درجهٔ آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	آمارهٔ فیشر	سطح معنی‌داری
مدل	۲	۵۱/۹	۲۵/۹	۵/۶ **	۰/۰۱۰
خطا	۲۳	۱۰۵/۶	۴/۶		

** معنی‌دار در سطح ۱ درصد

رطوبت نقطهٔ پژمردگی با درصد سیلت و درصد مادهٔ آلی همبستگی معنی‌دار (در سطح ۵ درصد) دارد و بیشترین همبستگی مربوط درصد سیلت است، که با نتایج امرسون و همکاران (۱۹۹۴) مشابهت دارد [۱۴]. در مورد رطوبت نقطهٔ پژمردگی نیز مانند رطوبت زراعی، بیش از یک متغیر دارای همبستگی معنی‌دار است و بنابراین، استفاده از رگرسیون چندمتغیرهٔ مرحله به مرحله اجتناب‌ناپذیر است تا تخمین دقیق‌تری از رطوبت نقطهٔ پژمردگی به‌دست آید. براساس نتایج تحقیقات متعدد [۲۰،۱۹] صنوبرها در مناطق دارای رطوبت و زهکشی مناسب خاک، بافت متعادل و خاک‌های دارای عناصر غذایی متعادل مناسب‌ترین رشد را دارند.

نتیجه‌گیری

به‌طور خلاصه می‌توان گفت اگرچه پتانسیل ۱۵۰۰- کیلوپاسکال به‌صورت قراردادی حد رطوبت نقطهٔ پژمردگی نام گرفته است، این حد، علاوه بر خاک، به نوع گیاه و اقلیم نیز بستگی دارد و برای یک خاک مشخص نمی‌توان یک عدد واقعی ثابت ارائه کرد. از طرف دیگر، حد رطوبت زراعی عدد واقعی‌تری است که برای یک خاک مشخص تقریباً ثابت است. در پژوهش حاضر از رگرسیون خطی ساده و چندگانه برای بررسی روابط استفاده شد و نتایجی پذیرفتنی نیز به‌دست آمد. بنابراین می‌توان گفت که با صحت و برآورد زیاد می‌توان مدل ارائه‌شده برای تخمین رطوبت زراعی (معادلهٔ ۱) را در منطقهٔ تحقیق استفاده کرد.

رطوبت زراعی و رطوبت نقطهٔ پژمردگی دو ویژگی مهم در برآورد رطوبت در دسترس گیاهان‌اند. از این‌رو با توجه به اهمیت و ارزش اقتصادی صنوبرکاری‌ها، به‌خصوص در مناطق جلگه‌ای شمال کشور و به‌ویژه استان گیلان، و از طرف دیگر تأثیر رطوبت زراعی و رطوبت نقطهٔ پژمردگی در رشد و کیفیت آنها و وقتگیر بودن و نبود امکانات اندازه‌گیری رطوبت زراعی و رطوبت نقطهٔ پژمردگی، با تخمین این حدود از روی برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مهم خاک، که در عین حال اندازه‌گیری آنها به‌نسبت ساده‌تر است، می‌توان اطلاعات مفیدی از توانایی نگهداری رطوبت خاک به‌دست آورد و با انتخاب محل‌هایی با مقدار رطوبت مناسب برای صنوبرکاری به تولید کمی و کیفی بیشتر دست یافت.

References

[1]. Afyuni, M.M., Cassel, D.K., and Robarge, W.P. (1992). Effects of landscape position on soil water and corn silage yield. Soil Science Society of America Journal, 57(6): 1573-1580.

[2]. Alizadeh, A. (2006). Soil, water, plant relationship. Astane Ghodse Razavi press, Mashhad.

[3]. Klute, A. (1986). Water retention: Laboratory method. In: A. Klute (Ed.), Methods of Soil Analysis. Part 1: Physical and mineralogical Methods. America Society of Agron- Soil Science. Society of America, Madison, 9: 635-662.

[4]. Wosten, J.H.M., Pachepsky, Y.A., and Rawls, W.J. (2001). Pedotransfer functions: bridging the gap between available basic soil data and missing soil hydraulic characteristics. Journal of Hydrology, 251: 123-150.

[5]. Peterson, G.W., Cunningham, R.L., and Matelski, R.L. (1968). Moisture characteristics of *Pennsylvania* soil. I. Moisture retention as related to texture. Soil Science Society of America Journal, 32(2): 271-275.

[6]. Rawls, W.J., Brakensiek, D.L., and Saxton, K.E. (1982). Estimation of soil water properties. American Society of Agricultural and Biological Engineers, Transactions of the ASA, 25(5): 1316-1320.

[7]. Wu, L., Vomocil, J.A., and Childs, S.W. (1990). Pore size, particle size and aggregate size and water retention. Soil Science Society of America Journal, 54(4): 952-956.

[8]. Gupta, S.C., and Larson, W.E. (1979). Estimating soil water retention characteristics from particle size distribution, organic matter percent and bulk density. Water Resources Research, 15(6): 1633-1637.

[9]. Epebinu, O., and Nwadialo, B. (1993). Predicting soil water availability from texture and organic matter content for Nigerian soils. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 24 (7&8): 633-640.

[10]. De Jong, R., and Shields, J.A. (1988). Available water holding capacity maps of Alberta, Saskatchewan and Manitoba. Canadian Journal of Soil Science, 68(1): 157-163.

[11]. Kern, J.S. (1995). Geographic pattern of soil water-holding capacity in the contiguous United States. Soil Science Society of America Journal, 59(4): 1126-1133.

[12]. Manrique, L.A., Jones, C.A., and Dyke, P.T. (1991). Predicting soil water retention characteristics from soil physical and chemical properties. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 22 (17&18): 1847-1860.

[13]. Emerson, W.W. (1995). Water retention, organic C and soil texture. Australian Journal of Soil Research, 33(2): 241-251.

[14]. Emerson, W.W., Foster, R.C., Tisdall, J.M., and Weissmann, D. (1994). Carbon content and bulk density of an irrigated natrixeralf in relation to three root growth and orchard management. Australian. Journal of Soil Research, 32(5): 939-951.

[15]. Guilemette, T., and DesRochers, A. (2008). Early growth and nutrition of hybrid poplars fertilized at planting in the boreal forest of western Quebec. Forest Ecology and Management, 255(7): 2981-2989.

[16]. Jafari Haghighi, M. (2003). Methods of Soil Analysis. Nedaye Zoha press, Tehran.

[17]. Sayad, A., and Hossini, S.M. (2006). Compare the supply and return nutrients in pure and mixed plantations of Poplar and Alnus subcordata. Iranian Journal of Environmental studies, 31:(38): 93-102.

[18]. Salehi, A., Maleki, M., Shabanpour, M., and Basiri, R. (2012). Effect of soil physical properties and groundwater level on qualitative and quantitative characteristics of poplar plantations in West of Guilan province (Case study: Guisum region). Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 20(1): 38-49.

[19]. Sagheb Talebi, Kh. (1996). Evaluation of forestry pure and mixed Alnus, sempervirens and poplar Avramykn on river deposits Mashlk. Iranian Journal of Research and development, 30: 100-103.

[20]. Kelly, J.M., and Ericsson, T. (2003). Assessing the nutrition of juvenile hybrid poplar using Steady state technique and a mechanistic model. Forest Ecology and Management, 180(1-3): 249-260.

Estimation of soil moisture at field capacity and permanent wilting point based on some physical and chemical properties in forest soils

S. Solgi; PhD Student, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmehsara, I.R. Iran

A. Salehi*; Assoc. Prof., Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmehsara, I.R. Iran

H. Pourbabaei; Prof., Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmehsara, I.R. Iran

M. Shabanpour; Associate Prof., Department of Soil Sciences, Faculty of Agricultural, University of Guilan, Rasht, I.R. Iran

S. J. Alavi; Assist. Prof., Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor, I.R. Iran

(Received: 22 October 2015, Accepted: 4 January 2016)

ABSTRACT

Field capacity and permanent wilting point are used to calculate the amount of available water and generally the amount of water required by plants. Determination of these parameters usually takes much time and on the other hand there is not enough equipment for their analysis in all of the laboratories. Therefore, estimating of some soil physical and chemical properties can provide useful information to obtain the ability of hold moisture by soils. In this study, soil samples from area of Gysvm in Guilan province were taken and transferred to the laboratory and, particle size distribution, organic matter content, pH, particle density, bulk density, FC and PWP were measured. The correlation of FC and PWP with other soil properties was analyzed by using the univariate multiple regressions. The results showed that FC had significant and strong relationship with organic matter and the amount of sand ($r=0.8$, $p < 0.01$ and $p <0.05$). In addition, PWP showed significant relationship with silt and organic matter $r=0.57$, $p < 0.05$). In general, the results showed that for estimation of FC and PWP in this area or similar places, the other soil characteristics, which can be evaluated easier, can be used.

Keywords: Available water plant, Soil moisture, Regression methods, Permanent wilting point.

* Corresponding Author, E-mail: asalehi@guilan.ac.ir, Tel: 09111387734