کارپذیری خاک، شاخصی اصلی در تعیین کارآمدی مکانیزاسیون کشاورزی

محمدباقر لک

کارشناس‌ارشد مکانیزاسیون کشاورزی، *mbagherlak@yahoo.com*

مقدمه

خاک محیطی طبیعی است جهت حفظ و رشد نباتات که نتیجه اثرات عوامل محیطی نظیر اقلیم (اثر درجه حرارت و رطوبت)، ماکرو و میکرو ارگانیزم‌ها و توپوگرافی در طول زمان بر روی مواد معدنی ناپیوسته قشر سطحی پوسته زمین است. بدین سبب خاک از لحاظ بسیاری از خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی با موادی که از آن ناشی می-شود متفاوت است (محمودی و حکیمیان، ۱۳۷۹). از دیدگاه فیزیکی، خاک یک سیستم سه قسمتی شامل فازهای جامد، مایع و گاز است. فاز جامد خاک مجموعه بسیار پیچیده‌ای از مواد آلی و معدنی می‌باشد که ترتیب قرار گرفتن این ذرات، کمیت و کیفیت آن‌ها، خصوصیاتی از قبیل تخلخل، ساختمان، و وزن مخصوص ظاهری را تعیین می‌کند (شهیدی و احمدی‌مقدم، ۱۳۸۴). شاخص‌های فیزیک خاک مانند چگالی ظاهری، را می‌توان به‌عنوان معیار حرکت آب خاک، تخلخل، و کارپذیری خاک استفاده کرد. بطوریکه ظرفیت نگهداری آب در خاک را می‌توان برای استنباط فراهم بودن و ذخیره آب به‌کار برد (Onduru et al, 2008).

خاک‌ورزی

خاک‌ورزی را می‌توان بعنوان دستکاری مکانیکی خاک به‌منظور بهبود شرایط آن برای تولید محصول تعریف کرد (Olatunji and Davies, 2009). خاک‌ورزی باعث تغییراتی در ساختمان خاک می‌شود و اگر در زمان انجام خاک-ورزی خاک بسیار مرطوب باشد، تغییر ساختمان خاک زیان‌آور خواهد بود (Muller et al, 2003). مشکلات تراکم ممکن است با کاهش عملیات یا انجام اصلاحاتی بر چرخ یا شنی ماشین کشاورزی کاهش یابد، امّا زمان‌بندی دقیق عملیات زراعی برای حفظ کیفیت ساختمان خاک لازم است (Grieve, 2001) زیرا مقدار آب خاک در طول خاک-ورزی می‌تواند تأثیر زیادی بر خصوصیات خاک و خاک‌ورزی داشته باشد (Arvidsson and Bolenius, 2005). بنابراین، کارپذیری عاملی مهم در انجام عملیات زراعی می‌باشد، به‌ویژه پس از وقوع بارندگی که کارپذیری ضعیف منجر به تأخیر در عملیات کاشت، داشت، برداشت، و حمل محصولاتی مانند نیشکر و ذرت می‌شود (Kornecki and Fouss, 2001).

پاسخ ساختمان خاک به خاک‌ورزی قطعاً بستگی دارد به مقدار آب خاک و مقدار بهینه آب خاک برای خاک‌ورزی را می‌توان اینگونه تعریف کرد: مقدار آبی که در آن، خاک‌ورزی بیشترین بخش خاک‌دانه‌های کوچک را تولید کرده و بالعکس، کمترین تعداد خاک‌دانه‌های بزرگ یا کلوخه را با کمترین تخریب ساختمان خاک فراهم آورد (Mosaddeghi et al, 2009).

www.agrimechanization.com

کارپذیری خاک

کارپذیری خاک کشاورزی را می‌توان قابلیت خاک برای حمایت از تردد چرخ و فراهم آوردن کشش بدون سبب شدن آسیب به ساختمان خاک تعریف کرد؛ به نحوی که اثر سویی بر رشد کامل ریشه محصول نداشته باشد (Kornecki and Fouss, 2001). وضعیت کارپذیری خاک بعنوان مقدار بهینه آب خاک مدنظر است (Dexter and Bird, 2001). این زمان بستگی دارد به برنامه مدیریت زمین در سطح یک مزرعه (Shahbazi and Jafarzadeh, 2010) و پیش‌بینی زمان بهینه کارپذیری خاک به اطلاع از گستره و ساختار پراکنش در خصوصیات فیزیکی عمده خاک بستگی دارد (Kvareno et al, 2007).

Muller و همکاران (۲۰۰۳) در ۸۰ نمونه خاک جمع‌آوری شده از آلمان و ایالات متحده، مقدار رطوبت مطلوب خاک برای عملیات خاک‌ورزی را بررسی کردند. به اعتقاد این دانشمندان، برای هر دو نوع خاک چسبنده و غیرچسبنده مقدار بیشینه آب خاک برای کارپذیری بهینه برابر با مقدار آب در بیشینه چگالی پروکتور[1] یا ۷۰٪ مقدار آب در یک کشش ۵ kPa- بود. بنابراین، مقدار آب در زمان خاک‌ورزی زود و نرمال به ترتیب ۷۶ و ۹۱ درصد مقدار آب حد پلاستیک است.

Muller و همکاران (۲۰۰۳) نقطه عطف منحنی نگهداری آب را با استفاده از رابطه Dexter و Bird (۲۰۰۱) اینگونه محاسبه کردند:

$$W_{\mathrm{Infl}} = (W_{\mathrm{Sat}} - W_{\mathrm{Res}})[1 + m^{-1}]^{-m} + W_{\mathrm{Res}}$$

بطوریکه:

W_{Infl}: مقدار آب در نقطه عطف ($\mathrm{kg\ kg^{-1}}$)

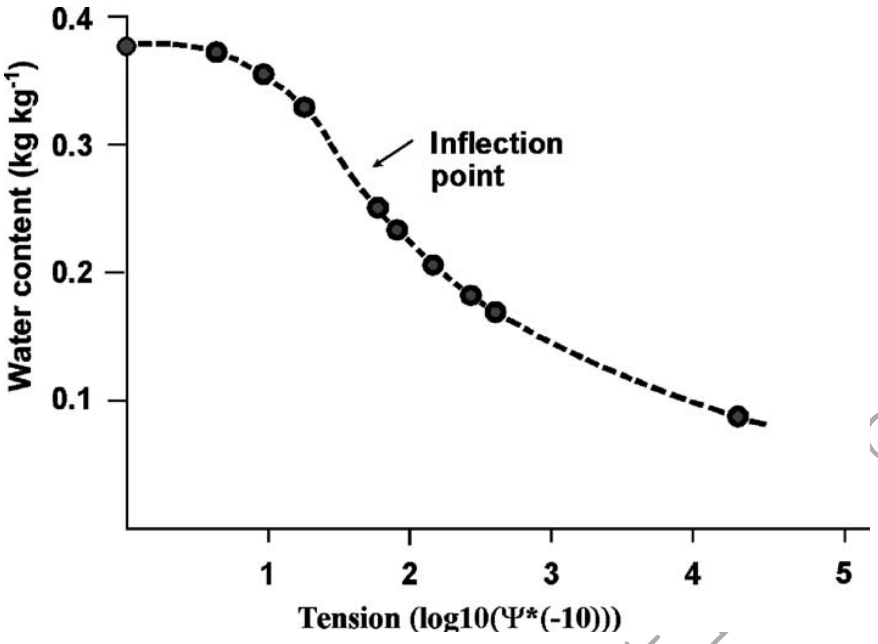
W_{sat}: مقدار آب اشباع ($\mathrm{kg\ kg^{-1}}$)

W_{Res}: مقدار آب باقی‌مانده ($\mathrm{kg\ kg^{-1}}$)

m: یک عدد بی‌بعد مربوط به شکل منحنی

۱ - تست استاندارد پروکتور ابزاری را برای متراکم کردن خاک در آزمایشگاه فراهم می‌آورد تا مقدار رطوبت بهینه و چگالی بیشینه تعیین گردد (Building and Construction Science department of Mohawk College of Applied Arts and Technology, 2003).

www.agrimechanization.com



شکل ۱. نمونه‌ای از منحنی نگهداری آب و نقطه عطف (Muller et al, 2003)

Muller و همکاران (۲۰۰۳) در گام نخست پنج معادله مختلف را برای محاسبه مقادیر آب برای خاک‌ورزی مطلوب از منابع استخراج کردند:

$W_{opt}1$ = 0.9 LPL (Dexter and Bird, 2001)
$W_{opt}2$ = LPL – 0.15 (UPL – LPL) (Ktretchmer, 1996)
$W_{opt}3$ = W_{Infl} (Dexter and Bird, 2001)
$W_{opt}4$ = 0.6 water content at -5 kPa (Petelkau, 1984)
$W_{opt}5$ = W_{proc} (Wagner et al, 1992)

بطوریکه:

W_{opt}: بیشینه مقدار آب خاک برای کارپذیری\خاک‌ورزی

W_{proc}: مقدار آب در بیشینه چگالی پروکتور

Muller و همکاران (۲۰۰۳) با بررسی‌های میدانی هر ۵ روش اعلام داشتند؛ از آنجا که روش۲ بر مبنای مقدار مواد آلی و بافت است، و بعلت اینکه این شیوه با مقدار آب اندازه‌گیری شده در عملیات میدانی متناسب‌تر است؛ شیوه $W_{opt}2$ برای برآورد مقدار آب برای خاک‌ورزی بهینه توصیه می‌گردد.

لذا در این پژوهش رابطه زیر برای تعیین بیشینه مقدار آب خاک برای کارپذیری یا خاک‌ورزی تأیید شد:

W_{opt} = LPL – 0.15 (UPL – LPL)

www.agrimechanizat-.com

Mosaddeghi و همکاران (۲۰۰۹) رابطه خطی ساده‌ای برای تعیین مقدار بهینه آب برای خاک‌ورزی (θ_{OPT}) (کیلوگرم بر کیلوگرم) باتوجه به مقادیر رس و مواد آلی (کیلوگرم بر ۱۰۰ کیلوگرم) بدست آوردند:

$$\theta_{OPT} = 0.1202 + 0.0033\,Clay, \quad R^2 = 0.72$$
$$RMSE = 0.022, \quad P = 0.0018$$

$$\theta_{OPT} = 0.1541 + 0.0309\,OM, \quad R^2 = 0.70$$
$$RMSE = 0.023, \quad P = 0.0026$$

بطوریکه انتظار می‌رفت مقادیر رس و مواد آلی تأثیرات افزایشی معنی‌داری بر مقدار بهینه آب برای خاک‌ورزی داشتند.

رگرسیون‌های خطی بین مقدار بهینه آب برای خاک‌ورزی ($kg\ kg^{-1}$) و چگالی ظاهری طبیعی یا $0.9BD_{critical}$ (چگالی ظاهری بحرانی پایین برای رشد ریشه) هردو بر حسب ($Mg\ m^{-3}$) اینگونه بدست آمد:

$$\theta_{OPT} = 0.5790 - 0.2518\,BD_{natural}, \quad R^2 = 0.71,$$
$$RMSE = 0.022, \quad P = 0.0021$$

$$\theta_{OPT} = 0.8853 - 0.4518(0.9BD_{critical}), \quad R^2 = 0.73$$
$$RMSE = 0.021, \quad P = 0.0017$$

بنابراین، افزایش چگالی ظاهری مقدار بهینه آب برای خاک‌ورزی را کاهش می‌دهد. به عبارت دیگر خاک فشرده باید بیشتر خشک شود تا کارپذیر باشد. می‌توان گفت که علاوه بر تأثیرات مختلط مقادیر رس و مواد آلی بر روی مقدار چگالی ظاهری، ظرفیت نگهداری آب کمتر خاک فشرده ممکن است این نتیجه را بدهد.

رگرسیون چندگانه خطی بین مقدار بهینه آب برای خاک‌ورزی ($kg\ kg^{-1}$) و ویژگی‌های سهل‌الوصول (مقادیر رس + سیلت و مواد الی برحسب $kg\ 100kg^{-1}$) اینگونه بدست آمد:

$$\theta_{OPT} = 0.07 + 0.0015\,(Clay + Silt) + 0.023(OM)$$
$$R^2 = 0.90, \quad RMSE = 0.014, \quad P = 0.00035$$

ضریب بالاتر مواد آلی در این رابطه بدان معناست که تأثیر ان بر مقدار بهینه آب برای خاک‌ورزی بیشتر از آن مقادیر سیلت و رس بوده و نشان دهنده تأثیر معنی‌دار ساختمان خاک در مقایسه با بافت خاک در مدل خرد شدن موئینگی می‌باشد.

در نهایت Mossadghi و همکاران (۲۰۰۹) رابطه نزدیک را بین مقدار بهینه آب برای خاک‌ورزی و حد پلاستیک خاک (θ_{PL}) برقرار کردند:

$$\theta_{OPT} = 0.033 + 0.73\,\theta_{PL}, \quad R^2 = 0.95$$
$$RMSE = 0.0096, \quad P < 0.0001$$

www.agrimechanization.com

تعیین فرصت زمانی

Lak و Almassi (۲۰۱۱) برای تعیین زمان انجام کار در عملیات زراعی با استفاده از معادلات نفوذ آب در خاک، معادله‌ای کلی را استخراج کردند. به‌نحوی که سرعت نفوذ آب در خاک را برای هر افزایش زمانی با استفاده از (Risse et al, 1994) اینگونه در نظر گرفتند:

$$f = K_e \left(1 + \frac{N_S}{F} \right)$$

بطوریکه:

f: سرعت نفوذ ($m\ s^{-1}$)

N_s: پتانسیل ماتریک مؤثر (m)

F: نفوذ تجمعی (m)

K_e: هدایت هیدرولیکی مؤثر ($m\ s^{-1}$)

در این معادله، F با استفاده از روش نیوتن–رافسون بدست می‌آید:

$$K_e\ t = f - N_s \ln\left(1 + \frac{F}{N_s} \right)$$

بطوریکه:

t: زمان (s)

پتانسیل ماتریک مؤثر(Ns) با استفاده از معادله زیر بدست می‌آید:

$$Ns = (\phi_e - \Theta_i) \times \psi$$

بطوریکه:

ϕ_e : تخلخل مؤثر ($m\ m^{-1}$)

Θ_i : مقدار آب خاک اولیه ($m\ m^{-1}$)

www.agrimechanization.com

Ψ : پتانسیل موئینگی متوسط (m)

از طرف دیگر:

$$f = \frac{A_c \times h_R}{T_{\inf}}$$

بطوریکه:

A_c: مساحت زیر کشت (m2)

h_R: ارتفاع باران در سطح زمین (m)

T_{inf}: زمان لازم برای نفوذ (s)

بنابراین:

$$T_{\inf} = \frac{A_c \times h_R}{f}$$

و زمان کارپذیری خاک از معادله زیر بدست می‌آید:

$$T_W = T_c - T_{inf}$$

بطوریکه:

T_c: زمان بحرانی عملیات زراعی (s)

نتیجه‌گیری

باتوجه به بررسی انجام گرفته می‌توان نتیجه گرفت که هدف از یافتن نقطه بهینه کارپذیری خاک کمینه کردن تخریب ساختمان خاک، زمان لازم برای انجام عملیات، و انرژی مورد استفاده بوده؛ در عین حال که هزینه‌های فرصت از دست رفته عملیات نیز کمترین بوده و خاک به بهترین شکل ممکن تیمار و آماده گردد.

لذا، انجام پژوهشی پیرامون تردد/کار پذیری خاک تحت دماها، رطوبت‌ها، و سرعت‌های مختلف برای ادوات/عملیات مختلف در انواع شرایط ساختمانی و بافتی خاک با مقادیر متنوع مواد آلی توصیه می‌گردد تا نتیجه آن بصورت جداول و نمودارهایی ظاهر شده و زمان بهینه انجام عملیات مختلف را برای کاربران نشان دهند.

www.agrimechanization.com

فهرست منابع

شهیدی، ک. و پ. احمدی‌مقدم. ۱۳۸۴. رابطه ماشین و خاک. انتشارات جهاد دانشگاهی واحد آذربایجان غربی.

محمودی، ش. و م. حکیمیان. ۱۳۷۹. مبانی خاکشناسی. انتشارات دانشگاه تهران.

Arvidsson, J. and E. Bolenius. 2005. Effects of soil water content during primary tillage-laser measurements of soil surface changes. Soil and Tillage Research, 90:222-229.

Building and Construction Science department. 2003. Datasheet No.7: The standard and modified proctor density tests. Mohawk College of Applied Arts and Technology.

Dexter, A.R., N.R.A. Bird. 2001. Methods for predicting the optimum and the range of soil water contents for tillage based on the water retention curve. Soil & Tillage Research, 57:203-212.

Grieve, I.C. 2001. Human impacts on soil properties and their implications for the sensitivity of soil systems in Scotland. Catena, 42:361-374.

Kornecki, T.S. and J.L. Fouss. 2001. Quantifying soil trafficability improvement provided by subsurface drainage for field crop operations in Louisiana. Applied Engineering in Agriculture, 17(6):777–781.

Kretschmer, H. 1996. Koernung und Konsistenz. In: Blume, H.-P., Felix-Henningsen, P., Fischer, W.R., Frede, H.G., Horn, R., Stahr, K. (Eds.), Handbuch der Bodenkunde, vol. I, Ecomed, 1st ed., Chapter 2.6.1.1.

Kvareno, S.H., L.E. Haugen, T. Borresen. 2007. Variability in topsoil texture and carbon content within soil map units and its implications in predicting soil water content for optimum workability. Soil and Tillage Research, 95:332-347.

Lak, M.B. and M. Almasi. 2011. An analytical review of parameters and indices affecting decision making in agricultural

Mechanization. Australian Journal of Agricultural Engineering, 2(5):140-146

Mosaddeghi, M.R., M. Morshedizad, A.A. Mahboubi, A.R. Dexter and R. Schulin. 2009. Laboratory evaluation of a model for soil crumbling for prediction of the optimum soil water content for tillage. Soil & Tillage Research, 105:242–250.

Muller, L., U. Schindler, N.R. Fausey and R. Lal. 2003. Comparison of methods for estimating maximum soil water content for optimum workability. Soil & Tillage Research 72 : 9–20.

Olatunji, O.M. and R.M. Davies. 2009. Effect of weight and draught on the performance of disc plough on sandy-loam soil. Research Journal of Applied Sciences, Engineering and technology, 1(1):22-26.

Onduru, D.D., C.C. du Preez, A. de Jager and E.M. Muya. 2008. Soil Quality and Agricultural Sustainability of Dryland Tropical Farming Systems: A Case Study in Mbeere District,Eastern Kenya.Journal of Crop Improvement, 21(1):79-100.

Petelkau, H. 1984. Auswirkungen von Schadverdichtungen auf Bodeneigenschaften und Pflanzenertrag sowie Massnahmen zu ihrer Minderung. In: Grundlagen und Verfahren der rationellen Bodenbearbeitung und Erschliessung des Unterbodens fuer Pflanzen. Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR, Tagungsbericht, 227:25–34.

Risse, L.M., M.A. Nearing and M.R. Savabi. 1994. Determination the green-ampt effective hydraulic conductivity from rainfall-runoff data for the WEPP model. Transactions of ASAE, 37(2):411-418.

Shahbazi, F. and A.A. Jafarzadeh. 2010. Land management planning concerning to workability timing of soil in Souma area, using Aljarafe model. 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World, Brisbane, Australia.

Wagner, L.E., Ambe, N.M., Barnes, P., 1992. Tillage-induced soilvaggregate status as influenced by water content. Trans. ASAE, 35(2):499–504.

www.agrimechanization.com