مروری بر پدیده سخت شوندگی طبیعی خاک[6] و مشکلات آن در خاکهای ایران

محمد رضا مصدقی و عباس همت

به ترتیب دانشجوی دوره دکتری گروه خاکشناسی و دانشیار گروه ماشینهای کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

مقدمه

خاکی که بطور طبیعی سخت می شود[7](HS) ، به خاکی اطلاق می شود که در اثر مرطوب شدن، پایداری ساختمانی خود را از دست داده و به توده ای سخت و بدون ساختمان در اثر خشک شدن تبدیل می شود. تفاوت آنها با افقهای پدوژنیک سخت شده[8] در این است که افقهای مذکور در اثر مرطوب شدن، نرم وناپایدار نمی شوند. اگر چه بسیاری از خاکها این رفتار را بروز می دهند ولی تنها خاکهایی به عنوان HS شناخته می شوند که سخت شدن آنها سبب ایجاد مشکل یا غیر ممکن شدن عملیات خاک ورزی شود. اینگونه خاکها در دامنه رطوبتی بسیار کوچکی کاراً[9] می باشند. معمولا مقاومت این خاکها در رطوبتهای بالاتر از نقطه پژمردگی دائمی (PWP) برای رشد گیاه محدودکننده است (۱۰). واژه سخت شوندگی ابتدا توسط نورتکات (۱۹۶۰) در سیستم طبقه بندی خاکهای استرالیا استفاده شد (۱۱). در هند، این نوع رفتار خاک به عنوان رفتار خود-تراکمی[10] معرفی شده است. مطالعات مولینز و همکاران (۱۰) نشان می دهد که اگرچه چنین خاکهایی تنها در استرالیا طبقه بندی ودر نقشه های خاک آورده شده اند ولی خاکهای HS در هرقاره ای وجود دارند.

تعریف افق سخت شونده بطور طبیعی

رفتار سخت شوندگی اغلب در افق A وگاهی در افق B اتفاق می افتد. بنا به تعریف:

"یک افق سخت شونده ، توده ای همگن در فرایند خشک شدن تولید میکند و فاصله شکاف وترک ها در آن بیشتر از ۱۰ سانتیمتر می باشد. خاک در حالت هوا-خشک و دست نخورده سخت وشکننده می باشد وفرو کردن انگشت سبابه در دیواره نیمرخ آن غیر ممکن است. مقاومت کششی[11] (Y) خاک معمولا در حالت هوا-خشک بیشتر از ۹۰ kPa است. خاکهایی که سله می بندند لزوما سخت شونده نیستند چون افق سخت شونده ضخیم تر از سله است (ضخامت افق سخت شونده معمولا مساوی عمق لایه خاک ورزی شده و حتی بیشتر می باشد). خاکهای سخت شونده، بطور دائمی سیمانی نیستند و وقتی در معرض رطوبت قرار گیرند، نرم وسست می شوند، به طوری که کلوخه های حاصل از خاک ورزی افق سخت شونده در اثر مرطوب شدن بطور جزیی یا کلی از هم می پاشند . اگر این خاک در اثر آبیاری غرقابی یا یک بارندگی شدید به اندازه کافی مرطوب شود، در اثر فرایند خشک شدن، حالت سخت به خاک بر می گردد (۹)."

قابل ذکر است که حدود بین رفتار سخت شوندگی و دیگر رفتارهای خاک بصورت پیوسته است و این حدود کاملا مشخص نیستند. مقادیر ذکرشده در تعریف فوق تاحدودی اختیاری و بر اساس مطالعات انجام شده تا کنون می باشد. از طرف دیگر، رفتار سخت شوندگی بستگی تام به مدیریت خاک، روش کشت و غیره دارد بطوری که ممکن است یک خاک پس از مدتی استفاده نادرست اینگونه رفتار را بروز دهد و یا در موقعیت دیگری با شرایط مدیریت مناسب، رفتار سخت شوندگی تعدیل یابد. ویژگیهای خاک که در رابطه با سخت شوندگی مهم اند، عبارت اند از: بافت، درصد ماده آلی، درصد شن، درصد خاکدانه های پایدار، نوع کانیها، شوری

---

[6] Soil hardsetting behavior
[7] Hardsetting soil
[8] Permanently cemented horizons
[9] Workable
[10] Self-compactive behavior
[11] Tensile strength

و قلیائیت. مطالعات نشان داده است که خاکهای شنی و اکثر بافتهای سیلتی در این گروه قرار نمی گیرند چرا که رس آنها جهت ایجاد مقاومت بالا در حالت خشک کافی نیست. خاکهای رسی خودخاکپوش[12] نیز توده ای نمی شوند، چون در اثر خشک شدن، درز و ترک و ساختمان سازی مجدد سبب جلوگیری از ایجاد ساختمان توده ای و سخت می شود. بنابراین، این خاکها معمولا در دامنه بافتی رسی و رس شنی تا شن لومی با توزیع ذرات پیوسته قرار گرفته و حاوی کانیهای کائولینیت و ایلایت (که پتانسیل انقباض و انبساط و ترمیم ساختمانی ندارند) می باشند. تحقیقات نشان داده است که خاکهای با مواد آلی کمتر از ۲٪ به سخت شوندگی حساس اند. خاکهای سدیمی معمولا سخت شونده اند بطوری که خاکهای رسی سدیمی سخت می شوند (۹).

دو تئوری در مورد منشا رفتار سخت شوندگی در این خاکها وجود دارد :

الف- ذرات ریز (رس و سیلت) پس از، پخشیده شدن خاکدانه های ناپایدار، اتصالات ساختمانی بین ذرات بزرگتر (شن) تشکیل داده و مقاومت این اتصالات با کاهش رطوبت (افزایش تنش مؤثر[13])افزایش می یابد . بنابر این نیروهای هلالی آب[14] اطراف ذرات خاک در این رابطه مهم اند (۸، ۹ و ۱۰).

ب- محققین دیگری در بعضی از خاکها عوامل سیمانی کننده فیزیکو شیمیایی را به اثبات رسانده اند که رسوب موقت آنها در فرایند خشک شدن خاک سبب افزایش مقاومت خاک می شود ولی در حالت مرطوب به راحتی حل شده و مقاومت خاک تقریبا از بین می رود .در این رابطه کانی های حل شونده مولکولی یا کلوئیدی مانند کانی های آلومینو سیلیکاتی با درجه ساختمانی ضعیف وغنی از نظر سیلیس در رطوبت های کم رسوب کرده و به صورت پلهای سیمانی بین ذرات خاک عمل می کنند (۵).

با توجه به مطالعات انجام شده، شاخص های کمی زیر به عنوان خصوصیات خاکهای HS تعیین شده اند (۸):

۱- Y ≤ ۹۰ kPa در حالت هوا خشک

۲- شاخص مخروطی[15] (CI) ≤ ۳ MPa در پتانسیل ماتریک پایین تر از ۱/۵ MPa (PWP)

۳- CI ≤ ۲ MPa در پتانسیل ماتریک پایین تر از ۱۰۰ kPa (FC)

۴- درصد خاکدانه های ناپایدار (کوچکتر از ۰/۲۵ mm) بیشتر از ۲۰-۳۰٪

۵- تغییرات شدید مقاومت با رطوبت خاک.

مشکلات سخت شوندگی در خاکهای ایران

خاکهای کشاورزی ایران بخصوص در مناطق مرکزی (خشک و نیمه خشک) بعلت فقر ماده آلی و ساختمان ناپایدار دارای مشکلات کلوخه ای شدن پس از عملیات خاک ورزی می باشند. بنابراین بایستی روشهای اصلاحی جهت دستیابی به بستر بذر مناسب صورت گیرد (۴). تا کنون مطالعه پایه ای در مورد رفتار سخت شوندگی خاکهای ایران صورت نگرفته است تا بتوان عوامل موثر بر آن و راههای تعدیل آن را شناسایی نمود. مصدقی و همکاران (۷) گزارش کردند یک خاک لوم رسی سیلتی در رطوبت های نسبتاً زیاد (حد خمیری) حساسیت زیادی به تراکم دارد. در صورتی که در رطوبت ۶۰٪ حد خمیری بسیار مقاوم می باشد. نتایج این تحقیق نشان می دهد که تغییرات مقاومت خاک مورد نظر با رطوبت شدید می باشد. حاج عباسی و همکاران (۲) نشان دادند که حدود ۶۰٪ خاکدانه ها در این خاک کوچکتر از ۰/۲۵ mm است همچنین سخت شوندگی در روش بی خاک ورزی سبب کاهش عملکرد ذرت شد. در محدوده رطوبتی که تراکتورها در اکثر نقاط کشور کار می کنند، محدوده اثر فشردگی ایجاد شده در خاک در اثر عبور تراکتورها محدود به خاک سطح الارض می باشد. تحقیقات انجام شده امکان وجود لایه های فشرده مانند کفه شخم در خاکهای ایران را نشان داده اند (۲،۱ و ۷). با این

---

[12] Self-mulching clayey soils
[13] Effective stress
[14] Meniscus forces
[15] Cone index

وجود، چون وزن ماشین های کشاورزی در ایران بالا نمی باشد و از طرف دیگر دوره تر برای ورود به مزرعه محدود است، دلایل اصلی تراکم و سفتی خاک تحت الارض را بایستی در جایی دیگر جستجو کرد. اندازه گیری CI در خاک لوم رسی در منطقه اصفهان قبل از عملیات خاک ورزی و در انتهای فصل رشد گیاه گندم آبی در شرایط رطوبتی یکسان نشان داد که در طول یک فصل زراعی مقاومت خاک به حالت اولیه بر می گردد (۳). مطالعات حاج عباسی و همت (۶) در این خاک نشان داد که درصد خاکدانه های کوچکتر از mm ۰/۲۵ پس از چهار سال در سیستمهای خاک ورزی مرسوم و بدون خاک ورزی به ترتیب ۷۰٪ و ۵۵٪ بود و عملکرد گندم در روش بدون خاک ورزی کاهش یافت. آنها نتیجه گرفتند که نرم نمودن این خاک الزامی است. بنابر این، فشردگی و مقاومت خاک در اکثر مناطق مرکزی ایران به دلیل ساختمان ناپایدار (۶)، در طول یک سال زراعی و بویژه در روش آبیاری سطحی به حالت اولیه بر می گردد. به نظر می رسد که خاکهای اکثر نقاط کشور به خصوص در نواحی خشک که از نظر ماده آلی نیز فقیر هستند، رفتار خاکهای HS را نشان می دهند. که این نیاز به تحقیقات بیشتری دارد.

منابع مورد استفاده

۱- اشرفی زاده، س.ر. ۱۳۷۸. بررسی تاثیر زیرشکن بر بعضی خصوصیات فیزیکو-مکانیکی خاک و عملکرد گندم. گزارش پژوهشی موسسه تحقیقات فنی مهندسی کشاورزی. ۲۰ ص.

۲- حاج عباسی، م.ع.، آ.ف.، میرلوحی و م. صدر ارحامی. ۱۳۷۸. اثر شیوه های خاک ورزی بر بعضی از ویژگیهای فیزیکی خاک و عملکرد ذرت در مزرعه تحقیقاتی لورک. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ج.۳، ش.۳، ص:۱۳-۲۳ .

۳- همت، ع. ۱۳۷۶. اطلاعات انتشار نیافته.

۴- همت، ع. ۱۳۸۰. نقش مدیریت خاک ورزی در تولید محصولات زراعی آبی در ایران. تهیه شده جهت ارائه در دومین همایش ملی مکانیزاسیون کشاورزی. ۱۶-۱۸ اردیبهشت.

5- Chartres, C.J, J.M. Kirby, and M. Raupach. 1990. Poorly ordered silica and aluminosilicates as temporary cementing agents in hardsetting soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 54: 1060-1067.

6- Hajabbasi, M.A., and A. Hemmat. 2000. Tillage impacts on aggregate stability and crop productivity in a clay-loam soil in central Iran. Soil Tillage Res. 56: 205-212.

7- Mosaddeghi, M.R., M.A. Hajabbasi, A. Hemmat, and M. Afyuni. 2000. Soil compactibility as affected by soil moisture content and farmyard manure in central Iran. Soil Tillage Res. 55: 87-97.

8- Mullins, C.E. 1997. Hardsetting. In: Lal, R., W.H. Blum, C. Valentin, and B.A. Stewart (Eds.). Methods of Assessment of Soil Degradation. CRC Press, Boca Raton, FL. PP: 109-128.

9- Mullins, C.E. 2000. Hardsetting soils. in: Sumner, M.E. (Ed.). Handbook of Soil Science. CRC Press, Boca Raton, FL. PP: G65-G87.

10- Mullins, C.E., D.A. Macleond, K.H. Northcote, J.M. Tisdall, and I.M. Young. 1990. Hardsetting soils: behavior, occurance, and Management. Adv. Soil Sci. 11: 37-108.

11- Northcote, K.H. 1960. A factual key for the recognition of Australian soils. Div. Rep. 4/60. CSIRO Div. of Soils, Glen Osmond, Australia.