

A mikromorfológia talajtani felhasználási lehetőségei

Az utóbbi évtizedben a talajmikromorfológiai kutatásokban olyan törekvés ismerhető fel, hogy feltárják a talajmikromorfológia felhasználásának lehetőségeit az alkalmazott talajtani kérdések megoldásában.

Jelzi ezt az irányzatot az is, hogy a mikromorfológusok rendszeres munkaértekezleteiken már az 1985. évi párizsi tanácskozás óta az ilyen mikromorfológiai vizsgálatokat külön szekcióban foglalták össze: "A mikromorfológia alkalmazása a talajművelés hatásának kutatásában" /FEDOROFF et al., 1987/, valamint "Alkalmazások az agronómiai tudományokban" /DOUGLAS, 1990/. Ezen túlmenően a mikromorfológusoknak több, e témát is a középpontba állító, külön tanácskozása volt, így a szovjet mikromorfológusok a "Mikromorfológia a genetikai és alkalmazott talajtanban" című második össz-szövetségi tanácskozása /Turku, 1933/, valamint a Nemzetközi Talajtani Társaság Kongresszusának Mikromorfológiai Szimpóziuma /Kyoto, 1990/ "A mikromorfológia alkalmazása az agronómiai és környezetvédelmi tudományokban" címmel.

Több összefoglaló munka is megjelent a külföldi szakirodalomban /FEDOROFF, 1990; GERASZIMOVA, 1988; JONGERIUS, 1983; KOOISTRA, 1990; TURSZINA, 1988/.

A szóban forgó kutatások eredményeinek ismerete szükséges ahhoz, hogy a talajtani szakemberek felismerhessék, hogy milyen problémák megoldásában lehet eszköz a talajmikromorfológia. A mikromorfológia ilyen irányú eredményeit foglaltam össze az alkalmazott talajtan néhány területén, így a talajművelésben, talajvédelemben, talajjavításban, trágyázásban, öntözésben, illetve érintettem még néhány környezetvédelmi vonatkozást is.

Talajművelés

A talajművelés hatását a mikromorfológiai sajátságokra egyrészt a *művelési ág változása* előtt és után megfigyelt különbségek alapján mutatják ki;

a/ Legelő → szántóföld

Egy 100 éve legelőként hasznosított DNY-hollandiai iszapos vályog talaj felső szintje igen sötét színű, stabil, morzsás vagy szemcsés aggregátumokból állt, nagy aggregátumközi porozitással. Feltörés, szántás után a fauna mérséklődő aktivitása, a csökkenő szervesanyag-tartalom és a művelés okozta mechanikai hatások miatt a szerkezet degradálódott. Idővel a szántott réteg gyengén diós szerkezetű vagy szerkezet nélküli lett /JONGERIUS, 1983/.

E változás fordítottjára adnak példát PUENTES és WILDING /1990/ vizsgálatai. A Vertisolok szerkezetét a duzzadás-zsugorodás és a biológiai tényezők kölcsönhatása szabja meg. Hosszú távú művelés hatására a szerkezet romlik /mivel megváltozik a vizgzaldalkodás és a duzzadás és a zsugorodás ciklusa, valamint a biológiai aktivitás is csökken/. E talajokat a szántó-legelő vetésforgóval próbálták regenerálni.

A pórusrendszer a felszíni szintekben orientált, sikszerű pórusokból áll, amelyek a gépi művelés okozta tömörödés miatt képződtek, biogén pórusokból, amelyek általában függőleges vagy közel függőleges irányúak, és a duzzadás-zsugorodás hatására létrejött pórusokból, amelyek orientálatlanok. A legelőként történő hasznosításnál javul a talajban a vízmozgás, mivel nő a makropórusok mennyisége, mérete és eltűnik a felszínhez közeli vízszintes pórusrendszer. A fokozódó biológiai aktivitás miatt nő a függőlegesen orientált csatornák száma. A felső szint alatti szintben erősebb a szerkezetképződés. A fentiek szerint tehát a változások kedvezőek.

MACKIE-DAWSON és munkatársai /1989/ aberdeenshire-i /Nagy-Britannia/ a gyaftalajoknál a talajművelés és a természetett növény hatását vizsgálták a talajszerkezet évszakos változására. A száraz periódusban a tavaszi árpa alatt a repedés rendszer nem jött létre, míg gyep alatt kifejlődött a vízartalom változása miatt bekövetkezett zsugorodás-duzzadás hatására. A szerkezetképződést a művelt területeken befolyásolja a talaj megüledése. A száraz szakaszban az aggregátum zsugorodott, a szemcsés szerkezeti elemek a nagy diós szerkezeti elemek közötti pórusokba hullottak, ahol az újra nedvesedés-kor a nagy szerkezeti elemekhez kapcsolódtak. A gyep alatt diós, rögös szabálytalan szerkezet képződött. Nedvesedéskor a makropórusok bezáródtak, tömődött talaj jött létre, ritka makropórusokkal. A földigiliszták tevékenysége csatornákkal átjárt szerkezet képződéséhez vezetett.

b/ Parlag/szűzföld → szántóföld

A több mint 25 évig parlagon hagyott csernozjom talajnál a művelés hatására MEDVEDEV /cit. JONGERIUS, 1983/ az aggregátum alakjának, méretének és belső szerkezetének változását mutatta ki. A csernozjom talajoknál a morfológiai degradációt a művelés hatására MEDVEDEV /1981/ jelezte más munkájában is.

A szűzföldek szemcsés és biogén szerkezete rögös vagy tömött, szerkezet nélküli lesz /ALTEMÜLLER, KOWALINSKI, JONGERIUS és SCHELLING, valamint PAWLUK cit. FITZPATRICK, 1984/.

A szovjetunióbeli gyepes podzol talajokban a művelés hatására MUHA /1981/ az eluviális és az illuviális folyamatok fokozódását figyelte meg.

c/ Hanga → szántóföldi művelés

FRERCKS - PUFFE /cit. JONGERIUS, 1983/ megfigyelése szerint egy hangával borított láptalaj nyers humusza kiszáritás, meszezés és évekig legelőként történő hasznosítás után moderré alakult.

ÉNY-hollandiai lápoknál a fokozatos kiszáritás és javítás után az ammórium humuszforma mullba megy át és a feltalaj morzsás szerkezetű lesz. Később a felszántás és a tulipántermesztés következtében tömörödés ment végbe: olyan is, amely anyagkoncentrációval járt /JONGERIUS és JAGER, JONGERIUS és PONS, cit. JONGERIUS, 1983/.

d/ Erdő → szántóföldi művelés

Löszön kialakult Alfisol erdőként, illetve legalább 100 évig szántóföldként hasznosított részéből származó szelvényeit összehasonlítva ALTEMÜLLER /cit. JONGERIUS, 1983/ kimutatta, hogy az erdő alatti addig szivacsos szerkezet a művelési ág váltás hatására tömődött aggregátumokból állóvá változott.

Lengyelországi fekete földéknél az erdő alatti szelvényhez képest a szántóföldi művelés alattinál felületi kéreg képződését figyelték meg /KOWALINSKI, cit. JONGERIUS, 1983/.

NY-hollandiai homokos podzol talajokban az erdő alatti morzsás vagy gömbös moder szerkezet a szántóföldi művelés hatására törmelékes szerkezetbe megy át, ahol a vázszemcséket a szétesett gömbök anyaga vonja be /JONGERIUS és SCHELLING, JONGERIUS, cit. JONGERIUS, 1983/.

A kanadai Alberta államban a MARTIN és munkatársai /1987/ által vizsgált területen az eredeti erdő vegetáció helyén 50 évvel ezelőtt művelésbe kezdtek, majd takarmánynövény-telepet létesítettek 3 illetve 49 éven keresztül. A Gray Luvisol talajban azt tapasztalták, hogy lebomlott az LFH réteg moder humusza és az A_p -szint sávos szerkezete, és egy matricgranic szövet jött létre, gyakori repedésekkel, csatornákkal és kitöltésekkel. Végül is egy vastag moder tőzegréteg keletkezett és egy tömött, porfiros A_p -szint, igen finom gyökércsatornákkal és néhány síkszerű pórussal és kitöltésekkel. A mullosodás nyomát azonban nem találták.

Az erdő művelés után kukorica-termesztés alá vont normandiai /Franciaország/ Dystrochreptic Fragiudalf talajok cambic szintje erősen tömörödött.

Modellkísérletekben különböző nedvességtartalommal /pF = 2-2,5 és 3,5/ oedometerben tömörítették a talajokat különböző terhelésnél /60, 130, 250, 510 és 1000 kPa/ egy órán keresztül és összehasonlították a művelés során tömörödött talajokkal. 510 kPa-nál a talaj igen tömött lesz, csak a mikroaggregátumok maradnak meg és igen kis illeszkedési hézagok figyelhetők meg. Az összetett illeszkedési hézagok eltűntek és csak a biogén makropórusok maradtak meg. Elektronmikroszkóppal megfigyelhető, hogy a mikrodomének kártyavár szerkezete fennmaradt. A gyökerek a megnyúlt, összetett illeszkedési hézagokat töltötték ki és a nagyobb szabályos csatornáknál voltak megfigyelhetők /a tömörítéssel szemben a földgiliszta csatornáknál meglehetősen ellenállóak/. A tömörödés nagyan függ a talaj nedvességtartalmától. A nedves mintáknál a tömörödés 250 kPa-nál volt jelentős, míg a száraz minták tömörödése 250 kPa-nál kisméretű volt és nőtt a nyomással, amíg az el nem érte az 1000 kPa-t. Minél nagyobb a nyomás, annál több a vízszintes repedés. Képződése függ a nedvességtartalomtól, 1000 kPa-nál száraz talajban csak néhány repedés jelenik meg, míg a nedves talajban gyakoriak. Ha a tömörítés gyenge a repedések kevésbé orientáltak, a nyomás növekedésével a repedések vízszintes orientációja erős, különösen nedves mintákban. A mintákban lévő heterogenitás /sűrűbb részek, kavics/ növelte a repedezettséget. A szerzők felhívták arra a figyelmet, hogy ezek a modellkísérletek a terepi viszonyokra csak bizonyos fenntartásokkal értelmezhetők /a peszticidek hatással vannak a biológiai aktivitásra, a pH-növekedés és a szervesanyag-csökkenés az ultramikroszerkezetre, a terepen nyíró feszültség is előfordul, stb./ /BRESSON és ZAMBAUX, 1990/.

A szovjetunióbeli gyepek podzol talajoknál az erdő alatti szűzföld, valamint szántóföldi és kertészeti művelés alá vont talajokat összehasonlítva RUBILINA és KUZNECOVA /1981/ megállapították, hogy a szántott rétegben a humusztartalom csökkent, a talaj jelentős mértékben peptizálódott, mobilizálódott és biológiai átdolgozottsága, valamint aggregálódottsága és porozitása is csökkent. Nőtt a felületi glejesedés és a vasvegyületek szeparálódása. A kertészeti művelés alatt álló talajnál a változások kevezőek, a humuszanyag jelentős mértékben koagulált, megfigyelhető a biológiai aktivitás nyoma, a szerkezet jól aggregálódott, a porozitás nőtt.

TAMURA és munkatársai /1990/ a Tsukubai Egyetem Sugadairai Hegyvidéki Kutató Központjában kuroboku talajokon /Humic Andosol/ az alábbi növény szukcesszió: parlag vagy művelt terület → gyepek [*Artemisia princeps*, *Miscanthus sinensis*] → pionir erdő [*Pinus densiflora*, *Quercus mongolica*] → klimax erdő [*Fagus crenata*] hatását vizsgálták a talajtulajdonságokra és

czen belül a mikromorfológiai sajátosságokra. A 6-10 éves gyepállomány alatt /főleg *Artemisia princeps*/ az eredeti szemcsés szerkezet morzsássá változott, és nőtt az aggregátumok vízállósága és vízvezetőképessége. A denudált állomány esetében a morzsás szerkezetképződés, az aggregálódás minimális volt. A vörös fenyő vegetáció alatt a szerkezet szemcsés és morzsás, erősen szerkezetes, a pórusok illeszkedési hézagok, előfordulnak durva szerves maradványok és gyakoribbak lesznek az ún. "talaj jelenségek" maradványai. A *Miscanthusból* álló gyepállomány talajához hasonlítva, a szerkezet szemcsés volt, részben morzsás, a szerkezetesség gyenge, síkszerű pórusok fordulhatnak elő és durva szerves maradványok, míg az ún. "talaj jelenségek" maradványai ritkák. A szerzők vizsgálták 4 különböző faállomány /*Abies veichi*, *Chamaecyparis obtusa*, *Larix leptolepis* és *Betula ermani*/ hatását a talajra. A talajszerkezet mind a négy esetben főleg morzsás, és a növényi maradványok mennyisége nem volt jelentős. Az első két állomány esetében a szerkezetesség erős, míg a *Betula* esetében gyenge.

A művelési ágon belül a mikromorfológiai sajátosságok változásáról a következő adatok vannak.

a/ Legelő

D-Észtországban a fűkultúra hatását OJA /1981/ 10 év után abban figyelte meg, hogy a humuszos réteg vastagsága nőtt és a felső 25-30 cm-es réteg jelentősen homogenizálódott. A humusz át- és felhalmozódása a mélyebb rétegekben is megfigyelhető. Esetenként jelentkeztek a durva és finomszemcsés anyag áthalmozásának jelei is.

b/ Szántóföldi művelés

A szántóföldi művelés esetén várhatóan változnak a mikromorfológiai sajátosságok, természetesen a termesztett növényektől és a vetésforgótól függően.

Hollandiai homokos vályog talajoknál a következő eredményeket kapták /JONGERIUS, 1983/:

1. Bükköny + burgonya + saláta + karfiol + tulipán
Erőteljes belső anyag-koncentrációval járó tömörödés figyelhető meg a szántott rétegben.
2. Bükköny + burgonya + méhvirág és saláta + méhvirág és saláta + méhvirág és bükköny + tulipán.
Szerkezet nélküli porózusabb talaj alakult ki.
3. Bükköny + lucerna + lucerna + tulipán
A talajban összefüggő pórusrendszer alakult ki, gyengén rögös szerkezetel.
4. Bükköny + legelő + legelő + legelő + tulipán
Erősen porózus, morzsás szerkezet alakult ki.
Kanadai Grey Luvisol esetében legelő + gabona rotáció után a kb. 150-200 µm-es mikroaggregátumok képződése kifejezettebb volt, mint a buza + ugar váltásnál /PAWLUK, 1980/.
Lengyelországi homokos vályog talajban a burgonya + zab + csillagfürt + rozs vetésforgónál valamivel kevesebb a >80 µm pórus és a >80 µm humuszos aggregátum, mint a burgonya + zab + rozs + rizs vetésforgóban /SWETUCHOWSKI és JABLONSKI, cit. JONGERIUS, 1983/.

c/ Szőlőművelés

PAGLIAI és munkatársai /1983/ szőlőtermesztéssel hasznosított, hagyományosan és nullművelésű Bologna-környéki /Olaszország/ Vertic Xerofluent

agyagos vályog talajt vizsgáltak. A hagyományosan művelt talajban az összes porozitás nagyobb volt, de a 30–500 µm méretű pórusok hányada kisebb, míg a pórusok alakját tekintve a nyúlt pórusok mennyisége ugyancsak több volt. Különbség volt az alapanyag szemcséinek orientációjában is a hagyományosan művelt talajban. Ez nagyobb mérvű volt, míg a talajfauna aktivitására utaló jel kevesebb. Ez utóbbi talajban erőteljesebb kéregképződést is megfigyeltek.

á/ Erdő

A különböző fafajok alatt a talajokban megfigyelhető volt a mikromorfológiai sajátosságok változása /NYS et al., 1987/. Normandiai /Franciaország/ Typic Hapludalf talajokban tölgyerdő alatt a humuszforma savanyú mull volt, bükk alatt moder mull, míg lucfenyő alatt moder. A humuszos szint alatt a talaj szerkezetessége gyengült a bükk- és a lucfenyőerdő alatt a tölgyhöz képest. A tölgyerdő alatti savanyú mullban is megjelentek a vaskiválások, de a lucfenyves alatti talajban jobban jelentkeztek a rossz drénviszonyokat jellemző hidromorf bélyegként. Az anyag diszpergáltabb állapotára utaló mikromorfológiai sajátosságok is kifejezettebben jelentkeztek a bükk és a lucfenyő alatt, mint a tölgy alatt.

A különböző ideig végzett talajművelés hatásának mikromorfológiai vizsgálatát Berkshire-i /Nagy Britannia/ főként Rendoll talajokon HALL /1990/ végezte el, összehasonlítva egy 1911 és egy 1940 óta művelt talajt. A több mint 70 éve művelt talajra jellemzőek a jól meghatározott aggregátumok, összetett illeszkedési hézagokkal, közepes porozitással továbbá a részben izolált aggregátumok kis porozitással vékony rendezetlen repedésekkel /<2 mm/ és a nagyobb CaCO₃-tartalom /30–70 %/. Az 1940 után művelt talajoknál nincsenek jól körülhatárolt aggregátumok, a porozitás kicsi, /üregek, és síkszerű pórusok nem jellemzőek/, a CaCO₃-tartalom kisebb /0–30 %/, jól megfigyelhető hatszögös repedés-rendszer van, széles repedésekkel.

ZHOU WENJIA ZHENG RUNMEI /1990/ Sanszi-tartománybeli /Kína/ különböző talajtípusokon és eltérő kultúrnövények, vetésszerkezet, talajművelés és talajjavítás esetén adta meg a talajok mikromorfológiai jellemzőit.

A talajművelés hatása a mikromorfológiai sajátosságokra követhető a különböző gépi talajművelési módok esetében is. A talajművelő gépek okozta nyomó- és nyíróerők hatására a megfelelő víztartalomnál és agglomeroplaszc-inter-texitic szövetnél az összegyűrás jelei figyelhetők meg /BOUMA cit. JONGERIUS, 1983/. Az agyag domének egymásra csúsznak, duzzadásuk korlátozott. A megduzzadt alapanyag teljesen kitölti a szemcséközi teret, amely kiszáradáskor a vázszemcsék körül koncentrálnak, és finom szemcséközi pórusok jönnek létre. Újra nedvesedésre nem duzzad az eredeti térfogatáig, maradnak a szemcséközi hézagok, konzisztenciája elég kemény. Ha csak kissé szárad ki törékeny, és újranedvesítve gyengén plasztikus. Az összenyomott talaj lemezes szerkezetű.

A traktor kereke által okozott tömörödést olaszországi agyagos vályog talaj szántott szintjében PAGLIAI /1987 a,b/ vizsgálta. A kiindulási állapothoz képest a tömődött talajban az összes porozitás jelentősen csökkent, mint ahogy a pórusok mérete is. Ezen túl megváltozott a pórusok alakja is, megnőtt a nyúlt pórusok hányada a szabálytalan alakúak rovására, és egy tömődött, lemezes szerkezet jött létre. E folyamatok időbeni változását is vizsgálva megállapította, hogy a tömörödés után négy hónappal nem volt lényeges változás, nyolc hónap eltelte után azonban az összes porozitás nőtt, és ezen belül a szabálytalan alakú pórusok hányada is, a talaj kezdődő regenerációját jelezve. Egy év után a kiindulási és a traktor által tömörített talaj között ismét nem lehetett lényeges különbséget kimutatni, az utóbbi talaj szerkezete visszaalakult szemcséssé.

A traktor keréknyomása az alveolaris szövetet durva lencsésé alakította /MURPHY, cit. FITZPATRICK, 1974/. A boronálás tömörítő hatását JONGERIUS

/cit. FITZPATRICK, 1984/, míg a tehéncsorda taposása okozta tömörödést BECKMANN és SMITH /cit. FITZPATRICK, 1984/ vizsgálták.

A Pó völgyében a Vertic Xerofluvent talajon különböző művelési módokkal szőlőt termesztettek, míg a szicíliai Vertic Xerofluvent talajon gabonát, ahol is a mikromorfológiai sajátságokban különbséget találtak /PAGLIAI, 1987 a,b/. A műveletlen és a különböző módszerekkel művelt parcellákon a porozitás változása kicsi, a talajszerkezet agyagos vályog talajnál üregekből repedezetté válik, míg a duzzadó agyagtartalmú talajban a rögös szerkezet morzsássá válik részben és az alapanyag sávokban orientált lesz.

A nem művelt parcellákban gyakoribbak a gyökérmaradványok, biopórusok, excrementumok, míg a művelt talajokban jelentősebb a kéregképződés.

KOOISTRA /1987/ a legelőként és a szántóföldként hasznosított hollandiai poldereken homokos vályog Typic Fluvaquent talajban a tömődött rétegnek három módszerrel /mély forgó ásógép, késes altalaj lazítás, szántással kombinált altalaj lazítás/ történő feltörését vizsgálta. Három év alatt csak az utolsó módszerrel történő talajművelés után képződött újra a kéreg.

Erdő utáni parlag és különböző módon művelt /kézi és gépi művelés, null és hagyományos művelés talajtakarással illetve anélkül/ ibadani /Nigéria/ Oxic Paleustalf talaj összehasonlító vizsgálatát KOOISTRA és munkatársai /1990/ végezték el.

MACPHAIL /1990/ saját és COURTY valamint JONGERIUS vizsgálatai alapján a történeti időkben, a termőföld hasznosításának kezdetén bekövetkezett változásokat foglalta össze. A két alapvető változás az erdőirtás és az ősi művelés megkezdése volt.

Az erdőirtás egyrészt a talajszelvényben turbációkat és eróziót, másrészt edafikus változásokat okozott. A talajszelvényben a turbációk, a szintek keveredései, a felülre került altalaj bemosódása, gyökerestől kifordult növények okozta változások fordultak elő. Nagy-Britanniában egy korai mezolitikus erdőtüz /kb. i.e. 8000 évvel/ eróziót, majd azt követően alluvium képződést okozott. Az Appennineken /Olaszország/ a legeltetés elterjedésével /a pásztorkodással/ együtt járt az erózió, a fenyőerdők felégetése pedig a bükkösök térnyerésével.

Az Appennineken a legeltetés a talaj termékenységének javulását idézte elő, mivel az alpi Spodosol Cambisollá alakult át. A vegetációban a túlvelések rovására füves, lágyszárú növényzet került. A nagy-britanniai adatok szerint az erdőirtás a bronzkortól kezdve jelentős podzolosodáshoz vezetett.

Az ősi művelés hatása elsősorban a biológiai aktivitás változásában, a szemcse-áthalmozódásban, az erózióban, a szerkezet változásában és a trágyázásban nyilvánult meg.

Nagy-Britanniában a neolitikus épületeknél olyan felületeket találtak, amelyben földigiliszta nyomok figyelhetők meg. Az egyéb adatok arra utaltak, hogy a Neolitikumban a művelés során csökkent a talaj szervesanyag-tartalma, így a földigiliszta aktivitás is /a biológiai aktivitás csökkent és törékenyebb szerkezetű talajok képződtek/. Helyenként abból az időből trágyázás nyomait is kimutatták, eltemetett háztáji hulladékot találtak.

Az egyes neolitikumi talajokban olyan szemcse-áthalmozási sajátságokat találtak, ami művelés hatására utalt. A humuszos feltalaj eróziója letarolt kolluvium képződéséhez is vezetett /Hazleton és Maiden Castle, Nagy-Britannia/. A művelés a száraz völgyekben a termékenyebb kolluviumon történt /amely Alfisol töredékeket, löszös iszap és faszén-maradványokat tartalmazhat/. A felső művelt rétegben a prizmás szerkezeti elemek összetöredeznek és a késoőbbiekben a porozítás a biológiai aktivitás miatt nőtt. A művelt réteg alsó részében a talaj tömörödött, amely anyag-koncentrációval is járt /Beaker kor ca. i.e. 3800 évvel/. A nagy-britanniai bronzkori szántott alluviális homokban, dániai vaskori podzolos homokdűnékben találtak trágyázásra utaló szervesanyag-nyomokat.

Az erdőirtás /illetve a természetes vegetáció irtása/ tehát megbontotta a stabil talajszelvényt és erózióra hajlamossá tette és edafikus változások is bekövetkeztek. A művelés során a megfelelő mennyiségű szerves anyag és a biológiai aktivitás szükséges a művelés fenntartására.

Talajvédelem

A lejtő különböző pontjain fekvő, más-más mértékben erodált, bazalton kialakult NSZK-beli vályog talajnál mikromorfológiai vizsgálatokkal különböző szerkezetet mutattak ki /BORCHERT, 1964/. A lejtő felső részén az A-szint lepusztult és a B-szint felső részén kialakult egy szántott szint, amely porózus és jól aggregálódott szerkezetű. A lejtő középső részén fekvő talajok szántott rétegében a szerves anyag és az elégtelen mennyiségű egyéb kötőanyag miatt a szántott réteg tömődött és szinte szerkezet nélküli. A lejtő alján az erodált anyag lerakódik és a talajban igen tömődött, lemezes szerkezetet ad.

HALL /1987/ Berkshire-i és Oxfordshire-i /Nagy-Britannia/ Rendolls, Hapludalfs és Haplaquepts talajtípusokban az erózió során áthalmozott és lerakott anyagra jellemző, ugyancsak rétegezett vagy lemezes szerkezetet írt le.

Az erózióval áthalmozott anyagban a fekü felé a párhuzamos szemcse orientáció kifejezettebben jelentkezett egy lengyelországi homokon kialakult pszeudopodzol talajban /ROG és WOCLAWEK, 1972/.

A Guadalquivir medencében /Spanyolország/ olajfa gyümölcsösökben bevezették a szántás nélküli művelést, egyéb előnyei mellett az erózió csökkentésére. AGUILAR és munkatársai /1990/ a hagyományos és a szántás nélküli művelt gyümölcsösök talajainak /Calcic Cambisolok és Calcic Regosolok/ mikrofotometriájának vizsgálatát végezték el I.B.A.S. 2000 képanalizátorral. A szántott talaj A-szintjében az aggregátumok között a porozitás nagyobb, mint az aggregátumon belüli /az erősen agyagos talajokat kivéve/ és az aggregátumok mérete kisebb az A-szintben a B-szinthez viszonyítva. A szántatlan területeken csökkent az aggregátumok közötti és nőtt az aggregátumokon belüli porozitás, és így csökkent az eróziós talajvesztés.

Miami-i /USA/ Typic Hapludalf talajjal különböző talajvédelmi eljárásokkal /talajvédő művelési rendszer - altalaj lazítás - bakhátas talajművelés - művelés nélkül/ végeztek kísérleteket. A képződő kéregben két zónát különítették el: egy eluviálisat és egy illuviálisat /NORTON és SCHROEDER, 1987/.

A műanyagokkal végzett kezelésekkel javíthatók a talajok fizikai tulajdonságai, termékenysége, így ez a talajvédelem egy másik eszköze is. A kursszi területen /Szovjetunió/ fekvő Talajvédelmi és Művelési Kísérleti Gazdaságban EGANCOV és munkatársai /1988/ végeztek polimeres kezeléseket típusos csemozjom talaj szerkezetének javítására. K-9, SZKD-1, és ALSZ-120 polimer vizes oldatával fujták be az aggregátumokat, annak 0,5 és 40 %-os nedvességtartalmánál.

A kezelt aggregátumokat pásztázó elektronmikroszkóppal vizsgálták meg. A K-9 polimerrel végzett kezelés után az eredeti lazán illeszkedő, főleg nagy vázszemcsékből álló talajon a polimer egy vastagabb réteget képez és a vázszemcsékből kötegeket hoz létre. Az SZKD-1 és ALSZ-120 polimerrel végzett kezeléseknél a mikroaggregátumok felületén egy maszkírozó, kollomorf anyag képződött és különálló aggregátumok figyelhetők meg, arra utalva, hogy ez utóbbi polimerek csak a felületen hatnak és nem jutnak az aggregátumok belsőjébe.

Talajjavítás

A különböző *mechanikai talajjavítási* módszereknél a következő változásokat mutatták ki a mikromorfológia segítségével.

a/ Vakond - talajcsövezés

Ausztriai vályogos pszeudoglej talajoknál /BLÜMEL, cit. JONGERIUS, 1983/ az árkokban lazán illeszkedő aggregátumok jelentek meg, amelyek a nedvesedéskor összezárulhatnak. Néhány hónap múltán a dréncső és az árok részben beiszapolódhat egy igen porózus anyaggal. A képződő aggregátumokat a vas-oxihidroxid-kiválások stabilizálhatják. A finom homok mechanikai összetételű talajokban a hatás kedvezőtlen volt. Közül 4 év alatt sok járat teljesen betemetődött. Ez arra utalt, hogy a vakondrétegezést 3-évenként meg kell ismétetni.

Németországi - többek között - pszeudoglej talajokban a dréncsövek 1 év utáni beiszapolódását figyelték meg az iszapos és finom homokos agyag bemosódásának eredményeként. Az iszaptartalmú talaj esetében a járatok már 6 hónap alatt betömődtek iszappal és agyaggal /BORCHERT, cit. JONGERIUS, 1983/.

b/ Altalajcsövezés

Németországi alluviális glej talajokban a csövek lefektetése után KOWALD /cit. JONGERIUS, 1983/ aránylag gyorsan a szerkezet leromlását figyelte meg, amit az okozott, hogy nagy homok- és iszapszemcsék kitöltötték a pórusokat.

A középső Amur süllyedék terasz síkságain "podbelű" talajoknál a felszántott és talajcsövezett talajokban az eredeti állapotú, feltöretlen talajokhoz képest, a szántott réteg kevésbé humuszos, és megnőtt bennük a konkréciók mennyisége. A felhalmozódási szintben a talajcsövek körül a vasvegyületek ikrás szerkezetben illetve szögletes aggregátumokként váltak ki. A mélyebb szintben jelentős változást nem figyeltek meg /GONINOVA és SOBA, 1988/.

Az Ivakinszki Talajtani, Talajjavítási és Hidrológiai Állomáson /Kirovi terület, Szovjetunió/ gyepes és humuszos glej talajoknál a talajcsövezést 1977-ben végezték el 20 m távolságban és 1-1,1 m mélyen elhelyezett égetett agyag csövekkel. Ennek hatására a talajban intenzívebb volt a szerves és a szervesetlen anyag eluviális és illuviális átrendeződése, a vasvegyületek mobilizációja és szegregációja, a növényi maradványok transzformációja, a nyers humusz humifikálódott, a karbonátok kilúgozódtak. Ennek megfelelően a javított talajban a szín fakult a vastalanodás és az agyagos alapanyag mennyiségének csökkenése miatt. Az $A_1/A_2/g$ -szintben az agyagos alapanyag átorientálódott /szigetyszerű foltokban, sávokban helyezkedett el/, és egyes részeken kilúgozódtak. Intenzív kilúgozásnál humuszos agyagos vagy glejes agyagos bevonatok nagyobb mértékben képződtek a felhalmozódási szintben. A fokozódó átlevéghatás hatására nőtt a konkréciók mennyisége, a felső szintben további szegregációs képződmények jelentek meg és az alapanyag koncentráltabbá vált. A kiszáradt talajban teljesen hiányoztak a kevésbé lebontott növényi maradványok, csökkent a fekete, átlátszatlan szerves anyag mennyisége. Az uralkodóan finomszemű sötét színű csomókban van jelen, amelyek szorosan illeszkedve I. rendű aggregátumokat alkottak, a nagyobb aggregátumok e humusz csomókból és ásványi vázszemcsékből álltak, a humuszforma modernmúl a javítatlan talaj moder humuszformájához képest. Erősödött a szerves anyag humifikációja és mineralizációja és gyengén savas közegben a kimosódása is. A karbonátok kilúgozódtak, ennek következtében a karbonáttartalom csökkent, a karbonátos felső szint mélysége nőtt, az agyagsuszpenziók illuviációja mélyebb rétege-

ket érintett és a B₁-szintben is megjelentek a repedések falán az agyagbevonatok /CELISCSEVA et al., 1988/.

GALLICHAND és munkatársai /1989/ korrodált talajcsövek /100 mm ϕ / körül tanulmányozták egy kevésbé szerkezetes homokos vályog talaj szerkezetét egy szimulátorban. A talajcső repedéseinél kisebb aggregátumok hidakat képeztek, amelyek így megakadályozták az üledék beiszapolódását. Számos esetben repedésekhez kapcsolódva csatorna kepződött a talajban.

c/ Altalaj lazítás

Az altalaj lazítás a Rajna nehéz agyag alluviumán kialakult pszeudoglej talajban csak egy igen szűk zónára terjedt ki és 5 év után hatása már nem volt követhető. A zóna határon erős a tömörödés és a vas-oxidok és -oxidok felhalmozódása miatt vörös elszíneződés volt megfigyelhető. A löszön és mállott bazalton kialakult igen erősen átnedvesedett talajban a felső szintben nem találtak különbséget 1 év után sem, míg az alsó részben 3 év után is látható volt a laza szerkezet, és megjelentek a mobilizációra utaló jelek /BORCHERT, cit. JONGERIUS, 1983/.

d/ Mélyforgatás

A löszös bazalt törmeléken kialakult németországi pszeudoglej talajban, amelyet legelőként hasznosítottak, a mélyforgatás, amit meszezéssel és fejtrágyázással kombináltak javította a talaj állapotát /3 év utáni megfigyelés/. A felszínre forgatott vízzáró altalaj sokkal lazább lett, bár a vasas festődések és gyűrűk még kimutathatók voltak /BORCHERT, cit. JONGERIUS, 1983/.

e/ Leccsapolás

A Csucsenszki Erdőgazdaságban /Breszti terület, Szovjetunió/ felszíni és talajvízhatásra képződött kiszáritatlan és a kiszáritott gyepes glej talaj mikromorfológiája között jelentős különbség nincs. A talajvíz hatására képződött gyepes mocsári talajokban a kiszáritás /leccsapolás/ podzolosodáshoz vezet /a kilúgzódási szintben kifakuló, lebomló vázszemcsék, kolloidhidak, a felhalmozódási szintben humuszos, esetenként vasas bevonatok figyelhetők meg/, míg a felszíni víz által átnedvesített talajokban az agyagbemosódás /vastagabb és nagyobb bevonatok/ fokozódásához. A kiszáritás hatására a humusztartalom is csökkent /ROMANOVA et al., 1988/.

A *kémi* talajjavítás hatásának mikromorfológiai vizsgálatáról kevesebb adat van.

Szürkés-barna podzol talajnál 0-30 cm vastag tőzeggel végzett talajjavítás tartamhatását COLLINS és COYLE /1980/ vizsgálták. A vékony tőzegréteg /0-3 cm/ a feltalaj fizikai tulajdonságait javította és növelte a talajfauna aktivitását, míg a vastagabb tőzegréteg már a talajszerkezet romlását, elsavanyodását és a vasvegyületek mobilizálódását okozta.

A homokos vályog talaj szerkezetét a szerves anyaggal kombinált meszezés 25 év alatt jelentősen javította /BOUMA, cit. FITZPATRICK, 1984/.

A talajba került szalma humifikációját SAUERLAND és GRAFF, valamint ALTÉMÜLLER és BASE /cit. FITZPATRICK, 1984/ vizsgálták, és azt tapasztalták, hogy jelentős részét lebontotta a talajfauna. Meszezésnél a bakteriális lebontás gyorsabb volt, szuperfoszfát adagolásánál gomba micéliumok fejlődtek ki.

PEETERS és STUURMAN /cit. JONGERIUS, 1983/ egy újonnan telepített erdőnél a telepítés után 7 évvel vizsgálták a kikötői csatornai iszap hatását. A mikromorfológiai vizsgálattal illuviációra utaló jelet nem tapasztaltak, míg a talajmarás után igen finom morzsás szerkezet alakult ki, amely kedvezett a gyökérvégképződésnek.

A hővédő erdősávval kombinált talajjavítás /gipszet juttattak a talajba rigol szántással, mélyforgatással/ hatását vizsgálták 27 év után SZOKOLOVA és

munkatársai /1988/ az Észak-Kaszipi tengeri előtér /Szovjetunió/ szolonyec komplexek talajaiban /szoloncsákos szolonyec, világos gesztenyebarna talaj, sötétszínű talaj/ előforduló karbonátokra. A talajképző kőzetben 11 % karbonát volt szórt kristályokként. E talajokban a karbonát felhalmozódási szint különböző mélységekben képződött, a szolonyecben 30-60 cm, a világos gesztenyebarna talajban 40-120 cm, míg a sötétszínű talajban 80-120 cm mélységben. A kilúgzódási és felhalmozódási szint határán a karbonátoknak 5-20 %-a szegregálódott. A mélységgel nőtt a kiválásokban a kristálméret és a nyúlt kristályok száma /amelyeket a felszálló oldatokból képződöttnek tekintettek, a rétegesen elhelyezkedő, ovális kristályokat pedig kolloid oldatokból származtatták/. A talajjavítás hatására a felső szintben nőtt a karbonáttartalom /a karbonát felhalmozódási szintből mélyforgatással került fel/, a kalcit kristályok mérete nőtt, formája idiomorfabb lett. A szántott réteg peremén a mészfoltok mechanikailag szétbomlottak.

Trágyázás

A szerves trágyázás hatása MEDVEDEV /1981/ szerint a szovjetunióbeli csernozjom talajoknál a talajszerkezet javulásában, növekvő porozitásában és a tömődöttség csökkenésében nyilvánul meg.

A meszezéssel kombinált szerves trágyázás esetén a nagy-britanniai kaszáló talajaiban a humuszforma mullicoll-agricollból a mullicollá változott /BARRATT, 1967/, míg MUHA /1981/ a szovjetunióbeli gyepes podzol talajoknál azt tapasztalta, hogy az eluviális szint alsó határa mélyebbre tolódott el, és a kolloidális vashártyák részben oldódtak a mozgékony Fe-Al-Mn szerves komplexek képződése miatt.

A műtrágyákat tekintve a N-műtrágyák közül az $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ a humuszforma változását okozta a mullicoll-agricoll átmeneti formából morba a nagy-britanniai kaszáló talajában /a Rothamsteadi hosszútávú tartankísérletekben; /BARRATT, 1967/, míg a NH_3 gáz formában történő adagolásánál a bajorországi /Németország/ erdei fenyő alatti homoktalaj szerves anyag felhalmozódási szintjében a növényi maradványok száma erősen lecsökkent, sok gomba fonál és a vázszemcsék közötti Arthropoda ürülék volt megfigyelhető /KUBIENA, cit. JONGERIUS 1983/. Szovjetunióbeli csernozjom talajoknál a N-műtrágyázás hatására az első és másodrendű mikroszerkezet hányada nőtt /MEDVEDEV, 1981/.

TEE BOON GOH és munkatársai /1987/ a nitrogénműtrágyák /ammónium-nitrát és -szulfát, urea, kalcium-nitrát/ hatását tanulmányozták többek között a kanadai fekete csernozjom talajok mikromorfológiájára, amely talajon rozsnok-szénát termeltek. A műtrágyát 6 évig adagolták ki évi 336 kg/ha mennyiségben. A nagy adagban alkalmazott ammónium-műtrágyák /ammónium-nitrát és -szulfát/ a talaj elsavanyodásához és a kalcium- és magnéziumionokkal telített csernozjom talajoknál az agyag diszpergálódásának fokozódásához vezettek /az ureaműtrágya alkalmazásakor ez a hatás nem volt megfigyelhető/. A talaj jelentős mérvű elsavanyodásánál az alumíniumszilikátokból alumínium szabadult fel, ami ezzel ellentétben a flokkulálódást segítheti elő. A mikromorfológiai vizsgálatok kimutatták, hogy az eredeti talaj mullgranic és mullgranoic szövetéből az ammónium-nitrát és -szulfát okozta elsavanyodás hatására megváltozik, nagyobb egységek képződnek, amelyekben a granic jelleg kevésbé ki-fejezett. Az ureával és a kalcium-nitráttal műtrágyázott talajok esetében kisebb mérvű a diszpergálódás, mint a műtrágyázatlan talajban. E talajokban szalagos fragmic és porfiros talajszövet van.

A P-műtrágyák közül a szuperfoszfátnál a nagy-britanniai kaszáló talajában BARRATT /1967/ a humuszforma változását /mullicoll-agricollból mullszerű morba/ mutatta ki, míg a szovjetunióbeli csernozjom talajok esetében MEDVEDEV /1981/ a mikroszerkezetben nem talált lényeges hatást.

A már említett nagy-britanniai kaszáló talajában a K-trágyázás hatására jelentős változást nem mutattak ki /BARRATT, 1967/.

MEDVEDEV /1988/ a műtrágyázásnál a csernozjom talajok fizikai és vízgazdálkodási tulajdonságainak változását vizsgálta a mikromorfológia segítségével. A megvizsgált területek Ukrajnában és Belorussziában voltak típusos, közönséges és déli csernozjom talajokon. A kísérletekben főként salétrom-, szuperfoszfát- és kálisó-műtrágyákat használtak, kis- /100 kg/ha hatóanyag alatt/, közepes- /100-360 kg/ha/ és nagy- /1000 kg/ha felett/ adagokban. A kis adagokban /30-45 kg/ha/év NPK/ alkalmazott műtrágyáknál 1-2 évvel a műtrágyák bevitele után a mikroszerkezet romlását figyelték meg/ a mikroaggregátumok szorosabb illeszkedésűek lettek, a pórustérfogat finomdiszperz anyaggal telt meg, csökkent a látható porozitás, az aggregátumok rendűsége. Az aggregátumoknál csökkent a lekerékített alakúak hányada, megváltozott az alakjuk és az aggregátumokon belüli és közötti pórusok viszonya/. A mikroszerkezetben bekövetkezett változások legjobban a déli csernozjom talajokban jelentkeztek.

A nagy N-dózisok alkalmazásánál /1200 és 3500 kg/ha N/ a mikroszerkezet egyszerűsödött, uralkodóak az I- és II-rendű aggregátumok. A P-műtrágyák esetében alig figyeltek meg változást.

A műtrágyázás hatásának két szakaszát különítette el a szerző:

1. A műtrágyázással és annak növekvő adagaival párhuzamosan romlik a szerkezet és a fizikai és vízgazdálkodási tulajdonságok.
2. Később kiegyenlítődnek a kontroll- és a kezelt parcellák közötti különbségek.

E hatásokkal szembeni ellenállóképesség a típusos és közönséges csernozjomoknál kisebb, mint a déli csernozjomoknál.

A 72 éves telepítésű erdei fenyő alatti homoktalaj esetében kombinált műtrágyázásnál a /NH₃ + szuperfoszfát + CaCO₃/ fokozódott a nyers humusz humifikálódása és megsaporodott a giliszta ürülék mennyisége, de megjelentek a humusz illuviáció jelei is, míg ha az előzőekhez még K-Mg-SO₄ is járult, az előbbieken túl megjelentek a sötétbarna Arthtropoda ürülékek is /KUBIENA, cit. JONGERIUS, 1983/. A szerves trágya és a műtrágya kombinációjával /80 t/ha szerves trágya + N₂₄₀, P₄₄₀, K₄₄₀/ a szovjetunióbeli csernozjom talajoknál egyes esetekben javult a talajszerkezet /MEDVEDEV, 1981/.

A moszkvai területen fekvő 1936 óta műtrágyázott gyeses podzolonál, és a dnyepropetrovszki területen lévő közönséges csernozjom talajnál, amelyet 1947 óta műtrágyáztak, POLJAKOV és SEVOOVA /1988/ vizsgálták a műtrágyák /szuperfoszfát, kálium-klorid és ammónium-nitrát/ valamint kréta hatását a talajok mikromorfológiájára. Szerves trágyák bevitele javította a két talaj szántott rétegének szerkezetét /az aggregátumok mennyisége nőtt és az aggregátatlan anyag hányada csökkent/. A műtrágyák rendszeres alkalmazása a gyeses podzol talajoknál nem javította a mikroszerkezetet, míg a csernozjom szántott rétegében rontotta a szerkezetet /jelentősen nőtt az aggregátatlan anyag mennyisége, és erősödtek a repedezettséget előidéző folyamatok/. A trágyák rendszeres bevitele intenzívvé tette a növényi maradványok lebomlását, növelte a mozgékony szerves anyag tartalmát. A csernozjom talajok szántott rétegében ez utóbbi a pórusok körüli kilúgzódási mikrozonák jelentkeztek.

Öntözés

Az öntözés hatását a mikromorfológiai sajátosságokra a nem-öntözött és az öntözött talajok összehasonlításával mutatták ki.

Ny-Marokkói, 10 éven át öntözött agyagos vályog talajban MATHIEU /1978/ a tömörítés hatására és a biológiai aktivitás csökkenése miatt a porozitás csökkenését és változását /a repedések relatív mennyisége nőtt/, valamint a duzzadás és a zsugorodás miatt az alapanyag szemcsék orientációjának növekedését figyelte meg.

STOOPS és munkatársai /1988/ - elsősorban módszertani munkájukban - az alsó Moulouya medence /ÉK-Marokkó/ öntözetlen és öntözött talajait vizsgálták. Az öntözött Xerollic Xerochrept talaj felső szintjében a porozitás nagy, de az átlag pórusméret igen kicsi. 5-25 cm mélységben egy alacsony porozitású, tömörödött réteg van. A makroporozitás ez alatt a réteg alatt elkezd a mélységgel nőni, a duzzadás és zsugorodás miatt képződő repedések szaporodása miatt. Az öntözött talajban az átlag pórusméret kisebb. Az öntözött Xerollic Calciorthid talajban 20-30 cm-ben egy erősen tömött réteg alakult ki.

Az öntözés hatására bekövetkező szerkezet javulását /a lemezes szerkezettel szemben a heterogén, nagy tagoltságú pórusrendszer képződése/ BECKMANN /1967/ mutatta ki a Fekete-erdő /Németország/ nyugati részén fekvő réti talajokban.

Az öntözés hatására a talajok felszínén kéreg képződhet, amelynek mikromorfológiai vizsgálatával TURSINA /1972/, valamint BISHAY és STOOPS /1975/ is foglalkoztak.

Esőztető öntözésnél VALENTIN és RUIZ FIGUEROA /1987/ vizsgálták a felszíni kéregképződést Marabadiassai /Középső Elefántcsontpart/ Ochric Ferralsolon. Az esőztető öntözésnél a vízadagolás a következő volt: 120 mm/ha-nál 5 órás és 5 mm/ha-nál 12,5 perces gyakoriság. A kéregképződésnél a következő szakaszokat különböztették meg:

- a szerkezeti elemeknek, aggregátumoknak a nedvesedés hatására bekövetkező szétbomlása és tömörödés, amely anyagkoncentrációval jár,
- a felszínen történő elfolyásnál a szilárd részek ülepedése,
- nagy folyási sebességnél az erózió fokozódása.

Különbséget lehetett kimutatni a különböző esőztető öntözőgép típusok hatása között is.

A tömődött csernozjomokon /Sztavropoli terület, Szovjetunió/ 11 éven keresztül folytatott öntözés hatását a mikromorfológiai jellemzőkre DOSZMOVA-LOVA és TURSINA /1988/ vizsgálták és megállapították, hogy a humuszos szintben az aggregálódás igen gyengén jelentkezik, az izotróp alapanyag anizotrópá válik, nő az átlagos porozitás és az aggregátumon belüli kis pórusok eltűnnek.

A tömődött szintben az alapanyag optikai orientációja nagyobb, egyes szintekben megnő a karbonáttartalom, a porozitás csökken és kevesebb az aggregátumon belüli kis pórusok mennyisége is. Ritkán repedések figyelhetők meg.

A talajképző kőzetbe átvezető átmeneti szintben a talajt nagy repedések tagolják részekre. A pórusokban több a másodlagos gipsz és az alapanyagban is előfordulnak orsószzerű és iker kristályok. Az alapanyag szemcséinek optikai orientációja is jelentős elszigetelt foltokban és sávokban.

TURSINA /1988/ összegzése szerint az öntözés a csernozjom talajokban a következő változásokkal járt:

1. szerkezeti elemek változása /az aggregálódás mértéke és az aggregátumon belüli mikro- és mezoporozitás csökkent/,
2. lúgos kémhatású vízzel történő öntözésnél a humusz csomók száma csökkent, a humuszos alapanyag áthalmozódott /humuszbevonatok a pórusok mentén, azok külső vagy belső falán/,
3. megnőtt a másodlagos karbonátok mennyisége /pl. a növényi szövet utáni pszeudomorfoza, kiválások, bevonatok/,
4. a repedésekben beiszapolódás és nyomás hatására képződő bevonatok jelentek meg,
5. vasszegregálódás és a vastartalom csökkenésével az alapanyag optikai orientációja nőtt,
6. felső szintekben a humusztartalom csökkenésével ugyancsak nőtt az optikailag orientált anyag.

A Terek folyó ártéri teraszain kialakult sötét gesztenyebarna talajokat már 100 éve öntözik, lúgos, 0,6 - 1,0 g/l sótartalmú, magnézium-kalcium hidrogénkarbonátos-szulfátos öntözővízzel. GUBIN és KOVDA /1988/ kimutatták, hogy a talajszerkezet az öntözés hatására összetettebb lett, ugyanakkor a másodrendű mikroaggregátumok gyakran elvesztették jellegzetességeiket. A humuszos szintben nőtt a tömörség.

Két szikes talaj - gesztenyebarna talaj komplex esetében /Sztavropoli terület, Szovjetunió/ GRACSEVA és munkatársainak /1988/ mikromorfológiai vizsgálatai az öntözött talajokban kimutatták a porozitás csökkenését és a tömörödést a felső szintben. A szolonyec talajban megnőtt az agyagos alapanyag mobilitása, amit a repedés belső falán megfigyelhető agyagbevonat jelez. A gesztenyebarna talajban a karbonátosodás miatt az alapanyag orientációja csökkent, míg a réti gesztenyebarna talajban megnőtt az orientáció és megjelentek a vékony agyagbevonatok.

Az Ebro medencéjében /ÉK Spanyolország/ intenzív öntözés folyik, ahol számos területen a szikesedés a fő probléma. Kedvezőtlen folyamatok figyelhetőek meg, így: a felületi hártvaképződés, áthalmazódás, a pórusrendszer és a szerkezet degradációja. Megfigyeltek beiszapolódásokat is a dréncsövekben és a csatornáknak /RODRIGEZ et al., 1990/.

Az alapanyag peptizációjának hatására végbemenő porozitás-csökkenést tapasztalták a Kaspi síkság /Szovjetunió/ sztyeppesedő réti szolonyec talajainál is /TURSINA, 1972/ és az A-szint leromlásával együtt járó szerkezetromlást is. A szolonyeces szint lepusztulásával a sófelhalmozódással jellemzett rétegnél az öntözés a só kilúgzását és a mikroaggregátumok szorosabb illeszkedését okozta.

Négy év esztető öntözés után a gyümölcsösként hasznosított déli csernozjomokban /Krasznogvargyejszki terület, Szovjetunió/ bekövetkezett változásokat a mikromorfológiai sajátosságokban GAGARINA és munkatársai /1988/ mutatták ki. Megfigyelhető volt a vázrészek fokozott mállása, az alapanyag nagyobb mérvű orientációja /pórus és vázszemcse körüli orientációk/ és kis agyagslírek az átnedvesedett zóna határáig. Karbonátosodás is végbement /vázszemcsék, így: földpát, biotit, kvarc után kalcit pszeudomorfoza képződött/, az alapanyag agyagos-humuszosból agyagos-karbonátossá vált, a pórusok és az aggregátumok felületén karbonát-bevonatok képződtek/. A vas és mangán fokozott mobilitására a kiválások utaltak. Megjelentek mind az alapanyagban, mind a pórusokban a gipsz egyedülálló kristályai is.

TURSINA /1988/ a mikromorfológiai módszer jelentőségét értékelte a talajban végbemenő antropológiai változások ellenőrzésében és előrejelzésében, és ezen belül összegezte az öntözés hatását is a talajok mikromorfológiai sajátosságaira saját és más szovjet mikromorfológusok munkássága alapján.

Az öntözés hatása a talajok mikromorfológiai jellemzőire a talaj típusa, az öntözés módja és az öntözővíz minősége és koncentrációja szerint különbözött.

A lúgos kémhatású vízzel öntözött csernozjom talajok esetében TURSINA összegzése szerint a következő lényeges különbségeket találták:

- a felső szintek tömörödtek és beiszapolódtak,
- karbonátosodtak,
- glejjesedtek,
- a finomüszperz anyag optikai anizotrópiája erősödött,
- a talajalkotórészek mobilitása megnőtt.

Az öntözés hatása kedvezőtlenebb lehet azoknál a csernozjomoknál, amelyeket hidromorf hatás ért, vagy amelyeknek a diszperziós koefficiense nagyobb. E talajokban a humusz csomók száma csökkent és nőtt a mobilitás, fokozódott a beiszapolódás, az alapanyag optikai orientációja és megfigyelték a glejjesedés, a vasszegregálódás, a bevonat és a szódaképződés mikromorfológiai jeleit is. A tömődött csernozjomok az öntözés hatására beiszapolódtak, tovább tömödtek. Az agyag erősen orientált és az áthalmazódásra hajlamos.

A gesztenyebarna talajokban az öntözés hatására végbement változások hasonlóak a csernozjomokhoz.

A szolonyeces gesztenyebarna talajokban nagyban megnőtt a finomdiszperz anyag mozgékonyasága és karbonáttal teljesen cementált zónák is kialakultak. A nagyjából ötven éve öntözött sötét gesztenyebarna talajok öntözésének következménye például a felső szintben egy tömődött zóna képződése és az alapanyagban szigetszerűen elkülönült foltokban orientált agyagszemcsék mellett megfigyelhető a mikrokristályos mész is. A finomdiszperz humuszos-agyagos zóna áthalmozódott.

Az öntözés hatására végbemenő változások még kifejezettebben jelentkeztek a rizstermesztés alatti csernozjom és gesztenyebarna talajokban. TURSZINA összegzése szerint nagyobb mértékű lesz a glejesedés, a vasszegregáció, az agyagos alapanyag peptizálhatósága és áthalmozódása /a humusze és a humuszos-agyagos alapanyagé is/. E talajok szerkezete is tömörebb és nagyobb mértékben beiszapoltságot vesz. Voltak olyan megfigyelések is, hogy teljes vastalanodás is végbement.

A különböző öntözővizek hatásának megkülönböztetésére is történtek vizsgálatok. Nemcsak azzal a nyilvánvaló hatással kell számolni, hogy a kalcium /magnézium/ karbonátos-hidrogén karbonátos vizek karbonátosodást vagy a nagy sótartalmú vizek szikesedést okoznak. Összehasonlították Odessza város ipari és kommunális vizével és folyóvizekkel /Dnyeszter és a Duna/ öntözött talajok mikromorfológiáját /TURSZINA 1988/, amely szerint az ipari és kommunális víz az adott esetben kedvezőbb volt, mivel nem idézett elő beiszapolódást, ill. tömődést. Ugyanakkor a felszínen szintetikus, felületaktív anyag halmozódott fel.

Környezetvédelem

BISDOM és munkatársai /1983/ a szennyező iszap feltöltések alatt vizsgálták a talaj szennyeződését.

A kísérletek során meszes dűne homokból készült oszlopon nehézfém szennyezéseket modellező talajoldatot /1,40 g/l Fe, 0,055 g/l Cu, 0,065 g/l Zn, 0,208 g/l Pb, 0,059 g/l Ni/ szivárogtattak át 1,6 cm/nap sebességgel.

A talaj-vékonycsiszolatok készítésénél, hogy a szilárdító gyanta komponenseivel ne vigyenek be szennyező anyagot, a katalizátor és a gyorsító hozzáadása helyett - sugárzással keményítették meg a gyantát.

A kísérleti oszlop felső 30 cm-éből vett mintákból készített vékonycsiszolatokban agyagbevonatokat figyeltek meg a szemcsék és a pórusok felületén. Ezek a bevonatok kétfélek voltak: barna és fekete színűek. Az agyagbevonatok összetételét SEM-EDXRA és WDXRA /energia, valamint hullámhossz diszperzív röntgenfluoreszcenciás elemzéssel kombinált pásztázó elektronmikroszkóppal/ és EMA /elektronmikropróba elemzés/ segítségével határozták meg. A kén mindkét bevonatban jelen volt, de a barna színű bevonatban kevesebb volt a nehézfémek koncentrációja. Röntgendiffrakciós vizsgálatokkal galenitet és mackinawitot mutattak ki kristályos fázisként. Feltételezték, hogy a nikkelt és részben a réz és cink rejtve fordult elő a vas-szulfidban. A réz- és a cink koncentrációja azonban akkora, hogy önálló fázisként is meg kellene jelennie, bár ezt kimutatni nem tudták. A fekete színű bevonatokat úgy tekintették, hogy ez a bevonatképződés fejlettebb szakasza, mint a barna, mivel jól kristályosodó anyagokat is tartalmazott és a barna bevonatokban előfordultak bizonytalan határvonalú foltjai.

A mikromorfológiai vizsgálatoknak a környezetvédelmi kérdések megoldásában való alkalmazhatóságára SZOLNCEVA és RUBILINA /1988/ adtak kitűnő példát. A Kizelovszki medencében /Ural előtere, Szovjetunió/ a hányók anyagának környezet szennyező hatását tanulmányozták gyepes podzol talajokban, olyan módon, hogy szennyezett és szennyezetlen talajok mikromorfológiáját hason-

lították össze. A közhányókon képződő zagy igen savanyu kémhatású / $pH_{H_2O}=2,0-3,3$ /, jelentős a szervesanyag-tartalma /18-20 %-ig/ és a kén-tartalma /4,5-8 %/. A talajokban a következő mikromorfológiával követhető változások figyelhetők meg: rétegzettség, turbációs zónák, finomdiszperz agyag és vasvegyületek mobilizálódása, másodlagos kiválások /szulfátos sóképződés/. A szennyezett talajokban az eluviális részekből az iszap kilúgzódása intenzívebb. A másodlagosan tömődött szintekben az agyagos alapanyag viszonylag feldúsul /a szerkezeti elemeken belül a pórustér csökken, megváltozik az összetétele, a szabálytalan alakú elemek illeszkedése/. A szulfátos szikesedés hatására a humusz kimosódik, színe világosabb barna, és így kevésbé maszkírozza az orientált alapanyagot. A sok, kis lekerékített aggregátumban végbemeget a finomdiszperz anyag elkülönülése. Az illuviális szintben az alapanyag barna, egyes részekben zöldes, zöldes szürke vagy sötét szürke, optikailag jól orientált, de a kettős-törés függ a vasfeldúsulásától. A szennyezett talajban a finomdiszperz szerves anyag is felhalmozódik, kis pikkelyszerű koagulumokban, gyökérjáratokban, szerkezeti elemek közötti pórusokban és repedésekben.

Áttekintették a szerzők a bevonatképződés törvényszerűségeit. Ezek közül foglalkoztak a szerkezeti elemeken belül és az azok közötti bevonatképződést befolyásoló tényezőkkel. Minél lazább a talaj, annál kisebb mértékű a különbség e két zóna között a migrációt befolyásoló tényezőkben. Ha a talaj mechanikai összetétele nehezebb és tömöttebb, a migrációt befolyásoló tényezők változása nagyobb mérvű. Így nemcsak fokozódik a szerkezeti elemek felületén a bevonatképződés, hanem végbemeget az agyagnak egy szegregációja is. Így pl. a szerkezeti elemeken a vas-szulfidok közül a kevésbé mozgékony vegyület / $Fe_2(SO_4)_3 \cdot 10H_2O$ / válik ki, míg a mozgékonyabb, redukáltabb vegyületek /mint pl. $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ / hatolnak be a szerkezeti elembe.

Az elvégzett modellkísérletek is jól szemléltették ezt, a laza illeszkedésű szerkezeti elemeknél / A_1 és A_1A_2 -szint/ a szennyező anyagok közel egyenletesen oszlottak el, így a szerkezeti elem felületén lévő bevonat csak kissé különbözött a szerkezeti elem belülről, addig a tömött, szorosan illeszkedő szerkezeti elemeknél /felhalmozódási B-szint/, a szennyező anyag a szerkezeti elemek felülete, a csatornák és repedések mentén koncentrálódik. A nagy szerkezeti elemek felületén, a nyitott pórusrendszerben oxidatívvabbak a körülmények, mint a keskeny pórusokban. Ennek megfelelően az előzőekben nagy, összetett, okker színű hárttyák jöttek létre, míg az utóbbiakban szürke, barnásszürke, fekete, kékeszürke bevonatok.

Összegzésük szerint a technogén hatás a szennyezett talajokban egyrészt új folyamatokat indít meg /mint pl. a humusz lebomlás és illuviáció/, másrészt egyes folyamatokat megváltoztat, a morfológiai jellegek erősödnek vagy gyengülnek, előfordulási zónái tágulnak vagy zsugorodnak, harmadrészt pedig technogén folyamatok is megjelennek /pl. szénfelhalmozódás/.

Az előzőekben összefoglalt példák jól mutatják, hogy a mikromorfológia az alkalmazott talajtan számos területén is eredményesen felhasználható.

Irodalom

- AGUILAR, J. et al., 1990. Micromorphological characteristics of soils producing olives under nonploughing compared with traditional tillage methods. In: Soil Micromorphology /Ed.: DOUGLAS, L. A./ 25-32. Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdam.
- BARRATT, B. C., 1967. Differences in humus forms and their microfabrics induced by long-term topdressing in hayfields. Geoderma. 1. 209-227.
- BECKMANN, W., 1967. Bodenstruktur und Wasserhaushalt im Boden, dargestellt an Böden aus dem Südschwarzwald. In: Die Mikromorphometrische Bodenanalyse /Ed.: KUBIENA, W. L./ 102-118. Enke Verlag. Stuttgart.

- BGANCOV, V. N. et al., 1988. Mikromorfologičeskie issledovanija vlijanija polimernih preparatov na sztruktumnoe szosztajanie tipičnogo csernozema. In: Mikromorfologija antropogenogo izmenñih počsv. /Ed.: DOBROVOLSZKIJ, G. V./ 36-46. Nauka. Moskva.
- BISDOM, E. B. A. et al., 1983. Submicroscopy and chemistry of heavy metal contaminated precipitates from column experiments simulating conditions of a soil beneath a landfill. *Geoderma*. 30. 1-20.
- BISHAY, B. G. and STOOPS, G., 1975. Micromorphology of irrigation crusts formed on a calcareous soil of the mechanized farm, North-west Egypt. *Pedologie*. 25. /2/ 143.
- BORCHERT, H., 1964. Eine Methode zur Untersuchung des Bodengefüges Meliorationsbedürftiger Standorte. *Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft*. 2. 225-229.
- BRESSON, L. M. and ZAMBAUX, C., 1990. Micromorphological study of compaction induced by mechanical stress for a Dystrichreptic Fragiudalf. In: *Soil Micromorphology* /Ed.: DOUGLAS, L. A./ 33-40. Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdam.
- CELISCSEVA, L. K., ZAJDEL'MAN, F. P. i SZTARCEV, A. D., 1988. Izmenenie morfologii počsv na permszkijh glinah pod vlijaniem drenazsa. In: Mikromorfologija antropogenogo izmenñih počsv. /Ed.: DOBROVOLSZKIJ, G. V./ 129-138. Nauka. Moskva.
- COLLINS, J. F. and COYLE, E., 1980. Long-term changes in soil macro- and micromorphological properties under the influence of peat debris. *J. Soil Sci.* 31. 547-558.
- DOSZMOVALOVA, E. V. i TURSZINA, T. V., 1988. Morfogeničeskie oszobenszti szlitñh csernozemoz Szatvropoliszkogo kraja i ih izmenenie v rezultate orosenija. In: Mikromorfologija antropogenogo izmenñih počsv. /Ed.: DOBROVOLSZKIJ, G. V./ 114-123. Nauka Moskva.
- DOUGLAS, L. A. /Ed./, 1990. *Soil Micromorphology*. Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdam.
- FEDOROFF, N., 1990. Introductory remarks to the symposium on application of micromorphology to agronomic and environmental sciences. *Transactions, 14th Intern. Congr. of Soil Sci., ISSS Kyoto*. 7. 225.
- FEDOROFF, N., BRESSON, L. M. and COURTY, M. A. /Eds./, 1987. *Soil Micromorphology*. Assoc. Francaise pour l'Etude du Sol. Paris.
- FITZPATRICK, E. A., 1984. *Micromorphology of soils*. Chapman and Hall. London-New York.
- GAGARINA, E. I., PANASZENKO, I. N. i KULIN, N. I., 1988. Izmenenie mikroosztroenija juznogo csernozema pri kapel'nom orosenii. In: Mikromorfologija antropogenogo izmenñih počsv. /Ed.: DOBROVOLSZKIJ, G. V./ 98-106. Nauka. Moskva.
- GALLICHAND, J., LAGACE, R. and CAILLIER, M., 1989. Thin-section study of soil materials near perforations in corrugated subsurface drains. *Geoderma*. 43. 337-347.
- GERASZIMOVA, M. I., 1988. Podhod k mikromorfologičeszkomu analizu antropogeno izmenñih počsv. In: Mikromorfologija antropogeno izmenñih počsv. /Ed.: DOBROVOLSZKIJ, G. V./ 18-30. Nauka. Moskva.
- GRACSEVA, M. V., TURSZINA, T. V. i KOROLJUK, T. V., 1988. Mikroosztroenie bogamñh i orosaemñh počsv kastanovñh szoloncovñh kompleksov Sztavropol'ja. In: Mikromorfologija antropogenogo izmenñih počsv. /Ed.: DOBROVOLSZKIJ, G. V./ 106-114. Nauka. Moskva.
- GUBIN, SZ. V. i KOVDA, I. V., 1988. Izmenenie mikroosztroenija temno-kastanovñh počsv dolinñ Tereka pri dlitel'nom orosenii. In: Mikromorfologija antropogenogo izmenñih počsv. /Ed.: DOBROVOLSZKIJ, G. V./ 124-128. Nauka. Moskva.
- GÚNINOVA, A. B. i SOBA, SZ. A., 1988. Mikromorfologija i sztruktumnoe szosztajanie lugovñh podbelov Priamurja v szvjazi sz ih oszuseniem.

- In: Mikromorfologija antropogenog izmenju pčsv. /Ed.: DOBROVOLSZKIJ, G. V./ 150-167. Nauka. Moskva.
- HALL, N. W., 1987. An application of micromorphology to evaluating the distribution and significance of soil erosion by water. In: Soil Micromorphology. /Eds.: FEDOROFF, N., BRESSON, L. M. and COURTY, M. A./ 437-443. Association Française pour l'Étude du Sol. Paris.
- HALL, N. W., 1990. Micromorphology and complementary assessments of soil structure description and their relationships to the length of time under tillage and calcium carbonate contents. In: Soil Micromorphology /Ed.: DOUGLAS, L. A./ 53-60. Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdam.
- JONGERIUS, A., 1983. The role of micromorphology in agricultural research. In: Soil Micromorphology. /Eds.: BULLOCK, P. and MURPHY, C. P./ 111-138. AB Academic Publishers, Berkhamsted.
- KOOISTRA, M. J., 1987. The effects of compaction and deep tillage on soil structure in a Dutch sandy loam. In: Soil Micromorphology. /Eds.: FEDOROFF, N., BRESSON, L. M. and COURTY, M. A./ 445-450. Association Française pour l'Étude du Sol. Paris.
- KOOISTRA, M. J., 1990. Application of micromorphology to agronomic and environmental sciences. In: Transactions, 14th Intern. Congr. of Soil Sci., ISSS, Kyoto. 7. 226-231.
- KOOISTRA, M. J., JUO, A. S. R. and SCHOONDERBEEK, D., 1990. Soil degradation in cultivated Alfisols under different management systems in Southwestern Nigeria. In: Soil Micromorphology /Ed.: DOUGLAS, L. A./ 61-69. Elsevier Science Publishers E. V., Amsterdam.
- MACKIE-DAWSON, L. A. et al., 1989. Seasonal changes in the structure of clay soils in relation to soil management and crop type. I. Effects of crop rotation at Cruden Bay, NE Scotland. J. Soil Sci. 40. 269-281.
- MACPHAIL, R. I., 1990. Soil micromorphological evidence of the impact of ancient agriculture. Transaction, 14th. Intern. Congr. of Soil Sci., ISSS, Kyoto. 7. 264-269.
- MARTIN, T. C., ROBERTSON, J. A. and PAWLUK, S., 1987. Changes in the micromorphology and analytical properties of a Gray Luvisol /Cryoboralf/ under a 49-year-old forage stand. Geoderma. 40. 209-224.
- MATHIEU, C., 1978. Influence de l'irrigation sur l'évolution de quelques caracteres fondamentaux des sols argileux des plaines du Maroc oriental. Aspects micromorphologiques. Sci. du Sol. /2/ 95-112.
- MEDVEDEV, V. V., 1981. Mikromorfologija antropogenju processzov v csernozemuju pčsvah. Bjuulleten' Pčsvennogo Insztituta im. V. V. DOKUCSAEVA. 27. 63-65.
- MEDVEDEV, V. V., 1988. Izmenenie mikrostruoenija i vodnofiziceszkih szvojtzsv csernozemov pri vneszenii mineralnuj udobrenij. In: Mikromorfologija antropogenog izmenju pčsv. /Ed.: DOBROVOLSZKIJ, G. V./ 55-63. Nauka. Moskva.
- MUHA, V. D., 1981. Makro- i mikromorfologiceszkie priznaki pčsv i kulturnoe pčsvooobrazovanie. Bjuulleten' Pčsvennogo Insztituta im. V. V. DOKUCSAEVA. 27. 66.
- NORTON, L. D. and SCHROEDER, S. L., 1987. The effect of various cultivation methods on soil loss: a micromorphological approach. In: Soil Micromorphology. /Eds.: FEDOROFF, N., BRESSON, L. M. and COURTY, M. A./ 431-436. Association Française pour l'Étude du Sol. Paris.
- NYS, C., BULLOCK, P. and NYS, A., 1987. Micromorphological and physical properties of a soil under three different species of trees. In: Soil Micromorphology. /Eds.: FEDOROFF, N., BRESSON, L. M. and COURTY, M. A./ 459-464. Association Française pour l'Étude du Sol. Paris.
- OJA, A. A., 1981. Mikromorfologiceszkie priznaki rannih sztadij kul'turnogo pčsvooobrazovanija. Bjuulleten' Pčsvennogo Insztituta im. V. V. Dokucsaeva. 27. 65-66.

- PAGLIAI, M., 1987a. Effects of different management practices on soil structure and surface crusting. In: Soil Micromorphology. /Eds.: FEDOROFF, N., BRESSON, L. M. and COURTY, M. A./ 415-421. Association Francaise pour l'Étude du Sol. Paris.
- PAGLIAI, M., 1987b. Micromorphometric and micromorphological investigations on the effect of compaction by pressures and deformations resulting from tillage and wheel traffic. In: Soil compaction and regeneration. /Eds.: MONNIER, G. and GOSS, M. J./ 31-38. Balkema. Rotterdam-Boston.
- PAGLIAI, M., LA MARCA, M. and LUCAMANTE, G., 1983. Micromorphometric and micromorphological investigations of a clay loam soil in viticulture under zero and conventional tillage. J. Soil Sci. 34. 391-403.
- PAWLUK, S., 1980. Micromorphological investigations of cultivated Gray Luvisols under different management practices. Can. J. Soil Sci. 60. 731-745.
- POLJAKOV, A. N. i SEVCOVA, L. K., 1988. Izmenenie szvojsztv dernogo-podzolisztüh is csernozemmüh pocsv pod vlijaniem dlitel'nogo prime-nenija udobrenij. In: Mikromorfologija antropogenogo izmennüh pocsv. /Ed.: DOBROVOLSZKIJ, G. V./ 74-80. Nauka. Moszkva.
- PUENTES, R. and WILDING, L. R., 1990. Structural restoration in Vertisols under pastures in Texas. In: Transactions, 14th Intern. Congr. of Soil Sci., ISSS, Kyoto. 7. 244-249.
- RODRIGUEZ, R., HERRERO, J. and PORTA, J., 1990. A micromorphological appraisal of pedological processes related to soil irrigation in the Ebro basin /Spain/. In: Transactions, 14th Intern. Congr. of Soil Sci., ISSS, Kyoto. 7. 262-263.
- ROG, Z. and WOCLAWEK, T., 1972. Application of micromorphology to water erosion studies. In: Soil Micromorphology to water erosion studies. In: Soil Micromorphology. /Ed.: PIENIAZEK, S. A./ 689-696. Panstwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa.
- ROMANOVA, T. A. et al., 1988. Izmenenie dernovüh zabolocsennüh pocsv Belorusszii pod vlijaniem dlitel'nogo oszusenija. In: Mikromorfologija antropogenogo izmennüh pocsv. /Ed.: DOBROVOLSZKIJ, G. V./ 138-150. Nauka. Moszkva.
- RUBILINA, N. E. i KUZNECOVA, I. V., 1981. Izmenenie mikromorfologii gumuszovüh gorizontov dernovopodzolisztüh pocsv pri okul'turivanii. Bjulleten' Poczvennogo Insztituta im. V. V. Dokucsjaeva. 27. 61-63.
- STOOPS, G. et al., 1988. Micromorphometric aspects of transformations of the macroporosity in irrigated soils. Egypt. J. Soil Sci. 28. 339-348.
- SZOKOLOVA, T. A. et al., 1988. Karbonatü v cellinüh i meliorovannüh pocsvah szoloncovüh komplekszov Szevernogo Prikaszpija. In: Mikromorfologija antropogenogo izmennüh pocsv. /Ed.: DOBROVOLSZKIJ, G. V./ 88-98. Nauka. Moszkva.
- SZOLNCEVA, N. P. i RUBILINA, N. E., 1988. Transzformacija tonkodiszpersznogo materiala dernogopodzolisztüh pocsv. v rajonah ugledobücsi /na primere Kizelvszkogo basszejna/. In: Mikromorfologija antropogenogo izmennüh pocsv. /Ed.: DOBROVOLSZKIJ, G. V./ 193-203. Nauka. Moszkva.
- TAMURA, K., NAGATSUKA, S. and OBA, Y., 1990. Effect of ecosystems development on soil micromorphology - ecological studies of Andosols in Central Japan - In: Transactions, Intern. Congr. of Soil Sci., ISSS, Kyoto. 7. 250-255.
- TEE BOON GOH et al., 1987. Physical, chemical and micromorphological effects of nitrogen fertilizers on chernozemic soils. Geoderma. 40. 177-192.
- TURSINA, T. V., 1972. Changes in the fabric of solonetz under irrigation in Trans-Volga region. In: Soil Micromorphology. /Ed.: PIENIAZEK, S. A./ 661-668. Panstwowe Wydawnictwo Naukowe. Warszawa.
- TURSZINA, T. V., 1988. Mikromorfologija kak metod kontrolija i prognoza antropogennih izmenenij v pocsvah. In: Mikromorfologija antropogenogo

- izmennüh pocsv. /Ed.: DOBROVOLSZKIJ, G. V./ 5-13. Nauka. Moszkva.
- VALENTIN, C. and RUIZ FIGUEROA J. F., 1987. Effects of kinetic energy and water application rate on the development of crust in a fine sandy loam soil using sprinkling irrigation and rainfall simulation. In: Soil Micromorphology /Eds.: FEDOROFF, N., BRESSON, L. M. and COURTY, M. A./ 401-405. Association Francaise pour l'Étude du Sol. Paris.
- ZHOU WENJIA ZHENG RUNMEI, 1990. Preliminary approach on soil micro-morphology and ecological agriculture. In: Transactions, 14th Intern. Congr. of Soil Sci. ISSS, Kyoto. 7. 333-334.

Érkezett: 1991. július 25.

SZENDREI GÉZA
Magyar Természettudományi Múzeum
Ásvány- és Kőzettára, Budapest